

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
«26» _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ



1143463

Радиационные технологии в медицине

Екатеринбург, 20 20

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа Биомедицинская инженерия	Код ОП 12.04.04/33.01
Направление подготовки Биотехнические системы и технологии	Код направления и уровня подготовки 12.04.04

Области образования, в рамках которых реализуется модуль образовательной программы по СУОС УрФУ (указываются для рабочих программ модулей образовательных программ уровня бакалавриата, специалитета, магистратуры):

№ п/п	Перечень областей образования, для которых разработан СУОС УрФУ	Уровень подготовки
1.	Инженерное дело, технологии и технические науки	магистратура

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бажукова И.Н.	к.ф.-м.н.	доцент	кафедра экспериментальной физики ФТИ

Руководитель модуля



И.Н.Бажукова

Согласовано:



Управление образовательных программ

Р.Х.Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ»

1.1. Аннотация содержания модуля

Аннотация модуля «Радиационные технологии в медицине»:

Содержание дисциплин модуля направлено на формирование результатов обучения, связанных с использованием ионизирующих излучений в медико-биологической практике, в частности, в области медицинской физики. Содержание дисциплин модуля позволит студентам получить знания, касающиеся изменений, протекающих при взаимодействии излучения с биологическими объектами; применения ионизирующих излучений для диагностики и лечения, количественной и качественной оценки характера распределения энергии излучения в облучаемой среде; инструментов и методик для измерения и оценки активности и потоков частиц от различных типов источников излучений. Содержание модуля позволит студентам ознакомиться с методами регистрации и детектирования ионизирующих излучений в радионуклидной диагностике; рассмотреть устройства и характеристик гамма-камер, ОФЭКТ и ПЭТ сканеров; ознакомиться с технологиями получения медицинских радионуклидов и радиофармпрепаратов, основами радиофармацевтики и механизмами локализации радиофармпрепаратов в исследуемых областях тела пациентов.

Аннотация дисциплины «Радиационная биофизика»:

Материал дисциплины содержит данные об основных процессах, протекающих при взаимодействии излучения с биологическими объектами, раскрытие последовательной цепи событий, начиная от поглощения энергии до поражения системы мишени. Затем изменение всего облучаемого объекта, включая механизмы протекания пострадиационного периода, терминологии, классификации. Основные виды работ при реализации дисциплины – лекции, практические занятия и лабораторные работы.

Аннотация дисциплины «Лучевая терапия и клиническая дозиметрия»:

Материал дисциплины содержит данные о применении ионизирующих излучений для диагностики и лечения онко, и других больных требует правильной количественной и качественной оценки характера распределения энергии излучения в облучаемой среде. Выбор и обоснование методов и средств облучения, обеспечивающих наиболее благоприятное распределения в теле поглощенной дозы излучения. Основные виды работ при реализации дисциплины – лекции, практические занятия и лабораторные работы.

Аннотация дисциплины «Метрология ионизирующих излучений»:

Материал дисциплины касается способов и методик измерения активности радионуклидов, используемой для этих целей эталонной аппаратуры и стандартных средств измерений, описания основных нормативных актов, регулирующих метрологическую деятельность. Основные виды работ при реализации дисциплины – лекции, практические занятия и лабораторные работы.

Аннотация дисциплины «Технологии производства радиофармацевтических препаратов»:

Дисциплина «Технологии производства радиофармацевтических препаратов» посвящена изучению технологий получения медицинских радионуклидов и радиофармпрепаратов, основ радиофармацевтики, механизмов биораспределения радиофармпрепаратов; рассмотрению устройства и характеристик гамма-камер, ОФЭКТ и ПЭТ сканеров, особенностей получения медицинских изображений.

Аннотация дисциплины «Медицинские ускорители»:

Цель учебной дисциплины – обучение студентов основам физики ускорения заряженных частиц, применение полученных знаний в части использования полученных пучков ускоренных частиц и производных излучений в медицине, науке и промышленности.

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 и часах	Форма итоговой промежуточной аттестации по дисциплинам модуля и в целом по модулю
1	Радиационная биофизика	108/3	экзамен
2	Лучевая терапия и клиническая дозиметрия	108/3	зачет
3	Метрология ионизирующих излучений	108/3	экзамен
4	Технологии производства радиофармацевтических препаратов	108/3	экзамен
5	Медицинские ускорители	108/3	экзамен
ИТОГО по модулю:		540/15	

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<i>нет</i>
Постреквизиты и корреквизиты модуля	<i>нет</i>

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

Изучение дисциплин модуля предусматривает формирование компетенций посредством последовательного освоения результатов обучения на определенном уровне сложности содержания.

Результаты обучения по дисциплине – это конкретные знания, умения, опыт и другие результаты (содержательные компоненты компетенций), которых планируется достичь на этапе изучения дисциплины модуля и которые должны будут продемонстрированы обучающимися и оценены преподавателем по индикаторам/измеряемым критериям, включенным в формулировку результатов обучения.

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины.

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
<ul style="list-style-type: none"> – Радиационная биофизика – Лучевая терапия и клиническая дозиметрия – Технологии производства радиофармацевтических препаратов – Медицинские ускорители – Метрология ионизирующих излучений 	<p>ОПК-1 – Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p> <p>ОПК-3 – Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p> <p>ПК-5 – Способен использовать фундаментальные законы в области физики взаимодействия излучения с веществом, анализировать и выбирать способы и методики измерения активности радионуклидов и оценивать погрешность результатов измерения</p> <p>ПК-6 – Способен осуществлять эксплуатацию специализированного ядерно-медицинского оборудования,</p>	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> – нормы радиационной безопасности; – биологические и физические аспекты воздействия ионизирующего излучения на человека; – методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области медицинской физики; – типовые технологические процессы и оборудование в области медицинских радиационных технологий – основные медицинские радионуклиды и радиофармпрепараты; – методы регистрации ионизирующих излучений и основные характеристики детекторов в радионуклидной диагностике. <p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить измерения величин, характеризующих ионизирующее излучение, с помощью различной техники; – определять требуемые параметры защиты от ионизирующего излучения согласно действующим нормам радиационной безопасности; – выбирать технические средства, необходимые для проведения медицинских исследований; – рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в современных физических установках и устройствах в области медицинской физики; – определять метод получения конкретного радионуклида медицинского назначения и описывать их ядерно-физические характеристики – осуществлять выбор радиофармпрепаратов (РФП) для конкретного медицинского применения; – осуществлять эксплуатацию специализированного ядерно-медицинского оборудования.

	<p>проводить расчеты дозовых нагрузок и оптимизацию облучения радиотерапии</p>	<p>Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> – приборами и методами дозиметрического контроля; – техническими средствами для проведения медицинских исследований и анализа полученных результатов; – методами наладки, настройки и эксплуатации приборов и устройств в области медицинских радиационных технологий – методами и средствами проведения контроля качества радиофармпрепаратов; – методами расчета доз облучения при радионуклидной диагностике и терапии; – методами получения и обработки изображений с гамма-камер, ОФЭКТ и ПЭТ сканеров. <p>Личностные качества:</p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрировать ответственное отношение к выполнению заданий по освоению компетенции.
--	--	--

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ
Радиационные технологии в медицине

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 1
Радиационная биофизика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Баранова Анна Александровна	к.т.н.	доцент	Кафедра экспериментальной физики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ 1 «РАДИАЦИОННАЯ БИОФИЗИКА»

1.1 Вариант реализации дисциплины

1.1.1. Читающее подразделение

Кафедра экспериментальной физики Физико-технологического института

1.1.2. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная модель обучения;

1.1.3. Уровень реализуемой дисциплины Разноуровневое (дифференцированное) обучение (*организация образовательного процесса путем включения в учебный процесс заданий различного уровня сложности или различных типов задач (базовый, продвинутый) на основе учета индивидуально-типологических особенностей обучающихся*):

- Продвинутый уровень

1.1.4. Язык реализации:

- Русский

2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Характеристики научных направлений, посвященных радиационным проблемам. История развития радиационной биофизики. Предмет радиационной биофизики. Радиобиологический парадокс. Фундаментальная задача радиационной биологии.
2.	Действие ионизирующего излучения на клетку. Кривые «доза-эффект», их анализ.	Реакции делящихся, неделящихся и медленно делящихся клеток на облучение. Количественные характеристики гибели клеток. Физико-химические процессы в облученной клетке. Модификация лучевого поражения клеток (репродуктивная гибель, интерфазная гибель). Восстановление клеток от лучевого поражения. Гипотеза «точечного нагрева». Принцип попадания и концепция мишени. Физический принцип теории, случай «одноударного процесса», особенности «многоударного механизма инактивации». Ограничения применения теории попадания и концепции мишени.
3.	Инактивация макромолекул прямым действием ионизирующего излучения. Непрямое действие ионизирующего излучения.	Прямое действие излучения на ферменты, нуклеиновые кислоты, рибосомы. Три стадии прямого действия излучения. Судьба электронов, испущенных молекулой. Миграция энергии излучения в биологических структурах. Модифицирующие агенты при поражении макромолекул. Зависимость «доза-эффект» при облучении водных растворов. Радиационно-химический выход. Радиационно-химические превращения молекул воды. Реакции растворенных органических молекул с продуктами радиолиза воды. Зависимость

		радиочувствительности органических молекул от их концентрации в растворах. Модификация лучевого поражения растворенных молекул.
4.	Опосредованное действие ионизирующих излучений. Модификация радиочувствительности организма.	Радиотоксины, их природа и роль в лучевом поражении. Первичные и вторичные радиотоксины. Формирование лучевого токсического эффекта. Перекисное окисление липидов, как «пусковой» химические процесс опосредованного поражения. Усиление поражающего действия радиации. Радиомиметики. Химическая защита организма от лучевого поражения. Радиопротекторы. Обратный кислородный эффект. Гипотеза «биохимического шока». Сульфгидридная гипотеза. Гипотеза эндогенного фона радиорезистентности.
5.	Действие ионизирующей радиации на целостный организм.	Лучевые реакции многоклеточных организмов. Характеристика биологических эффектов облучения в малых дозах. Эффект Петко. Биофизический подход в оценке диапазона малых доз по характеру поглощения излучения. Радиочувствительность мембран. Гиперрадиочувствительность. Эффект свидетеля. Механизмы нестабильности генома.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Радиационная биофизика»:

Электронные ресурсы (издания)

1. Электронный учебный курс, размещенный на LMS-платформе УрФУ (Moodle) <https://elearn.urfu.ru/>

Печатные издания

1. А.А Баранова. Радиационная биофизика : лабораторный практикум / А.А. Баранова.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018.— 100 с.
2. Ядерная физика : Лабораторный практикум / сост. О.В.Рябухин. – Изд. 2-е. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. – 51, [1] с.

Основная литература

1. Кудряшов Ю.Б., Перов Ю.Ф. Рубин А.Б. Радиационная биофизика. Учебник для ВУЗов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 184 с.
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2009/99). М.: Минздрав России, 2009. - 115 с.
3. Уэй Т. Физические основы молекулярной биологии. Долгопрудны: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 368 с.

Дополнительная литература

1. Бонд В., Флиндер Т., Аршамбо Д. Радиационная гибель млекопитающих. М.: Атомиздат. 1971.
2. Капulyцевич Ю.Г. Количественные закономерности лучевого поражения клеток. М.: Атомиздат. 1978.
3. Кузин А.М. Структурно-метаболическая гипотеза в радиобиологии. М.: Наука. 1970.
4. Радиация: Дозы. Эффект. Риск. М.: Мир. 1988.

5. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Публикация 60 МКРЗ. Ч. 1. М.: Энергоатомиздат. 1994.
6. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Публикация 60 МКРЗ. Ч. 2. М.: Энергоатомиздат. 1994.
7. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. М.: Высш.шк. 1977

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Программа SRIM для моделирования потерь заряженных частиц при движении в различных средах.
2. Программа SIMNRA для моделирования спектров обратного рассеяния, ядер отдачи и ядерных реакций и определения концентраций атомов исследуемого материала.
3. Программа расчета кинематических параметров ядерных реакций.
- 3.3. Государственная публичная научно-техническая библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
- 3.4. Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет». Режим доступа: <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm>
- 3.5. Российская национальная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
- 3.6. Публичная электронная библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
- 3.7. Библиотека нормативно-технической литературы. Режим доступа: <http://www.tehlit.ru>
- 3.8. Библиотека В. Г. Белинского. Режим доступа: <http://book.uraic.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.

4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Радиационная биофизика»:

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Аудитории интерактивных средств обучения (Ф-182, Ф-349)	<i>Не требуется</i>
2	Практические занятия	<ul style="list-style-type: none"> – Специализированная лаборатория по ядерной физике (Ф-246). – Специализированная лаборатория по дозиметрии излучений (Ф-250). – Ускорители заряженных частиц (кафедра 	<i>Не требуется</i>

		экспериментальной физики).	
3	Самостоятельная работа студентов	Зональная научная библиотека УрФУ	<i>Не требуется</i>

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ
Радиационные технологии в медицине

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 2
Лучевая терапия и клиническая дозиметрия

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Баранова Анна Александровна	к.т.н.	доцент	Кафедра экспериментальной физики
2	Вазиров Руслан Альбертович	-	ассистент	Кафедра экспериментальной физики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ ДОЗИМЕТРИЯ»

1.1 Вариант реализации дисциплины

1.1.1. Читающее подразделение

Кафедра экспериментальной физики Физико-технологического института

1.1.2. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная модель обучения;

1.1.3. Уровень реализуемой дисциплины Разноуровневое (дифференцированное) обучение (*организация образовательного процесса путем включения в учебный процесс заданий различного уровня сложности или различных типов задач (базовый, продвинутый) на основе учета индивидуально-типологических особенностей обучающихся*):

- Продвинутый уровень

1.1.4. Язык реализации:

- Русский

5. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Современная окружающая радиационная среда. Естественный радиационный фон. Искусственные источники ионизирующего излучения. Поглощение излучения тканями организма при внешнем и внутреннем облучении. Биологическое действие квантовых и корпускулярных излучений. Морфологические и функциональные изменения в клетках, тканях и органах при облучении. Радиочувствительность. Относительная биологическая эффективность (ОБЭ). Понятие о детерминированных (пороговых) и стохастических (вероятностных) эффектах облучения. Острая лучевая болезнь - общая характеристика, симптоматология, периоды течения, клинические проявления, лечение. Местные лучевые повреждения и их лечение. Действия медицинских работников при радиационных авариях и массовых радиационных и комбинированных поражениях. Хроническая лучевая болезнь -профилактика, клинические проявления, лечение. Отдаленные последствия облучения. Сокращение продолжительности жизни, развитие лейкоза и злокачественных опухолей. Влияние ионизирующего излучения на зародыш и плод в период беременности. Генетические последствия облучения. Биологическое действие относительно малых доз.
2.	Клиническая дозиметрия	Клиническая дозиметрия как наука. Задачи клинической дозиметрии. Методы клинической дозиметрии. Основы биологического метода. Определение летальной дозы для

		лабораторных животных и растений. Видовая и индивидуальная радиочувствительность. Основы физических методов. Конденсаторный метод, принцип работы карманного индивидуального дозиметра. Калориметрический метод. Сцинтилляционный метод. Полупроводниковый метод. Основы химических методов. Фотографический метод, принцип работы индивидуального пленочного дозиметра.
3.	Планирование лучевой терапии злокачественных опухолей.	Принципы лучевой терапии больных злокачественными опухолями. Основной принцип лучевой терапии - подведение максимально возможной дозы к опухоли при минимальном воздействии на окружающие здоровые ткани. Своевременное начало лечения на возможно более ранней стадии. Выбор наиболее оптимальной методики облучения. Одновременное воздействие на первичную опухоль и зоны регионарного метастазирования. Периоды лучевой терапии. Предлучевой период. Показания к лучевой терапии злокачественных опухолей. Противопоказания к лучевой терапии злокачественных опухолей. Подготовка больного к лучевой терапии: физиологическая и психологическая подготовка. Вид лечения: радикальное, паллиативное и симптоматическое лечение. Методы лучевой терапии: дистанционная, контактная и сочетанная лучевая терапия. Комбинированное и комплексное лечение. Определение суммарной очаговой дозы в зависимости от гистологического строения и особенностей роста опухоли. Выбор ритма облучения: фракционное, дробно-протяженное и одномоментное облучение. Фракция в медицинской радиологии, мелкие, средние и крупные фракции. Клиническая топометрия.
4.	Лучевая терапия злокачественных опухолей. Лучевая терапия неопухолевых заболеваний	Лучевая терапия злокачественных опухолей кожи, головы и шеи, грудной клетки, брюшной полости, забрюшинного пространства и таза, других органов и систем. Принципы лучевой терапии неопухолевых заболеваний. Лучевая терапия противопоказана у детей, подростков и беременных женщин, ограничена в детородном возрасте у мужчин и женщин. Разовые и суммарные очаговые дозы должны быть минимальными. Методика "малых доз". Пучок излучения направлен только на патологический очаг. Комплексность лечения. Источники для лучевой терапии неопухолевых заболеваний. Ритм облучения при неопухолевых заболеваниях. Действие ионизирующего излучения на организм в целом и на облучаемый патологический очаг в частности. Показания к лучевой терапии неопухолевых заболеваний. Воспалительные заболевания, дегенеративно-дистрофические заболевания костно-суставного аппарата, заболевания периферической и центральной нервной системы, кожные заболевания, трансплантология. Противопоказания к лучевой терапии неопухолевых заболеваний.
5.	Охрана труда и техника безопасности в радиологическом отделении	Организация охраны труда в Российской Федерации. Источники облучения и их вклад в облучение населения. Официальные документы и инструкции по технике безопасности и охране труда при работе в сфере действия ионизирующих излучений. Закон РФ "О радиационной безопасности населения". Общие положения. Принципы

		<p>обеспечения радиационной безопасности. Мероприятия по обеспечению радиационной безопасности. Обеспечение радиационной безопасности граждан при проведении сеансов лучевой терапии. Контроль и учет индивидуальных доз облучения. Нормы радиационной безопасности - НРБ-99, ОСПОРБ-99: основные положения. Задачи противорадиационной защиты в лучевой терапии. Категории облучаемых лиц. Дозовые пределы для персонала, пациентов, населения. Органы санитарного и радиационного контроля. Совокупность устройств и мероприятий, предназначенных для снижения дозы излучения, действующего на человека, ниже дозовых пределов, установленных для разных категорий облучаемых лиц. Понятие о критических органах. Основные дозовые пределы для групп критических органов. Средства индивидуальной защиты персонала и пациентов. Организация радиационного контроля. Коллективные дозы облучения населения за счет медицинских источников. Оценка риска облучения при сеансах лучевой терапии и рекомендации по его снижению.</p>
--	--	--

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Лучевая терапия и клиническая дозиметрия»:

Электронные ресурсы (издания)

1. Электронный учебный курс, размещенный на LMS-платформе УрФУ (Moodle) <https://elearn.urfu.ru/>
2. Онлайн-курс УрФУ «Ядерная медицина» <https://openedu.ru/course/urfu/NUCMED/>
3. Мультимедийный учебно-методический комплекс «Дозиметрия и радиационная безопасность». А.В. Кружалов, М.В. Жуковский, В.В. Бастриков, Н.С. Бастрикова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. (<https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/10709>).
4. Мультимедийный учебно-методический комплекс «Метрология ионизирующих излучений». А.В. Кружалов, М.В. Жуковский, В.В. Бастриков, Н.С. Бастрикова, А.Д. Пулин. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. (<https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/10710>).
5. Мультимедийный учебно-методический комплекс «Радиационная защита». А.В. Кружалов, М.В. Жуковский, В.В. Бастриков, Н.С. Бастрикова, А.П. Оконечников. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. (<https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/10711>).

Печатные издания

1. А.А Баранова. Радиационная биофизика : лабораторный практикум / А.А. Баранова.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018.— 100 с.

Основная литература

1. Иванов В.И. Курс дозиметрии. Учебник для вузов. 4-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1988. 398 с.
2. Машкович В.П., Панченко А.М. Основы радиационной безопасности. Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 175 с..
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2009/99). М.: Минздрав России, 2009. - 115 с.

4. Уэй Т. Физические основы молекулярной биологии. Долгопрудны: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 368 с.
5. Линденбратен Л.Д., Королук И.П. Медицинская радиология (основы лучевой диагностики и лучевой терапии). – 2000. – М: Медицина.
6. Лучевая терапия в лечении рака. Практическое руководство. ВОЗ.– 2000. – М: Медицина.
7. Клиническая онкология. Справ. Пособие / СЗ. Фрадкин, И.В. Залуцкий, Ю.И. Аверкин и др. Под ред С.З. Фрадкина, И.В. Залуцкого. – Мн.: Беларусь, 2003

Дополнительная литература

1. Бонд В., Флиндер Т., Аршамбо Д. Радиационная гибель млекопитающих. М.: Атомиздат. 1971.
2. Капутьевич Ю.Г. Количественные закономерности лучевого поражения клеток. М.: Атомиздат. 1978.
3. Кузин А.М. Структурно-метаболическая гипотеза в радиобиологии. М.: Наука. 1970.
4. Радиация: Дозы. Эффект. Риск. М.: Мир. 1988.
5. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Публикация 60 МКРЗ. Ч. 1. М.: Энергоатомиздат. 1994.
6. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Публикация 60 МКРЗ. Ч. 2. М.: Энергоатомиздат. 1994.
7. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. М.: Высш.шк. 1977.
8. Лучевая терапия злокачественных опухолей. Руководство для врачей /Е.С. Киселева, Г.В.Голдобенко, С.В.Качаев и др. Под ред. Е.С.Киселевой. - М.: Медицина, 1996.
9. Вайнберг М.Ш., Сулькин А.Г. Техническое и дозиметрическое обеспечение дистанционной гамма-терапии. - М.: Медицина, 1982.
10. Клиническая рентгенодиология. - М.: Медицина. - Т.5. - 1985.
11. Ярмоненко С.П., Конопляников А.Г., Вайнсон А.А. Клиническая радиобиология. - М.: Медицина, 1992.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные 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. Библиотека В. Г. Белинского. Режим доступа: <http://book.uraic.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.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Лучевая терапия и клиническая дозиметрия»:

Сведения об оснащённости 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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Аудитории интерактивных средств обучения (Ф-182, Ф-349)	<i>Не требуется</i>
2	Практические занятия	<ul style="list-style-type: none"> – Специализированная лаборатория по ядерной физике (Ф-246). – Специализированная лаборатория по дозиметрии излучений (Ф-250). – Ускорители заряженных частиц (кафедра экспериментальной физики). – Лабораторный стенд с гамма-камерой (кафедра экспериментальной физики). 	<i>Не требуется</i>
3	Самостоятельная работа студентов	Зональная научная библиотека УрФУ	<i>Не требуется</i>

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ
Радиационные технологии в медицине

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 3
Метрология ионизирующих излучений

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бажукова Ирина Николаевна	к.ф.-м.н.	доцент	Кафедра экспериментальной физики
2	Панкин Виктор Владимирович	-	ассистент	Кафедра экспериментальной физики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ 1 «МЕТРОЛОГИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ»

1.1 Вариант реализации дисциплины

1.1.1. Читающее подразделение

Кафедра экспериментальной физики Физико-технологического института

1.1.2. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная модель обучения;

1.1.3. Уровень реализуемой дисциплины Разноуровневое (дифференцированное) обучение (*организация образовательного процесса путем включения в учебный процесс заданий различного уровня сложности или различных типов задач (базовый, продвинутый) на основе учета индивидуально-типологических особенностей обучающихся*):

- Продвинутый уровень

1.1.4. Язык реализации:

- Русский

8. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Общие понятия метрологии. Цели и задачи метрологической деятельности	Радиационные величины. Средства измерений: меры, измерительные приборы, измерительные системы. Образцовые и рабочие средства измерений. Прямые и косвенные измерения. Абсолютные и относительные измерения. Метрологические характеристики средств измерений, номинальные и действительные метрологические характеристики. Метрологическая аттестация средств измерений. Поверка средств измерений. Первичные и специальные эталоны. Государственный специальный эталон (ГСЭ). Рабочие эталоны, образцовые источники. Образцовые растворы. Стандартные образцы.
2.	Абсолютные методы измерения активности радионуклидов	Метод абсолютного счета заряженных частиц и фотонов. Метод фиксированного телесного угла. Поправки при определении активности: на мертвое время, на поглощение излучения в воздухе, на геометрию измерения, на самопоглощение и рассеяние. Величина погрешностей, вносимых поправками.
3.	Относительные методы измерения активности радионуклидов	Общие принципы относительных измерений. Рабочие средства измерений, реализующие относительные методы определения активности. Метод прямых сравнений. Метод калиброванной аппаратуры. Метод внутреннего стандарта.

4.	Оценка точности и обработка результатов радиометрических измерений	<p>Погрешности радиометрических измерений. Статистическая природа радиоактивного распада. Дисперсия пуассоновского распределения. Относительная погрешность радиометрических измерений. Влияние фона на величину погрешности. Оптимальное соотношение между временем измерения препарата и временем измерения фона. Обработка результатов косвенных измерений.</p> <p>Статистическая проверка гипотез. Доверительный интервал, уровень значимости, доверительная вероятность. Понятие статистической гипотезы. Ошибки первого и второго рода. Критерий Стьюдента. Критерий согласия Пирсона. Критерий Фишера. Критерий Бартлета. Критерии оценки грубых ошибок (критерий Райда, критерий Романовского).</p>
----	--	---

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Метрология ионизирующих излучений»:

Электронные ресурсы (издания)

1. Мультимедийный учебно-методический комплекс «Дозиметрия и радиационная безопасность». А.В. Кружалов, М.В. Жуковский, В.В. Бастриков, Н.С. Бастрикова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. (<https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/10709>).
2. Мультимедийный учебно-методический комплекс «Метрология ионизирующих излучений». А.В. Кружалов, М.В. Жуковский, В.В. Бастриков, Н.С. Бастрикова, А.Д. Пулин. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. (<https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/10710>).
3. Мультимедийный учебно-методический комплекс «Радиационная защита». А.В. Кружалов, М.В. Жуковский, В.В. Бастриков, Н.С. Бастрикова, А.П. Оконечников. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. (<https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/10711>).

Основная литература

1. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. СПб: Питер, 2010. 192 с.
2. Фридман А.Э. Основы метрологии. Современный курс. СПб: НПО «Профессионал», 2008. 284 с.
3. Будыка А.К., Борисов Н.Б. Волокнистые фильтры для контроля загрязнения воздушной среды. М.: ИздАт, 2008. 360с.
4. Левчук А.В., Нозик М.Л. Классификация и категорирование радиационных и радионуклидных источников медицинского назначения: Учебное пособие. М.: МАКС Пресс, 2008. 48 с.
5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2009/99). М.: Минздрав России, 2009. 115 с.

Дополнительная литература

1. Брегадзе Ю.И., Степанов Э.К., Ярына В.П.. Прикладная метрология ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1990. 264 с.
2. Лукьянов В.Б., Симонов Е.Ф.. Измерение и идентификация бета- радиоактивных

- препаратов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 136 с.
- Максимов М.Т., Оджагов Г.О.. Радиоактивные загрязнения и их измерение. М.: Атомиздат, 1989.-304с.
 - Крамер-Агеев Е.А., Трошин В.С., Тихонов Е.Г.. Активационные методы спектрометрии нейтронов. М.: Атомиздат, 1976. 232 с.
 - Юдин М.Ф., Кармалицин Н.И., Кочин А.Е. и др. Измерение активности радионуклидов. Справочное пособие. СПб: ВНИИМ, 1997. 397 с.
 - Дозиметрический и радиометрический контроль при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. (Методическое руководство). Т. 1. Организация и методы контроля. М.: Атомиздат. 1980. 272 с.
 - Дозиметрический и радиометрический контроль при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. (Методическое руководство). Т. 2. Индивидуальный контроль. Радиометрия проб. М.: Энергоиздат, 1981. 208 с.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- База ядерно-физических данных. Справочные данные по периодам полураспада, изотопным составам, атомным весам и относительным атомным массам элементов (<http://www.nist.gov/pml/data/nuclearphys.cfm>).
- База данных по рентгеновскому и гамма-излучениям. Справочные данные по величинам, характеризующим взаимодействие рентгеновского и гамма-излучений с элементарными и составными веществами (http://www.nist.gov/pml/data/xray_gamma.cfm).
- Интерактивная таблица нуклидов (<https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>).

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.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Аудитории интерактивных средств обучения (Ф-182, Ф-349)	<i>Не требуется</i>
2	Практические занятия	– Специализированная лаборатория по ядерной физике (Ф-246). – Специализированная лаборатория по дозиметрии излучений (Ф-250).	<i>Не требуется</i>

3	Самостоятельная работа студентов	Зональная научная библиотека УрФУ	<i>Не требуется</i>
---	----------------------------------	-----------------------------------	---------------------

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ
Радиационные технологии в медицине

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 4
Технологии производства радиофармацевтических препаратов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бажукова Ирина Николаевна	к.ф.-м.н.	доцент	Кафедра экспериментальной физики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ 1 «ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ»

1.1 Вариант реализации дисциплины

1.1.1. Читающее подразделение

Кафедра экспериментальной физики Физико-технологического института

1.1.2. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Смешанная модель обучения с использованием онлайн-курса (ОК) УрФУ «Ядерная медицина» <https://openedu.ru/course/urfu/NUCMED/> и итоговой аттестацией в формате ОК/НТК;

1.1.3. Уровень реализуемой дисциплины Разноуровневое (дифференцированное) обучение (*организация образовательного процесса путем включения в учебный процесс заданий различного уровня сложности или различных типов задач (базовый, продвинутый) на основе учета индивидуально-типологических особенностей обучающихся*):

- Продвинутый уровень

1.1.4. Язык реализации:

- Русский

11. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Основные понятия ядерной медицины	Радионуклидная диагностика. Радионуклидная терапия. Радиофармацевтические препараты (РФП). Выбор радионуклидов. Классификация медицинских радионуклидов (РН).
2.	Клинические основы применения радиофармпрепаратов	Механизмы биораспределения РФП. Кинетика биораспределения РФП. Радионуклидная диагностика в клинической практике.
3.	Производство радионуклидов медицинского назначения	Физические основы получения РН. Эффективное сечение ядерной реакции. Уравнения производства радионуклидов. Получение РН в ядерном реакторе. Ядерные реакции. Технология производства ⁹⁹ Mo на ядерном реакторе. Получение РН на ускорителях. Циклотрон. Линейный ускоритель. Мишени. Получение позитрон-излучающих радионуклидов для ПЭТ. Получение гамма-излучающих радионуклидов для ОФЭКТ. Генераторы РН. Математические соотношения. Конструктивные особенности генераторов. Практическое применение.
4.	Синтез и контроль качества радиофармпрепаратов	Классификация РФП. Свойства «идеального» диагностического РФП. Методы синтеза и очистки РФП. Фасовка РФП. Контроль качества РФП. Основные нормативные документы.

5.	Инструментальные средства ядерной медицины	Методы регистрации и детекторы ионизирующих излучений в радионуклидной диагностике. Основные физические характеристики медицинских гамма-камер. Получение изображений в гамма-камерах. Системы однофотонной эмиссионной томографии на базе гамма-камер. Получение томографических данных. Методы компенсации ослабления и рассеяния. Системы ПЭТ. Детекторы для ПЭТ, детектирование совпадений. Коррекция данных ПЭТ: поправки на ослабление, случайные совпадения, рассеяние.
----	---	--

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Технологии производства радиофармацевтических препаратов»:

Электронные ресурсы (издания)

1. Онлайн-курс УрФУ «Ядерная медицина» <https://openedu.ru/course/urfu/NUCMED/>
2. Электронный учебный курс, размещенный на LMS-платформе УрФУ (Moodle) <https://elearn.urfu.ru/>

Печатные издания

1. Е.И. Денисов. Производство радиоактивных изотопов для медицинского применения / Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. 94 с. (4 экз. в ЗНБ).

Основная литература

1. Кодина Г. Е., Красикова Р. Н. Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для ядерной медицины. М. : Издательский дом МЭИ, 2019. 281 с.
2. Скуридин В. С. Методы и технологии получения радиофармпрепаратов. Томск : Изд-во ТПУ, 2013 . 140 с.
3. Богородская М. А., Кодина Г. Е. Химическая технология радиофармацевтических препаратов. М. : ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2010. 454 с.
4. Климанов В.А. Радионуклидная диагностика: физические принципы и технологии. М. : ИД Интеллект, 2014. 328 с.
5. Беляев В.Н., Климанов В.А. Физика ядерной медицины. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. 553 с.

Дополнительная литература

1. Линденбратен Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология (основы лучевой диагностики и лучевой терапии). М: Медицина, 2000. 672 с.
2. Л.В. Жорина, Г.Н. Змиевской. Основы взаимодействия физических полей с биообъектами. Использование излучений в биологии и медицине: учебник для бакалавров вузов, обучающихся по направлению 201000 «Биотехнические системы и технологии». Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 376 с.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2009/99). М.: Минздрав России, 2009. 115 с.
4. Эмиссионная томография: основы ПЭТ и ОФЭКТ / под ред. Д. Арсвольда, М. Верника; пер. с англ. А. А. Хуторненко под ред. А. А. Лушниковой. Москва: Техносфера, 2009. 599 с.

5. Национальное руководство по радионуклидной диагностике (National Guide on Radionuclide Diagnostics) / под ред. Ю. Б. Лишманова, В. И. Чернова. Томск: STT, 2010. 688 с.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. База ядерно-физических данных. справочные данные по периодам полураспада, изотопным составам, атомным весам и относительным атомным массам элементов (<http://www.nist.gov/pml/data/nuclearphys.cfm>).
2. База данных по рентгеновскому и гамма-излучениям. справочные данные по величинам, характеризующим взаимодействие рентгеновского и гамма-излучений с элементарными и составными веществами (http://www.nist.gov/pml/data/xray_gammaray.cfm).
3. Интерактивная таблица нуклидов (<https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>).

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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Технологии производства радиофармацевтических препаратов»:

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Аудитории интерактивных средств обучения (Ф-182, Ф-349)	<i>Не требуется</i>
2	Практические занятия	<ul style="list-style-type: none"> – Специализированная лаборатория по ядерной физике (Ф-246). – Специализированная лаборатория по дозиметрии излучений (Ф-250). – Ускорители заряженных частиц (кафедра экспериментальной физики). – Лабораторный стенд с гамма-камерой (кафедра экспериментальной физики). – Специализированное оборудование 	<i>Не требуется</i>

		Циклотронного центра ядерной медицины (кафедра экспериментальной физики).	
3	Самостоятельная работа студентов	Зональная научная библиотека УрФУ	<i>Не требуется</i>

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ
Радиационные технологии в медицине

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 5
Медицинские ускорители

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бажукова Ирина Николаевна	к.ф.-м.н.	доцент	Кафедра экспериментальной физики
2	Бажуков Сергей Иванович	к.ф.-м.н.	директор центра	Кафедра экспериментальной физики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ 1 «МЕДИЦИНСКИЕ УСКОРИТЕЛИ»

1.1 Вариант реализации дисциплины

1.1.1. Читающее подразделение

Кафедра экспериментальной физики Физико-технологического института

1.1.2. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная модель обучения;
- Смешанная модель обучения с использованием онлайн-курса (ОК) УрФУ «Ядерная медицина» <https://openedu.ru/course/urfu/NUCMED/> и итоговой аттестацией в формате ОК/НТК;

1.1.3. Уровень реализуемой дисциплины Разноуровневое (дифференцированное) обучение (*организация образовательного процесса путем включения в учебный процесс заданий различного уровня сложности или различных типов задач (базовый, продвинутый) на основе учета индивидуально-типологических особенностей обучающихся*):

- Продвинутый уровень

1.1.4. Язык реализации:

- Русский

14. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1.	Введение. Общие сведения	Ускоритель заряженных частиц – важнейший инструмент исследования в физике. Общие сведения об ускорителях, основные термины, единицы и масштабы величин. Выбор энергии ускорителей. Взаимодействие заряженных частиц с электрическими и магнитными полями. Параметры пучка заряженных частиц. Эволюция и классификация ускорителей.
2.	Ускорители прямого действия	Особенности и основные элементы ускорителей прямого действия. Источники заряженных частиц. Ускорительные трубки. Высоковольтные трансформаторы. Каскадные генераторы. Генераторы Ван де Граафа. Тандемные ускорители.
3.	Сильноточные ускорители	Накопители энергии. Взрывомагнитный генератор. Электрический разряд в диэлектриках. Закон Пашена. Разрядник. Импульсные генераторы высокого напряжения. Генератор Маркса. Генератор с трансформаторами Тесла. Формирователи импульсов. Основы измерения высоких напряжений. Особенности и трудности измерения параметров импульсов. Применение мощных электронных и ионных ускорителей.
4.	Линейные ускорители	Общие сведения. Линейные ускорители протонов и ионов. Линейные ускорители электронов. Инжекция заряженных частиц. Линейные индукционные ускорители. Линейные

		резонансные ускорители. Волноводные линейные ускорители.
5.	Циклические ускорители с постоянным во времени магнитным полем	Циклотрон и фазотрон. Микротрон. Бетатрон. Фазовые диаграммы. Фокусирующие свойства электрических и магнитных полей. Фокусирующие элементы в ускорителях. Ускорение и поворот пучка в циклическом ускорителе. Устойчивость движения частиц. Свободные (бетатронные) колебания. Вынужденные колебания. Резонансные явления при движении частиц. Принцип автофазировки.
6.	Циклические ускорители с переменным во времени магнитным полем	Принцип действия. Частота вращения. Ускоряющие системы: дрейфовые трубки, ферритовые трансформаторы и полые резонаторы. Нарастание энергии частиц и нарастание магнитного поля. Фазовое движение частиц. Радиально-фазовые колебания. Синхротрон. Синхрофазотрон. Действие механизма автофазировки в синхротронах. Инжекция частиц. Бустерные ускорители. Быстрый и медленный вывод пучка. Временная структура пучка.
7.	Накопительные кольца, метод встречных пучков, коллайдеры	Энергия частиц в лабораторной системе координат и в системе центра масс. Накопители и коллайдеры. Светимость коллайдера. Охлаждение пучков. Проблемы получения сверхвысокого вакуума. Сверхпроводящие магниты. Физические эксперименты на встречных пучках. Вторичные пучки.
8.	Применение ускорителей в науке, медицине и промышленности	Медицинские ускорители. Синхротронное излучение и его применение. Лазеры на свободных электронах. Ускорительная наработка и использование радиоактивных нуклидов. Применение электронных и ионных пучков в технике.
9.	Диагностика пучков заряженных частиц	Классификация подходов к диагностике пучка заряженных частиц по типу взаимодействия. Методы построения систем диагностики пучков различных типов. Контактные методы диагностики. Оптические методы диагностики. Электромагнитные датчики.
10.	Заключение	Будущие ускорители. Перспективы и новейшие технологии. Лазерно-плазменное ускорение. Влияние развития ускорительной техники на современную науку, технику и технологии.

15. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Медицинские ускорители»:

Электронные ресурсы (издания)

1. Онлайн-курс УрФУ «Ядерная медицина» <https://openedu.ru/course/urfu/NUCMED/>
2. Электронный учебный курс, размещенный на LMS-платформе УрФУ (Moodle) <https://elearn.urfu.ru/course/>

Печатные издания

1. Е.И. Денисов. Производство радиоактивных изотопов для медицинского применения / Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. 94 с. (4 экз. в ЗНБ).

Основная литература

1. Ускорители заряженных частиц. Курс физики с примерами решения задач: учебное пособие / С.И. Кузнецов; Г.Н. Дудкин., В.Н. Забаев., Национальный исследовательский Томский политехнический университет.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 45 с.
2. Черняев А. П., Лыкова Е. Н., Поподько А. И. Медицинское оборудование в современной лучевой терапии: Учеб. пособие — М.: ООП физического факультета МГУ, 2019.— 101 с.
3. Климанов В.А. Радионуклидная диагностика: физические принципы и технологии. М. : ИД Интеллект, 2014. 328 с.
4. Беляев В.Н., Климанов В.А. Физика ядерной медицины. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. 553 с.

Дополнительная литература

1. Линденбратен Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология (основы лучевой диагностики и лучевой терапии). М: Медицина, 2000. 672 с.
2. Л.В. Жорина, Г.Н. Змиевской. Основы взаимодействия физических полей с биообъектами. Использование излучений в биологии и медицине: учебник для бакалавров вузов, обучающихся по направлению 201000 «Биотехнические системы и технологии». Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 376 с.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2009/99). М.: Минздрав России, 2009. 115 с.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. База ядерно-физических данных. справочные данные по периодам полураспада, изотопным составам, атомным весам и относительным атомным массам элементов (<http://www.nist.gov/pml/data/nuclearphys.cfm>).
2. База данных по рентгеновскому и гамма-излучениям. справочные данные по величинам, характеризующим взаимодействие рентгеновского и гамма-излучений с элементарными и составными веществами (http://www.nist.gov/pml/data/xray_gammaray.cfm).
3. Интерактивная таблица нуклидов (<https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>).

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.

16. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Медицинские ускорители»:

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Аудитории интерактивных	Не требуется

		средств обучения (Ф-182, Ф-349)	
2	Практические занятия	<ul style="list-style-type: none"> – Ускорители заряженных частиц (кафедра экспериментальной физики). – Лабораторный стенд с гамма-камерой (кафедра экспериментальной физики). – Специализированное оборудование Циклотронного центра ядерной медицины (кафедра экспериментальной физики). 	<i>Не требуется</i>
3	Самостоятельная работа студентов	Зональная научная библиотека УрФУ	<i>Не требуется</i>