

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИИ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.03.02 Физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	2	72	8	24	0		4	0	Э
Итого	2	72	8	24	0	0	4	0	

## **АННОТАЦИЯ**

Курс направлен на изучение основ и научных достижений в таких междисциплинарных областях знаний, как радиационная биофизика, радиационная биология, дозиметрия и микродозиметрия. Курс нацелен на приобретение физического кругозора бакалавров, магистров, которые будут специализироваться в смежных дисциплинах на стыке физики, биологии и медицины и проводить междисциплинарные научные исследования, связанные с ионизирующей радиацией.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: радиационная физика, дозиметрия, теория переноса излучений, радиобиология, молекулярная биология, математическое моделирование стохастических процессов.

В курсе рассматриваются вопросы, связанные с достижениями в таких динамично развивающихся областях знаний, как структурная организация генома, молекулярная биология и онкология, радиационная цитогенетика, молекулярная генетика, радиационная терапия, физика прохождения заряженных частиц через вещество.

В курсе излагаются физические основы дозиметрии и микродозиметрии. Особое внимание уделяется стохастическим аспектам взаимодействия излучения с веществом. Излагаются основные теоретические концепции и соотношения микродозиметрии, дается определение поглощенной дозы через микродозиметрические характеристики излучений. Кратко рассмотрены основы новой концепции нанодозиметрии. Вводится микродозиметрическое определение малых доз радиации, детально обсуждается его физический смысл и ограничения.

Важное место отводится биофизическим и биологическим основам применения микродозиметрии в радиобиологии для анализа радиационно-индуцированных эффектов.

Значительная часть курса посвящена применению методов микродозиметрии для анализ радиационных повреждений генетических структур клетки-ДНК, хроматина, хромосом. Излагаются основы современных экспериментальных методов измерения радиационных повреждений ДНК в составе клетки. Важная часть курса посвящена изложению современных приложений микро-нанодозиметрии для анализа сложных биологических эффектов, таких, как клеточная гибель, хромосомные aberrации, хромосомная нестабильность, злокачественная трансформация клеток. Обсуждаются проблемы и опыт применения биофизических теорий и моделей к прогнозу канцерогенных рисков при облучении организма малыми дозами радиации, к прогнозированию реакции злокачественных клеток (и опухолей) на терапевтическое воздействие, облучение заряженными частицами с различной ЛПЭ.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения учебной дисциплины являются приобретение знаний и освоение физических методов оценки флуктуаций энергии радиации, поглощенной в клетке и в пределах субклеточных структур, методов количественной оценки биологических эффектов ионизирующей радиации на уровне ДНК, хромосом, клетки с учетом особенностей малых поглощенных доз, ознакомление с представлениями и механизмами радиационного воздействия на ДНК, хромосомы, методами прогнозирования отдаленных биологических последствий облучения ионизирующей радиацией.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Освоение дисциплины базируется на предварительном изучении общей биологии, молекулярной биологии, радиобиологии, математического анализа, дозиметрии. Студент должен иметь общее представление об устройстве клетки, об основных метаболических процессах клетки, об основных клеточных эффектах ионизирующей радиации, об основных понятиях дозиметрии, теории переноса излучения. Освоение данной дисциплины можно рассматривать как параллельное с курсами биофизики, молекулярной радиобиологии, молекулярной генетики.

## 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
- освоение основных физических явлений, фундаментальных понятий, законов и теорий физики; - освоение основных методов научных исследований и физических измерений; - работа с современной приборной базой, в том числе сложным физическим оборудованием; - работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий; - проведение	модельные объекты живой природы, молекулярные и клеточные системы, математические и биофизические модели, компьютерное моделирование и визуализация внутриклеточных процессов, технологии моделирования действия радиации на живые системы различных уровней организации, современные молекулярно-генетические подходы и	ПК-1.2 [1] - Способен применять на практике знания биофизики, биотехнологий, биохимии, биоинформатики в профессиональной деятельности  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, Анализ опыта: Выполнение фундаментальных научных исследований в области биофизики и биологии.	3-ПК-1.2[1] - знать фундаментальные основы и принципы биофизики, биотехнологий, биохимии, биоинформатики; У-ПК-1.2[1] - уметь использовать на практике знания, полученные в области биофизики, биотехнологий, биохимии, биоинформатики; применять для анализа и обработки результатов физических экспериментов; В-ПК-1.2[1] - владеть навыками обобщения,

теоретических и экспериментальных исследований;	постгеномные методики исследований свойств и механизмов функционирования клеток и тканей живых организмов для направленного воздействия на них, создания новых диагностических методов и способов лечения социально значимых заболеваний		синтеза и анализа знаний, полученных в области биофизики, биотехнологий, биохимии, биоинформатики
- освоение основных физических явлений, фундаментальных понятий, законов и теорий физики; - освоение основных методов научных исследований и физических измерений; - работа с современной приборной базой, в том числе сложным физическим оборудованием; - работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий; - проведение теоретических и экспериментальных исследований;	модельные объекты живой природы, молекулярные и клеточные системы, математические и биофизические модели, компьютерное моделирование и визуализация внутриклеточных процессов, технологии моделирования действия радиации на живые системы различных уровней организации, современные молекулярно-генетические подходы и постгеномные методики исследований свойств и механизмов функционирования клеток и тканей живых организмов для направленного воздействия на них, создания новых диагностических методов и способов лечения социально	ПК-1.3 [1] - Способен обосновывать научное исследование, выбирать объект и использовать современные биофизические, физико-химические и биологические методы исследования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, Анализ опыта: Выполнение фундаментальных научных исследований в области биофизики и биологии.	3-ПК-1.3[1] - знать современное состояние, проблемы и задачи исследований в области биофизики; знать основные современные методы и средства научного исследования в области биофизики; ; У-ПК-1.3[1] - уметь проводить научные исследования и выбирать объект исследования в области биофизики; уметь решать конкретные задачи в области биофизики с помощью современных методов исследования; ; В-ПК-1.3[1] - владеть навыками проведения теоретических, экспериментальных и практических исследований в области биофизики

	значимых заболеваний		
освоение методов, а также теорий и моделей, используемых в научных исследованиях	биологические объекты различной организации, источники ионизирующих излучений	<p>ПК-1 [1] - Способен использовать профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-1[1] - знать основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории физики, основные методы теоретического и экспериментального исследования, методы измерения различных физических величин ;</p> <p>У-ПК-1[1] - уметь разбираться в физических принципах, используемых в изучаемых специальных дисциплинах, решать физические задачи применительно к изучаемым специальным дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальности;</p> <p>В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов</p>
проектный			
освоение методов применения результатов научных исследований в инновационной и инженерно-технологической деятельности	технологии и оборудование, используемое в различных областях медицинской физики	ПК-7 [1] - Способен анализировать исходные данные проектирования, участвовать в разработке, подготовке и оформлении проектной	З-ПК-7[1] - знать нормы радиационной и экологической безопасности, а также правила разработки, подготовки и оформления проектной

		<p>документации с учетом норм радиационной и экологической безопасности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011</p>	<p>документации с учетом норм радиационной и экологической безопасности ;</p> <p>У-ПК-7[1] - уметь анализировать и критически оценивать любую поступающую информацию, выделять и систематизировать данные ;</p> <p>В-ПК-7[1] - владеть навыками сбора, обработки, анализа и систематизации, а также оформления проектной документации с учетом норм радиационной и экологической безопасности</p>
--	--	--	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры радиационной безопасности при медицинском использовании источников ионизирующего и неионизирующего излучения (В30)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин «Введение в специальность», «Основы и применение синхротронного излучения», «Физика биологического действия радиации» и всех видов практик – ознакомительной, научно-исследовательской, педагогической, преддипломной для: - формирования культуры работы с патогенами, обеспечивающей безопасность и не распространение, приборами дозиметрического контроля, радиационной и экологической безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий по вопросам биобезопасности</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "Медицинские установки и детекторы излучений", "Рентгеновская компьютерная томография", "Основы</p>

		<p>МРТ", "Основы ПЭТ", "Основы интроскопии", "Радиационная физика", "Дозиметрическое планирование лучевой терапии", "Магнитно-резонансная томография", "Позитрон-эмиссионная томография", "Ядерная медицина", "Физика радиоизотопной медицины" и всех видов практик для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования культуры радиационной безопасности, в том числе при получении практических навыков посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с терапевтическим и диагностическим оборудованием.</li> </ul> <p>3.Использование воспитательного потенциала дисциплин «Проектирование компьютерных медицинских систем»; «Системы обработки изображений в медицине»; «Анализ экспериментальных данных»; «Искусственный интеллект в медицине» для - формирования сознательного отношения к нормам и правилам цифрового поведения посредством выполнения индивидуальных заданий, связанных с вовлечением передовых цифровых технологий через обсуждение на еженедельном семинаре в научном коллективе.</p> <p>5.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования этических основ проведения экспериментов с использованием лабораторных животных посредством обсуждения техники безопасной работы с высокотехнологичным экспериментальным оборудованием, высокопроизводительной вычислительной техникой и с живыми системами.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование этических основ проведения экспериментов с использованием лабораторных животных (В33)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин «Введение в специальность», «Основы и применение синхротронного излучения», «Физика биологического действия радиации» и всех видов практик – ознакомительной, научно-исследовательской, педагогической, преддипломной для: -</p>

		<p>формирования культуры работы с патогенами, обеспечивающей безопасность и не распространение, приборами дозиметрического контроля, радиационной и экологической безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий по вопросам биобезопасности 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "Медицинские установки и детекторы излучений", "Рентгеновская компьютерная томография", "Основы МРТ", "Основы ПЭТ", "Основы интроскопии", "Радиационная физика", "Дозиметрическое планирование лучевой терапии", "Магнитно-резонансная томография", "Позитрон-эмиссионная томография", "Ядерная медицина", "Физика радиоизотопной медицины" и всех видов практик для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования культуры радиационной безопасности, в том числе при получении практических навыков посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с терапевтическим и диагностическим оборудованием. 3.Использование воспитательного потенциала дисциплин «Проектирование компьютерных медицинских систем»; «Системы обработки изображений в медицине»; «Анализ экспериментальных данных»; «Искусственный интеллект в медицине» для - формирования сознательного отношения к нормам и правилам цифрового поведения посредством выполнения индивидуальных заданий, связанных с вовлечением передовых цифровых технологий через обсуждение на еженедельном семинаре в научном коллективе. 5.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования этических основ проведения экспериментов с использованием лабораторных</li> </ul>
--	--	---

		животных посредством обсуждения техники безопасной работы с высокотехнологичным экспериментальным оборудованием, высокопроизводительной вычислительной техникой и с живыми системами.
--	--	---

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-7	4/12/0		25	КИ-7	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Второй раздел	8-16	4/12/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		8/24/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1,

							3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
--	--	--	--	--	--	--	--

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	8	24	0
<b>1-7</b>	<b>Первый раздел</b>	4	12	0
1	<b>Введение в физику биологического действия радиации.</b> Радиация в окружающей среде, космосе, медицинские воздействия, аварийные ситуации. Ионизирующая радиация и основные биологические эффекты-хромосомные аберрации, гибель клеток, злокачественная трансформация. Отдаленные эффекты на уровне организма – онкогенные заболевания. Большие и малые дозы, биологические и физические отличия. Основные понятия, величины, физические характеристики радиационного воздействия. Соотношение между дозиметрией, микродозиметрией и теорией переноса излучений. Средние величины и флуктуации характеристик радиационного воздействия.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Микродозиметрические величины, функции.</b> Основные микродозиметрические функции распределения, моменты. «Малые-большие» дозы радиации, микродозиметрический критерий. Первый и второй моменты дозово-зависимого распределения по удельной энергии, их связь с поглощенной дозой. Зависимость флуктуаций поглощенной энергии от ЛПЭ излучения.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Отличие флуктуаций потерянной и поглощенной энергии излучения в малых объемах вещества.</b>	Всего аудиторных часов		
		1	2	0

	Теория флуктуаций энергетических потерь быстрых заряженных частиц в тонких слоях вещества Ландау-Вавилова. Теория флуктуаций поглощенной энергии в тонких слоях вещества. Учет дельта-электронов. Отличия флуктуаций поглощенной и потерянной энергии.	Онлайн		
		0	0	0
5 - 7	<b>Биологические эффекты радиации</b> Принцип попаданий и теория мишени. Эффекты радиации: клеточная гибель, хромосомные структурные нарушения, генные мутации. Летальные эффекты, биофизическая теория дуального действия радиации. Модификации теории дуального действия радиации. Учет корреляций актов передачи энергии на биологическую эффективность действия радиации. Учет репарации повреждений ДНК в теории дуального действия радиации. Летальные и сублетальные повреждения, механизмы различной дозовой зависимости. Зависимость Относительной Биологической Эффективности (ОБЭ) от Линейной Передачи Энергии (ЛПЭ) для клеточной гибели. Экспериментальные данные и биофизические модели.	Всего аудиторных часов		
		1	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
8-16	<b>Второй раздел</b>	4	12	0
8 - 10	<b>Радиационные повреждения ДНК.</b> Радиационно-химическая стадия действия радиации, механизмы, теоретическое описание. Одиночные и двойные разрывы ДНК, классификация, способы измерения. основные концепции и механизмы формирования. Прямое и косвенное действие излучений с различным ЛПЭ. Радиационно-химическая стадия действия радиации. Измерения ДР ДНК-гамма фокусы, метод гель-электрофореза в переменном поле, ограничения методов. Типы и классификация повреждений ДНК. Комплексные разрывы ДНК. Кластеры разрывов ДНК. Зависимость частот повреждений от ЛПЭ, биофизические механизмы. Репарация радиационных повреждений ДНК и хроматина.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 13	<b>Радиационные повреждения хромосом.</b> Хромосомные разрывы. Хромосомные aberrации-основные понятия, классификации, современные экспериментальные данные. Метод флюоресцентного окрашивания хромосом (FISH) и метод Преждевременной Конденсации Хромосом (PCC). Биофизические теории образования хромосомных aberrаций. Простые и комплексные aberrации. Внутри и межхромосомные aberrации. Стохастическая теория образования обменных aberrаций хромосом при гамма-облучении. Роль структурной организации хромосом, внутрихромосомные контакты и динамика повреждений в образовании хромосомных обменных aberrаций под действием гамма-радиации. Биофизические теории и анализ экспериментальных данных.	Всего аудиторных часов		
		1	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Зависимость ОБЭ от ЛПЭ для хромосомных aberrаций. Эффект мощности дозы. Приложения: биодозиметрия, цитогенетическая индикация канцерогенного риска.			
14 - 15	<b>Основные представление о механизмах радиационного канцерогенеза.</b> Теории и концепции радиационного канцерогенеза. Стохастическая двухмутационная теория канцерогенеза, математическая модель. Оценки канцерогенного риска, функция риска, зависимость канцерогенного риска от возраста в момент облучения. Радиация, нестабильность генома и злокачественная трансформация клеток. Нарушения репликации ДНК, геномная нестабильность. Роль микроокружения. Байстендерные взаимодействия и радиационно-индуцированная злокачественная трансформация клеток. Роль репликативного старения. Раковые стволовые клетки.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	<b>Физика биологического действия радиации и постгеномная биология.</b> Радиация и эпигенетика, эпигенетические теории канцерогенного риска. Системные изменения экспрессии генов и малигнизация клеток. Радиобиология, постгеномная биология, системная онкология, перспективы их использования для прогнозирования биологических эффектов радиации на разных уровнях биологической организации. Радиобиологические модели реакции опухолей на радиационные воздействия. Кластерные повреждения ДНК, потенциальное значение в радиотерапии ионами с низкой и высокой ЛПЭ.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение дисциплины проходит в основном по традиционной схеме: лекции, практические занятия в активной форме, самостоятельная работа.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-7, КИ-16
	У-ПК-1	Э, КИ-7, КИ-16
	В-ПК-1	Э, КИ-7, КИ-16
ПК-1.2	З-ПК-1.2	Э, КИ-7, КИ-16
	У-ПК-1.2	Э, КИ-7, КИ-16
	В-ПК-1.2	Э, КИ-7, КИ-16
ПК-1.3	З-ПК-1.3	Э, КИ-7, КИ-16
	У-ПК-1.3	Э, КИ-7, КИ-16
	В-ПК-1.3	Э, КИ-7, КИ-16
ПК-7	З-ПК-7	Э, КИ-7, КИ-16
	У-ПК-7	Э, КИ-7, КИ-16
	В-ПК-7	Э, КИ-7, КИ-16

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 –		Оценка «удовлетворительно»

60-64	«удовлетворительно»	Е	выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 539.1 И20 Основы микродозиметрии : , Лысцов В.Н., Иванов В.И., М.: Атомиздат, 1979

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение домашних заданий,
- выполнение тестовых заданий

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Начальный этап предусматривает проведение лекционных занятий.

На последующих этапах проводятся практические занятия, на которых студенты демонстрируют знания лекционного материала, подготовленность к занятиям. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенным темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольные мероприятия: оценка участия в круглых столах, ответы на контрольные вопросы. Промежуточный контроль осуществляется методом проверки и оценки ответов на предложенные вопросы.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к сдаче экзамена по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется методом проверки и оценки ответов на предложенные вопросы.

По окончании курса учебным планом предусмотрено проведение экзамена.

Система оценки успеваемости студента.

Для оценки успеваемости магистранта применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу магистранта в течение семестра и ответ на предложенные вопросы на экзамене

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения домашних и контрольных заданий.

Максимальное количество баллов, которое учащийся может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

По итогам семестра аттестация проводится в форме экзамена. Экзамен включает в себя письменный и устный ответ на предложенные вопросы к экзамену. В совокупности за экзамен учащийся может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение домашних заданий,
- выполнение тестовых заданий,

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Освоение дисциплины проходит в основном по традиционной схеме: лекции, практические занятия в активной форме, самостоятельная работа.

Студентам задаются вопросы по лекционному материалу соответствующей недели, идет активная проверка его усвоения, умения творчески применить при разборе конкретных примеров и решении задач по каждой теме, на каждой неделе.

Практические занятия проходят в интерактивной форме: презентации студентов, работа с компьютером, поиск литературы по темам:

1. Место и роль микродозиметрии в радиационной биофизике и радиобиологии.
2. Молекулярные повреждения ДНК, спонтанные и радиационно обусловленные.
3. Молекулярные пути репарации повреждений ДНК в клетках млекопитающих.
4. Радиация и экспрессия генов.
5. Флуоресцентные методы (FISH) детектирования радиационных повреждений хромосом.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Начальный этап предусматривает проведение лекционных занятий.

На последующих этапах проводятся практические занятия, на которых студенты демонстрируют знания лекционного материала, подготовленность к занятиям, выполнение домашнего задания. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенным темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольные мероприятия:

- оценка участия в круглых столах;
- выполнение домашнего задания;
- выполнение тестовых заданий.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к сдаче экзамена по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется методом проверки и оценки ответов на предложенные вопросы.

По окончании курса учебным планом предусмотрено проведение экзамена.

Система оценки успеваемости студента.

Для оценки успеваемости магистранта применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу магистранта в течение семестра и ответ на предложенные вопросы на экзамене

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения домашних и контрольных заданий.

Максимальное количество баллов, которое учащийся может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

По итогам семестра аттестация проводится в форме экзамена. Экзамен включает в себя письменный и устный ответ на предложенные вопросы к экзамену. В совокупности за экзамен учащийся может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

Автор(ы):

Андреев Сергей Григорьевич, к.ф.-м.н., с.н.с.