

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Радиационная физика в биомедицине

Направление подготовки: 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии  
Профиль подготовки: Медицинская томография: физические принципы и приборостроение  
Квалификация выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2024

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): Рыжкин С.А. ; Рыжкин Сергей Александрович

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Основы радиационной физики, взаимодействия электромагнитного и корпускулярного излучения с веществом, воздействие ионизирующего излучения на биологические объекты, принципы детектирования ионизирующего излучения, традиционные и новые методы диагностики лучевых поражений, методы лечебного применения ионизирующего излучения, применение радиационных технологий для получения новых перспективных материалов для медицины.

Должен уметь:

работать на современном экспериментальном оборудовании, правильно интерпретировать полученные результаты.

Должен владеть:

основными методами расчета дозовой нагрузки, уровня радиации, режимов работы ускорителей для получения тонких наноструктурированных слоев для целей практической медицины и диагностических приборов.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.08 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии (Медицинская томография: физические принципы и приборостроение)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 49 часа(ов), в том числе лекции - 16 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 16 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 59 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 8 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение в радиационную физику.	8	1	0	0	0	0	0	4
2.	Тема 2. Источники ионизирующих излучений.	8	1	0	2	0	2	0	4
3.	Тема 3. Детекторы ионизирующего излучения.	8	1	0	2	0	2	0	4
4.	Тема 4. Эффекты, возникающие при радиационном воздействии.	8	1	0	2	0	2	0	9

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лаборато- рные работы, всего	Лаборато- рные в эл. форме	
5.	Тема 5. Торможение ионов при имплантации.	8	1	0	2	0	4	0	10
6.	Тема 6. Радиационное дефектообразование.	8	1	0	2	0	0	0	10
7.	Тема 7. Относительная биологическая эффективность разных видов ионизирующих излучений.	8	2	0	2	0	4	0	10
8.	Тема 8. Защита от ионизирующих излучений.	8	2	0	2	0	2	0	2
9.	Тема 9. Медицинские приборы, использующие источники ионизирующего излучения.	8	2	0	2	0	0	0	2
10.	Тема 10. Радиобиологические основы лечебного применения ионизирующих излучений.	8	2	0	0	0	0	0	2
11.	Тема 11. Применение радиационных технологий для получения новых перспективных материалов для медицины.	8	2	0	0	0	0	0	2
	Итого		16	0	16	0	16	0	59

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Введение в радиационную физику.

Цель и задачи радиационной медицины. Введение в радиационную медицину. Физические основы действия ионизирующих излучений.

Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Дозы излучения и единицы их измерения. Радиоактивность, единицы измерения. Понятие доз в медицине. Основы действия ионизирующих излучений.

##### Тема 2. Источники ионизирующих излучений.

Естественная и искусственная радиоактивность. Космическое излучение, галактическая радиация, солнечные лучи, излучение радиационных поясов земли, радиация земной коры, источники техногенного излучения. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Альфа- и бета - распад, гамма - излучение. Бомбардировка корпускулярными частицами.

##### Тема 3. Детекторы ионизирующего излучения.

Детекторы ионизирующих излучений и их характеристики. Сцинтилляционные детекторы электромагнитного излучения. Физические основы регистрации ионизирующих излучений. Ионизационная камера, газоразрядные счетчики, камера Вильсона, пузырьковая камера и др. Счетчики Гейгера-Мюллера. ЭПР-спектроскопия как метод ретроспективной дозиметрии.

##### Тема 4. Эффекты, возникающие при радиационном воздействии.

Радиационные эффекты, ионизационные эффекты. Общая характеристика взаимодействия излучения с веществом. Эффекты, возникающие при радиационном воздействии: радиационно-стимулированное вакансионное распухание (свеллинг), ионное распыление, ионно-стимулированная диффузия. Радиационные эффекты в области малых доз.

##### Тема 5. Торможение ионов при имплантации.

Общие принципы процесса ионной имплантации. Торможение и рассеивание ионов. Ядерное и электронное торможение ионов при имплантации. Физическая основа метода. Моделирование процесса ионной имплантации. Теория торможения ионов. Распределение пробегов. Амorfизация. Основные механизмы амorfизации при ионной бомбардировке. Эффект каналирования.

##### Тема 6. Радиационное дефектообразование.

Радиационные дефекты и связанные с ним эффекты. Разнообразие радиационных дефектов. Дефекты в твердых телах. Образование радиационных дефектов. Каскад смещения. Пороговая энергия образования вакансии. Формула Кинчина-Пиза. Пространственное распределение радиационных дефектов. Образование амorfных слоев. Механизмы амorfизации.

### **Тема 7. Относительная биологическая эффективность разных видов ионизирующих излучений.**

Принцип Гроттгуса. Дискретный характер поглощения энергии ионизирующих излучений. Относительная биологическая эффективность (ОБЭ) разных видов ионизирующих излучений. Зависимость коэффициента ОБЭ от величины линейной передачи энергии. Зависимость биологического эффекта от поглощенной дозы излучения.

### **Тема 8. Защита от ионизирующих излучений.**

Принципы, методы и средства защиты от ионизирующих излучений. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений. Реакция клеток на облучение. Лучевая болезнь. Последствия облучения. Защита от ионизирующих излучений. Три основных метода защиты от ионизирующих излучений. Защитное экранирование. Дозовые пределы.

### **Тема 9. Медицинские приборы, использующие источники ионизирующего излучения.**

Принципы работы медицинских приборов, использующих источники ионизирующего излучения. Радиационная безопасность при работе с медицинским оборудованием с источниками ионизирующего излучения.

Требования к производству медицинских установок. Требования безопасности к рентгеновским диагностическим аппаратам.

### **Тема 10. Радиобиологические основы лечебного применения ионизирующих излучений.**

Радиобиологические основы лечебного применения ионизирующих излучений.

Использование радионуклидов и нейтронов в медицине. Методы, использующие радиоактивные индикаторы (меченые атомы) с диагностическими и исследовательскими целями. Излучение радионуклидов для биологического действия с лечебными целями. Бактерицидное действие облучения. Гамма- и альфа-терапия. Радоновая терапия и др.

### **Тема 11. Применение радиационных технологий для получения новых перспективных материалов для медицины.**

Теоретические основы расчета режимов имплантации для получения наноструктурированных материалов и приборов для медицинских целей. Современные инновационные технологии медицины. Применение радиационных технологий для получения новых перспективных материалов для медицины. Перспективы развития радиационных технологий.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

В.Ю.Петухов, Г.Г.Гумаров. Ионно-лучевые методы получения тонких пленок. Методическая разработка для студентов физического факультета. Под ред. В.Ю.Петухова. Казань: 2010. ?87 с. - [http://www.ksu.ru/f6/k5/bin\\_files/petukhov\\_ibm!33.pdf](http://www.ksu.ru/f6/k5/bin_files/petukhov_ibm!33.pdf)

Петухов В.Ю., Гумаров Г.Г. Исследование поверхностных слоев твердых тел методом скользящего рентгеновского пучка // Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. ? Казань: КГУ, 2009.- 16 с. - [http://www.ksu.ru/f6/k5/bin\\_files/petukhov\\_rentgen!32.pdf](http://www.ksu.ru/f6/k5/bin_files/petukhov_rentgen!32.pdf)

Петухов В.Ю., Хабибуллина Н.Р. Исследование тонких пленок методом ЭПР // Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. ? Казань, 2009.- 31 с - [http://www.ksu.ru/f6/k5/bin\\_files/petukhov\\_epr!31.pdf](http://www.ksu.ru/f6/k5/bin_files/petukhov_epr!31.pdf)

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Антонов В. Ф., Коржув А. В. Физика и биофизика: краткий курс: учеб. пособие. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. - 288 с. - <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970420430.html>

Атомная физика. Теоретические основы и лабораторный практикум: Уч. пос. / В.Е.Граков, С.А.Маскевич и др.; Под общ. ред. А.П.Клищенко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 333с. - <http://znanium.com/bookread.php?book=218015#none>

Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения). 2004 год. 448 с. - [http://www.ph4s.ru/book\\_bio.html](http://www.ph4s.ru/book_bio.html)

Лучевая диагностика и терапия: учебное пособие / С.К. Терновой, В.Е. Сеницын. - М.:ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 304 с - <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970413920.html>

Лучевая терапия: учебник. Труфанов Г.Е., Асатурян М.А., Жаринов Г.М. и др. / Под ред. Г.Е. Труфанова. 2013. - 208 с. - <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970425145.html>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**



Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Лекция - это логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в учебном процессе не в том, чтобы предоставить всю информацию по теме, а чтобы помочь освоить фундаментальные проблемы курса, овладеть методами научного познания, предложить новейшие достижения научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. В ряде случаев лекция является основным источником информации, например, при отсутствии учебников, учебных пособий по новым курсам. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, ее проблемы, дает цельное представление о предмете, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами. Все другие формы учебных занятий - семинары, лабораторные занятия, курсовое и дипломное проектирование, учебная практика, консультации, зачеты и экзамены - связаны с лекцией, опираются на фундаментальные положения и выводы.</p>
практические занятия	<p>Термин практическое занятие используется в педагогике как родовое понятие, включающее такие виды, как лабораторную работу, упражнение, семинар в его разновидностях. Аудиторные практические занятия играют исключительно важную роль в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями. Практические занятия служат своеобразной формой осуществления связи теории с практикой. Структура практических занятий в основном одинакова - вступление преподавателя, вопросы студентов по материалу, который требует дополнительных разъяснений, собственно практическая часть, заключительное слово преподавателя. Разнообразие возникает в основной, собственно практической части, включающей рефераты, доклады, дискуссии, тренировочные упражнения, решение задач, наблюдения, эксперименты и т. д. Опыт показывает, что нельзя на практических занятиях ограничиваться выработкой только практических навыков, техникой решения задач, построения графиков и т. п. Студенты должны всегда видеть ведущую идею курса и связь ее с практикой. Цель занятий должна быть понятна не только преподавателю, но и студентам. Это придает учебной работе жизненный характер, утверждает необходимость овладения опытом профессиональной деятельности, связывает их с практикой жизни.</p>
лабораторные работы	<p>Интегрировать теоретико-методологические знания и практические умения и навыки студентов в едином процессе деятельности учебно-исследовательского характера позволяют лабораторные занятия. Повышение их роли связано с быстрым развитием эксперимента в его современной форме, вследствие чего практически все выпускники вуза должны быть подготовлены к исследовательской работе. Само значение слова "лаборатория" (от латинского labor - труд, работа, трудность) указывает на сложившиеся в далекие времена понятия, связанные с применением умственных и трудовых физических усилий для разрешения возникших научных и жизненных задач. Слово практикум выражает ту же мысль: греческое <i>practices</i> означает "деятельный", следовательно, имеются в виду такие виды учебных, занятий, которые требуют от учащихся усиленной деятельности. Лабораторные работы имеют особенно ярко выраженную специфику в зависимости от конкретной учебной специальности. На лабораторных занятиях одной из эффективных форм работы является совместная групповая работа. Конкретная ее ориентация требует от преподавателей большой работы. Важно так ставить практические занятия, чтобы они вели студентов к дальнейшей углубленной самостоятельной работе, активизировали их мыслительную деятельность, вооружали методами практической работы.</p>
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д. Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, историй болезни, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ. Положительное значение научной работы проявляется в ряде обстоятельств:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- будущие специалисты участвуют в процессе добывания новых знаний;</li> <li>- приобретаемые знания становятся прочными и целенаправленными;</li> <li>- студенты видят практические плоды своего труда, что эффективно стимулирует их дальнейшую деятельность;</li> <li>- приобретаются начальные навыки в научном исследовании.</li> </ul>

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>один из самых ответственных видов самостоятельной работы, и в то же время возможность сэкономить большое количество времени в период сессии, если эту подготовку начинать заблаговременно. Одно из главных правил - представлять себе общую логику предмета, что достигается проработкой планов лекций, составлением опорных конспектов, схем, таблиц. Фактически основной вид подготовки к экзамену - "свертывание" большого объема информации в компактный вид, а также тренировка в ее "развертывании" (примеры к теории, выведение одних закономерностей из других и т.д.). Владение этими технологиями обеспечивает, пожалуй, более половины успеха. Тем более что преподаватель обычно замечает в течение семестра целенаправленную подготовку такого студента и может поощрить его тем или иным способом. Надо также правильно распределить силы, не только готовясь к самому экзамену, но и позаботившись о допуске к нему (часто это хорошее посещение занятий, выполнение в назначенный срок практических заданий, активность на семинарах). Наконец, необходимо выяснить условия проведения, самого экзаменационного испытания, используя для этой цели прежде всего консультацию (хотя преподаватель обычно касается этой темы заранее): количество и характер вопросов, форма проведения (устно или письменно), возможность использовать при подготовке различные материалы и пособия (таблицы, схемы, тетради для практических занятий и т.д.).</p>

### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

### 12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;



- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии" и профилю подготовки "Медицинская томография: физические принципы и приборостроение".

*Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.08 Радиационная физика в биомедицине*

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии

Профиль подготовки: Медицинская томография: физические принципы и приборостроение

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

**Основная литература:**

1. Радиобиология : учебник / Н. П. Лысенко, В. В. Пак, Л. В. Рогожина, З. Г. Кусурова ; под редакцией Н. П. Лысенко, В. В. Пака. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 572 с. - ISBN 978-5-8114-4523-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/121988> (дата обращения: 17.07.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Биофизика : учебно-методическое пособие / составители А. С. Дюкова [и др.]. - Кострома : КГУ, 2021. - 67 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/177616> (дата обращения: 17.07.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

1. Поляков, В.В. Биомедицинские нанотехнологии : учеб. пособие / В.В. Поляков ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. - 129 с. - ISBN 978-5-9275-2864-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1039720> (дата обращения: 17.07.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Ободовский, И. М. Влияние радиации на здоровье человека : учебное пособие / И. М. Ободовский. - Долгопрудный : Интеллект, 2018. - 312 с. - ISBN 978-5-91559-251-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1026982> (дата обращения: 17.07.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Бондаренко, Г. Г. Радиационная физика, структура и прочность твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Бондаренко. - 2-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 465 с. - ISBN 978-5-00101-912-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151492> (дата обращения: 17.07.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.08 Радиационная физика в биомедицине*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии

Профиль подготовки: Медицинская томография: физические принципы и приборостроение

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.