

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

РАСЧЕТ ПОЛЕЙ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

для направления подготовки

03.03.02 Физика

образовательная программа

«Ядерно-физические технологии в медицине»

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины:

получение знаний об основных дозиметрических величинах и их применении для расчета дозы в лучевой терапии, методах расчета полей ионизирующего излучения для различных видов ионизирующего излучения, особенностях облучения несколькими полями, методах трехмерного дозиметрического планирования для различных видов ионизирующего излучения.

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций:

- способность оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников (ТФ А.5 Проф. стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 №121н).

Задачи изучения дисциплины:

- обучение механизмам лучевой терапии и роли медицинского физика в ней;
- овладение навыком выбирать направление полей и энергию ионизирующего излучения в зависимости от расположения мишени;
- овладение механизмами вычисления распределений поглощенной дозы при проведении планирования лучевой терапии;
- обучение основным методикам расчета полей ионизирующего излучения, применяемым в планировании лучевой терапии;
- овладение навыком постановки конкретных задач научных исследований в области расчета полей ионизирующего излучения в лучевой терапии, решение их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий, используя новейший отечественный и зарубежный опыт;
- овладение навыком разработки инновационных методик расчета полей ионизирующего излучения в лучевой терапии на основе высокотехнологического медицинского оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений, и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Анатомия и физиология человека
- Введение в специальность
- Дифференциальные и интегральные уравнения
- Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений
- Иностранный язык
- Математический анализ
- Программирование и моделирование
- Радиобиология
- Уравнения математической физики
- Ядерная физика

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- Медицинские установки и детекторы излучений
- Математические методы моделирования в биологии и медицине
- Научно-исследовательская работа
- Обработка экспериментальных данных в медицине

Дисциплина изучается на III курсе в VI семестре и на IV курсе в VII семестре.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-7.2	Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников	З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплины
Профессиональное воспитание	Становление и развитие мировоззрения, обеспечивающего радиационную безопасность при медицинском использовании источников ионизирующего и неионизирующего излучения (В31)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин «Введение в специальность», «Основы и применение синхротронного излучения», «Физика биологического действия радиации», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Микробиология, вирусология, иммунология», «Радиобиология» и всех видов практик – ознакомительной, научно-исследовательской, педагогической, преддипломной для: - формирования культуры работы с 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 «Основы биоэтики

		<p>и биологического права», «Медицинские установки и детекторы излучений», «Рентгеновская компьютерная томография», «Основы МРТ», «Основы ПЭТ», «Основы интроскопии», «Радиационная биофизика», и всех видов практик для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>4. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.
--	--	---

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы по семестрам		
	VI	VII	Всего
Контактная работа обучающихся с преподавателем			
Аудиторные занятия (всего)	64	64	128
В том числе:			
лекции	32	32	64
практические занятия	16	16	32
лaborаторные занятия	16	16	32
Промежуточная аттестация	+	54	54
В том числе:			
зачет	+	-	+
экзамен	-	54	54
Самостоятельная работа обучающихся			
Самостоятельная работа обучающихся	44	98	142
Всего (часы):	108	216	324
Всего (зачетные единицы):	3	6	9

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-2	1. Радиобиологические основы лучевой терапии	4	2	2		6
1	1.1. Роль радиобиологии в лучевой терапии. Временной масштаб процессов в радиобиологии	1				1
1	1.2. Основы радиобиологии опухолей	1				1
2	1.3. Основы радиобиологии нормальных тканей	1	1	1		2
2	1.4. Фракционирование дозы в лучевой терапии	1	1	1		2
3-5	2. Основные дозиметрические величины и их применение для расчета дозы в дистанционной фотонной терапии	6	2	2		8
3	2.1. Основные величины, используемые для описания поля фотонов в радиационной физике	1				1
3	2.2. Фантомные материалы. Процентная глубинная доза и ее свойства	1				1
4	2.3. Отношения «ткань-воздух» (OTB или TAR) и рассеивание-воздух (OPB или SAR) и их свойства	1				1
4	2.4. Система дозиметрических расчетов для мегавольтных пучков. Расчет мониторных единиц	1				2
5	2.5. Нерегулярные поля	1	1	1		1
5	2.6. Простые практические методы расчета глубинных распределений. Приближенные аналитические модели для расчета поглощенной дозы	1	1	1		2
6-7	3. Изодозовые распределения	4	2	2		6
6	3.1. Изодозовые кривые. Параметры изодозовых кривых	0,5				1
6	3.2. Клиновидные фильтры	0,5				1
6	3.3. Облучение несколькими полями. Облучение в наклонной плоскости	1				1
7	3.4. Изоцентрическое облучение. Облучение с клиньями	1	1	1		1
7	3.5. Дозовая спецификация для терапии внешними пучками. Гистограммы «доза-объем»	1	1	1		2
8-11	4. Данные пациента, поправки, позиционирование	6	4	4		8
8	4.1. Введение. Классификация рака. Планирование лучевого лечения. Получение данных о пациенте	1				1

8	4.2. Симулирование и проверка облучения. Поправки на нерегулярность контуров и негомогенность ткани	1				1
9	4.3. Метод дифференциального отношения рассеяние-воздух (DSAR)	1	2	2		1
10	4.4. Поглощенная доза внутри негомогенности. Тканевая компенсация	1				1
10	4.5. Расчет дозовых распределений в условиях нарушения электронного равновесия	1	2	2		2
11	4.6. Перемещение пациента и органов. Позиционирование и иммобилизация пациентов	1				2
12-13	5. Определение формы поля и дозы на кожу. Разделение полей	2	2	2		4
12	5.1. Введение. Блокирование поля	0,5	1	1		1
12	5.2. Кожная доза	0,5	1	1		1
13	5.3. Разделение смежных полей	1				2
14-15	6. Трехмерное дозиметрическое планирование дистанционной гамма-терапии	4	2	2		6
14	6.1. Особенности 2-, 2,5- и 3-мерного дозиметрического планирования. Классификация алгоритмов расчета дозы, применяемых в 3-МДП	1	1	1		2
14	6.2. Геометрия элементарных источников и их ядра	1	1	1		2
15	6.3. Метод дифференциального тонкого луча. Метод тонкого луча. Метод конечного тонкого луча (КТЛ)	2				2
16-18	7. Электронная лучевая терапия	6	2	2		6
16	7.1. Современное состояние. Взаимодействие электронов с веществом	1				1
16	7.2. Дозиметрические характеристики клинических электронных пучков	1				1
17	7.3. Фантомы для дозиметрии электронных пучков. Влияние негомогенностей на дозовое распределение от электронных пучков. Нерегулярные поверхности	1	1	1		1
17	7.4. Клиническое применение электронных пучков	1	1	1		1
18	7.5. Методы расчета 3-мерных дозовых распределений от пучков электронов	2				2
Итого за VI семестр:		32	16	16		44
1-4	8. Лучевая терапия пучками протонов и ионов	8	2	2		18
1	8.1. Особенности протонной терапии. История развития протонной лучевой терапии. Краткая характеристика взаимодействия протонов с веществом	1				2
1	8.2. Структура и оборудование клинических центров протонной лучевой терапии	1				2
2	8.3. Система формирования дозового поля. Дозиметрические величины	1				2

2	8.4. Аналитическая аппроксимация глубинного дозового распределения широкого пучка. Метод тонкого луча	1				2
3	8.5. Аналитический расчет дозы от протонов с учетом негомогенностей. Аналитическая модель Улмера	1	1	1		2
3	8.6. Расчет дозового распределения на основе измерения флюенса протонов в воздухе	1	1	1		4
4	8.7. Применение метода Монте-Карло для расчета доз от протонов. Лучевая терапия пучками ионов	2				4
5-6	9. Нейтронная терапия	2	2	2		6
5	9.1. Особенности нейтронной терапии. Дистанционная терапия быстрыми нейтронами	0,5	1	1		2
5	9.2. Нейтрон-захватная терапия	0,5	1	1		2
6	9.3. Преимущества и ограничения весовых факторов и взвешенной дозы в нейтронной и нейтрон-захватной терапии	1				2
7-10	10. Лучевая терапия с поперечной модуляцией интенсивности пучка (IMRT)	6	2	2		14
7	10.1. Общее описание и сравнение конформной лучевой терапии и лучевой терапии с поперечной модуляцией интенсивности пучка. Краткий исторический обзор	1				2
8	10.2. Методы получения пучков с модулированной интенсивностью	1				4
9	10.3. Планирование облучения и расчет доз для фотонных пучков с модулированной интенсивностью. Обратное планирование облучения: проблема оптимизации	2	2	2		4
10	10.4. Позиция края светового поля для лепестков с закругленными и сфокусированными концами. Смещение края радиационного поля. Утечка излучения через лепестки	2				4
11-12	11. Брахитерапия	2	2	2		12
11	11.1. Особенности и классификация брахитерапии. Источники ионизирующего излучения для брахитерапии	1				4
12	11.2. Расчет дозовых распределений в брахитерапии	0,5	1	1		4
12	11.3. Клиническое применение и дозиметрические системы. Радиобиология брахитерапии	0,5	1	1		4
13-14	12. Стереотактическая радиохирургия и лучевая терапия	2	2	2		10
13	12.1. Введение. Стереотактическая рама	0,5	1	1		2
13	12.2. Установки для стереотактического облучения	0,5	1	1		4
14	12.3. Планирование стереотактического облучения	1				4
15-16	13. Оптимизация лучевой терапии	4	2	2		14
15	13.1. Общее описание оптимизации. Физические целевые функции. Дозовые	1	1	1		4

	ограничения и ограничения типа доза-объем					
15	13.2. Биологические модели, используемые для сравнительной оценки дозиметрических планов облучения	1	1	1		4
16	13.3. Биологические целевые функции оптимизации. Алгоритмы оптимизации лучевой терапии. Оптимизация облучения в брахитерапии	2				6
17-18	14. Радионуклидная терапия	4	2	2		12
17	14.1. История развития радионуклидной терапии. Выбор радионуклида. Выбор носителя радионуклида. Сфера клинического применения РФП	1	1	1		4
17	14.2. Дозиметрическое обеспечение РНТ. Практическое применение формализма MIRD	1	1	1		4
18	14.3. Планирование радионуклидной терапии. Преимущества и недостатки радионуклидной терапии	2				4
19-20	15. Гарантия качества в лучевой терапии	4	2	2		12
19	15.1. Определения. Требования системы качества. Базис для определения толерантных пределов. Точность, достигнутая в настоящее время. Ошибки и аварии	0,5				2
19	15.2. Общая программа ГК. Гарантия качества оборудования, используемого в дистанционной терапии и брахитерапии	0,5	1	1		2
19	15.3. Гарантия качества при разработке и вводе в эксплуатацию алгоритмов планирования облучения	1	1	1		2
20	15.4. Гарантия качества процесса планирования облучения	1				2
20	15.5. Система планирования облучения и гарантия качества	1				4
Итого за VII семестр:			32	16	16	98
Всего:			64	32	32	142

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
VI семестр		
1-2	1. Радиобиологические основы лучевой терапии	
1	1.1. Роль радиобиологии в лучевой терапии. Временной масштаб процессов в радиобиологии	Вклад результатов экспериментальных и теоретических исследований в области радиобиологии в развитие лучевой терапии (ЛТ) на идеином и специфическом уровнях. Воздействие ионизирующего излучения на биологические объекты и генерирование последовательности процессов, отличающихся

		друг от друга в масштабе времени.
1	1.2. Основы радиобиологии опухолей	Концепция клоногенных клеток, тесты на кленообразующую способность, кривые выживаемости клеток, связь между выживаемостью клеток и ответной реакцией опухоли на облучение, причины гибели облученных клеток, восстановление клеток после радиационных повреждений, радиочувствительность клеток на разных стадиях клеточного цикла, кислородный эффект, гипоксия в опухоли, радиочувствительность клеток в опухолях человека, относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений.
2	1.3. Основы радиобиологии нормальных тканей	Основы радиобиологии нормальных тканей, факторы, определяющие тяжесть радиационных повреждений нормальных тканей, пролиферативная структура тканей, ранние и поздние реакции тканей, концепция толерантности нормальных тканей и терапевтический выигрыш, крутизна зависимостей ответных реакций тканей от дозы, радиационная патология, количественное определение повреждения нормальных тканей, эффект объема, основные биологические факторы фракционной лучевой терапии.
2	1.4. Фракционирование дозы в лучевой терапии	История подходов к фракционированию, чувствительность к фракционированию у рано и поздно реагирующих тканей, фракционирование и линейно-квадратичная модель, определение коэффициентов LQ-модели, гипофракционирование, эффект общего времени облучения, гиперфракционирование и ускоренное фракционирование, учет перерывов в облучении, низкая мощность дозы в брахитерапии.
3-5	2. Основные дозиметрические величины и их применение для расчета дозы в дистанционной фотонной терапии	
3	2.1. Основные величины, используемые для описания поля фотонов в радиационной физике	Флюенс и плотность потока, керма, экспозиционная доза, поглощенная доза, доза в небольшой массе вещества, находящегося в воздухе.
3	2.2. Фантомные материалы. Процентная глубинная доза и ее свойства	Фантомные материалы, основные обозначения и определения, процентная глубинная доза, зависимость процентной глубинной дозы от размеров поля, переход от прямоугольных полей к эквивалентным квадратным полям, закон обратных квадратов, зависимость процентной глубинной дозы от расстояния «источник-поверхность».
4	2.3. Отношения «ткань-воздух» (OTB или TAR) и рассеивание-воздух	Определение TAR, зависимость TAR от глубины, энергии и размера пучка, фактор обратного рассеяния и пиковый фактор рассеяния,

	(OPB или SAR) и их свойства	соотношение между TAR и PDD, переход от PDD(SSD1) к PDD(SSD2), используя TAR, определение SAR, расчет дозы для нерегулярных полей, метод Кларксона.
4	2.4. Система дозиметрических расчетов для мегавольтных пучков. Расчет мониторных единиц	Основная концепция и понятия, общая методология, процедура калибровки, расчет мониторных единиц для прямоугольных полей на стандартном расстоянии, расчет дозы (мониторных единиц) при облучении на постоянном SSD прямоугольными полями, расчет дозы (мониторных единиц) при облучении изоцентрическими пучками, создающими прямоугольные поля, расчет дозы для модифицированных пучков.
5	2.5. Нерегулярные поля	Расчет дозы для нерегулярных полей, изменение SSD (РИП) внутри поля.
5	2.6. Простые практические методы расчета глубинных распределений. Приближенные аналитические модели для расчета поглощенной дозы	Точка расчета вне оси, точка расчета вне поля, точка расчета под блоком, модели для расчета распределения поглощенной дозы на оси пучков, модель для расчета дозового профиля.
6-7	3. Изодозовые распределения	
6	3.1. Изодозовые кривые. Параметры изодозовых кривых	Изодозовая карта, измерение изодозовых кривых, качество пучка, размер поля, эффект пенумбры, коллимация и сглаживающий фильтр, размер поля.
6	3.2. Клиновидные фильтры	Фактор пропускания клина, система клиньев, влияние на качество пучка, расчет клиновидных фильтров, использование клиновидных фильтров.
6	3.3. Облучение несколькими полями. Облучение в наклонной плоскости	Параллельные противоположные поля, многопольное облучение, облучение в наклонной плоскости.
7	3.4. Изоцентрическое облучение. Облучение с клиньями	Сравнение изоцентрического метода облучения с методом постоянного SSD, статические пучки, ротационное облучение, облучение с клиньями.
7	3.5. Дозовая спецификация для терапии внешними пучками. Гистограммы «доза-объем»	Спецификация объемов, органы риска, рекомендации для регистрации дозы, движение внутренних органов, дополнение рекомендаций МКРЕ 50, выводы и будущие тенденции, прямая ГДО, кумулятивная (интегральная) ГДО.
8-11	4. Данные пациента, поправки, позиционирование	
8	4.1. Введение. Классификация рака. Планирование лучевого лечения. Получение данных о пациенте	Классификация рака, планирование лучевого лечения, принятие решения, процесс планирования лучевого лечения, получение данных о пациенте, контур тела, внутренние структуры.
8	4.2. Симулирование и проверка облучения. Поправки на нерегулярность контуров и негомогенность ткани	Симулирование (имитация) лучевой обработки, верификация (проверка) облучения, поправки на нерегулярность контуров, метод эффективного РИП (SSD), метод отношения ткань-воздух (или

		ткань-максимум), метод сдвига изодоз, общее рассмотрение поправки на негомогенность ткани, метод TAR, степенной закон TAR, метод вычитания пучка, обобщение на многослойную среду, эквивалентное TAR (ETAR), метод сдвига изодоз, типичные значения поправочных факторов.
9	4.3. Метод дифференциального отношения рассеяние-воздух (DSAR)	Поправка на нерегулярность контуров, поправка на учет негомогенностей.
10	4.4. Поглощенная доза внутри негомогенности. Тканевая компенсация	Граница раздела кость-ткань, мягкая ткань в кости, мягкая ткань, окружающая кость, легочная ткань, воздушная полость, расчет компенсаторов.
10	4.5. Расчет дозовых распределений в условиях нарушения электронного равновесия	Проблема нарушения электронного равновесия, метод базовых функций, полуэмпирический метод, нарушение электронного равновесия воздушными полостями.
11	4.6. Перемещение пациента и органов. Позиционирование и иммобилизация пациентов	Общее описание проблемы геометрической вариации, метод коррекции позиции, движение органов, позиционирование и иммобилизация пациентов.
12-13	5. Определение формы поля и дозы на кожу. Разделение полей	
12	5.1. Введение. Блокирование поля	Толщина блока, создание формы поля, независимые коллимационные пластины, многолепестковый коллиматор (МЛК).
12	5.2. Кожная доза	Электронное загрязнение фотонных пучков, уменьшение кожной дозы как функция энергии фотонов, эффект расстояния «поглотитель-кожа», эффект размера поля, электронные фильтры, влияние на кожную дозу косого падения пучка.
13	5.3. Разделение смежных полей	Геометрическое разделение, дозиметрическое разделение, сопряжение ортогональных полей, общие правила сопряжения полей.
14-15	6. Трехмерное дозиметрическое планирование дистанционной гамма-терапии	
14	6.1. Особенности 2-, 2,5- и 3-мерного дозиметрического планирования. Классификация алгоритмов расчета дозы, применяемых в 3-МДП.	Особенности 2-, 2,5- и 3-мерного дозиметрического планирования, классификация алгоритмов расчета дозы, применяемых в 3-МДП.
14	6.2. Геометрия элементарных источников и их ядра	Дифференциальный тонкий луч (ДТЛ), тонкий луч (ТЛ), конечный тонкий луч (КТЛ), основные приближения модельных алгоритмов.
15	6.3. Метод дифференциального тонкого луча. Метод тонкого луча. Метод конечного тонкого луча (КТЛ)	Общая постановка метода дифференциального тонкого луча, аналитическая аппроксимация ядра ДТЛ в воде, аналитическая аппроксимация ядра ДТЛ в гетерогенной среде, алгоритм «Разложение на конусы», общая постановка метода тонкого луча, аналитическая аппроксимация ядра тонкого луча в воде, алгоритм тонкого луча на основе

		аналитической аппроксимации ядра ТЛ, алгоритм расчета дозы на основе метода КТЛ, учет изменения SSD, метод конечного тонкого луча, основанный на экспериментальных дозовых распределениях, определение полной дозы, учет негомогенностей.
16-18	7. Электронная лучевая терапия	
16	7.1. Современное состояние. Взаимодействие электронов с веществом	Современное состояние, общая характеристика процесса взаимодействия электронов с веществом, массовая тормозная способность, ограниченная массовая тормозная способность и поглощенная доза, энергетическое распределение рассеянных электронов, угловое распределение рассеянных электронов.
16	7.2. Дозиметрические характеристики клинических электронных пучков	Центрально-осевое дозовое распределение пучка электронов в воде, равномерность и симметрия поля – внеосевые характеристики, формирование и коллимация пучка, закон обратных квадратов (положение виртуального источника), изодозовые кривые, влияние угла падения пучка на глубинное дозовое распределение, фактор выхода, вклад в дозу от тормозного излучения.
17	7.3. Фантомы для дозиметрии электронных пучков. Влияние негомогенностей на дозовое распределение от электронных пучков. Нерегулярные поверхности	Фантомы для дозиметрии электронных пучков, влияние негомогенностей на дозовое распределение от электронных пучков: метод эквивалентной толщины – легкие, кость, небольшие негомогенности, воздушные полости, нерегулярные поверхности.
17	7.4. Клиническое применение электронных пучков	Определение мишени, терапевтический диапазон – выбор энергии пучка, рекомендации Международной комиссии по радиационным единицам, модификация формы поля и дозового распределения от электронных пучков, смежные поля, электронная дуговая терапия, тотальное облучение кожи электронами.
18	7.5. Методы расчета 3-мерных дозовых распределений от пучков электронов	Метод тонкого луча Хогстрома, «быстрый» 3-мерный алгоритм тонкого луча, ограничения модели тонкого луча Ферми-Эйджа, метод Монте-Карло.

VII семестр

1-4	8. Лучевая терапия пучками протонов и и тяжелых ионов	
1	8.1. Особенности протонной терапии. История развития протонной лучевой терапии. Краткая характеристика взаимодействия протонов с веществом	Особенности протонной терапии, история развития протонной лучевой терапии, кинематика протонов, электромагнитное взаимодействие, ядерные взаимодействия, массовая тормозная способность, ограниченная массовая тормозная способность.
1	8.2. Структура и оборудование клинических центров протонной лучевой терапии	Ускорители протонов для лучевой терапии, гантри.
2	8.3. Система формирования	Требования к параметрам пучков протонов,

	дозового поля. Дозиметрические величины	формирование индивидуальных клинических пучков протонов, дозиметрические величины.
2	8.4. Аналитическая аппроксимация глубинного дозового распределения широкого пучка. Метод тонкого луча	Модель для моноэнергетических пучков, дозовое распределение с учетом флуктуаций, учет энергетического спектра пучка, метод тонкого луча – расчет модифицирующих устройств линии пучка, пациент, суммирование эффектов от всех элементов линии пучка, алгоритм тонкого луча, алгоритм широкого пучка.
3	8.5. Аналитический расчет дозы от протонов с учетом негомогенностей. Аналитическая модель Улмера	Аналитическая модель Улмера, интегрирование уравнений Ланджевина и Бете-Блоха, учет ядерных взаимодействий и флуктуаций в потерях энергии.
3	8.6. Расчет дозового распределения на основе измерения флюенса протонов в воздухе	Общая характеристика метода расчета, определение конфигурационных параметров из измерения флюенса в воздухе, использование конфигурационных параметров для расчета дозы.
4	8.7. Применение метода Монте-Карло для расчета доз от протонов. Лечебная терапия пучками ионов	Алгоритм транспорта протонов, моделирование ионизации, моделирование многократного рассеяния, транспорт δ-электронов, моделирование ядерных взаимодействий, лечебная терапия пучками ионов.
5-6	9. Нейтронная терапия	
5	9.1. Особенности нейтронной терапии. Дистанционная терапия быстрыми нейтронами	Особенности нейтронной терапии, история развития и радиобиологические особенности дистанционной терапии быстрыми нейтронами, генерация пучков быстрых нейтронов, фантомы в клинической нейтронной дозиметрии, методы расчета доз от быстрых нейтронов.
5	9.2. Нейtron-захватная терапия	Принцип и история развития нейtron-захватной терапии, терапевтическое усиление нейтронной терапии с помощью реакции захвата нейтронов на боре, нейtron-захватная борная терапия на базе реакторов, нейtron-захватная терапия на базе ускорителей, методы расчета доз в нейtron-захватной терапии, базовые расчеты пространственного распределения кермы.
6	9.3. Преимущества и ограничения весовых факторов и взвешенной дозы в нейтронной и нейtron-захватной терапии	Однокомпонентный случай, двухкомпонентный случай, четырехкомпонентный случай.
7-10	10. Лечебная терапия с поперечной модуляцией интенсивности пучка (IMRT)	
7	10.1. Общее описание и сравнение конформной лучевой терапии и лучевой терапии с поперечной модуляцией интенсивности пучка. Краткий исторический обзор	Общее описание и сравнение конформной лучевой терапии и лучевой терапии с поперечной модуляцией интенсивности пучка, краткий исторический обзор.
8	10.2. Методы получения пучков с модулированной интенсивностью	Класс 1: 2-мерные компенсаторы, класс 2: динамическая коллимация, класс 3: метод многосегментных статических полей, класс 4:

		томотерапия, класс 5: модуляция интенсивности с помощью движущегося узкого блока, 1М модуляция интенсивности с помощью традиционного коллиматора, класс 6: лучевая терапия сканирующими пучками.
9	10.3. Планирование облучения и расчет доз для фотонных пучков с модулированной интенсивностью. Обратное планирование облучения: проблема оптимизации	Планирование облучения и расчет доз для фотонных пучков с модулированной интенсивностью. Обратное планирование облучения: проблема оптимизации.
10	10.4. Позиция края светового поля для лепестков с закругленными и сфокусированными концами. Смещение края радиационного поля. Утечка излучения через лепестки	Позиция края светового поля для лепестков с закругленными и сфокусированными концами, смещение края радиационного поля, прохождение излучения через центральную область лепестков, прохождение излучения между лепестками.
11-12	11. Брахитерапия	
11	11.1. Особенности и классификация брахитерапии. Источники ионизирующего излучения для брахитерапии	Особенности брахитерапии, классификация брахитерапии, источники ионизирующего излучения для брахитерапии, физические характеристики и конструктивные особенности источников, спецификация источников γ -излучения, спецификация источников β -излучения.
12	11.2. Расчет дозовых распределений в брахитерапии	Принцип суперпозиции, формализм TG-43, традиционные методы расчета мощности дозы в брахитерапии, эффект аппликатора и учет негомогенностей, расчет суммарной дозы за время облучения, компьютерное планирование.
12	11.3. Клиническое применение и дозиметрические системы. Радиобиология брахитерапии	Гинекология, внутритканевая брахитерапия, системы дистанционного последовательного введения катетеров и источников, постоянные импланты в простате, введение в радиобиологию брахитерапии, терапевтическое отношение, фракционирование, предписываемая доза.
13-14	12. Стереотактическая радиохирургия и лучевая терапия	
13	12.1. Введение. Стереотактическая рама	Введение в стереотактические радиохирургию и лучевую терапию, стереотактическая рама.
13	12.2. Установки для стереотактического облучения	Гамма-нож, медицинские линейные ускорители электронов для стереотаксиса, стереотактические опорные системы.
14	12.3. Планирование стереотактического облучения	Особенности систем дозиметрического планирования, алгоритмы расчета дозы, использующие отношение ткань-phantom и внеосевое отношение, особенности измерения дозовых характеристик для узких пучков, аналитический расчет центрально-осевых дозовых распределений для пучков с малым диаметром, расчет дозовых распределений в стереотаксисе методом Монте-Карло, оценка плана облучения в стереотактической

		радиохирургии, стереотактическая радиохирургия на линейных ускорителях.
15-16	13. Оптимизация лучевой терапии	
15	13.1. Общее описание оптимизации. Физические целевые функции. Дозовые ограничения и ограничения типа доза-объем	Общее описание оптимизации лучевой терапии, физические целевые функции, дозовые ограничения и ограничения типа доза-объем.
15	13.2. Биологические модели, используемые для сравнительной оценки дозиметрических планов облучения	Особенности биологических целевых функций, вероятность контроля над опухолью: общее рассмотрение, фундаментальная модель TCP, эмпирические модели TCP, эмпирические модели NTCP, фундаментальные модели NTCP, негомогенное дозовое распределение и сжатие гистограммы доза-объем, концепция эквивалентной однородной дозы.
16	13.3. Биологические целевые функции оптимизации. Алгоритмы оптимизации лучевой терапии. Оптимизация облучения в брахитерапии	Биологические целевые функции на базе TCP и NTCP, биологическая целевая функция на базе обобщенной эквивалентной однородной дозы, физико-биологическая оптимизация, сравнение дозиметрических планов облучения, использующих физические и биологические целевые функции, лучевая терапия под управлением биологии – будущее быстро приближается, алгоритмы оптимизации лучевой терапии – метод градиента, метод «моделирования отжига», генетический метод, метод матричной инверсии без отрицательных весов бимлетов, метод моделирования динамики, особенности оптимизации в брахитерапии, целевые функции оптимизации в брахитерапии, алгоритмы оптимизации в брахитерапии.
17-18	14. Радионуклидная терапия	
17	14.1. История развития радионуклидной терапии. Выбор радионуклида. Выбор носителя радионуклида. Сфера клинического применения РФП	История развития радионуклидной терапии, выбор радионуклида, общее рассмотрение, источники β -излучения, источники электронов Оже, источники α -частиц, выбор носителя радионуклида, сферы клинического применения РФП.
17	14.2. Дозиметрическое обеспечение РНТ. Практическое применение формализма MIRD	Дозиметрическое обеспечение РНТ, практическое применение формализма MIRD.
18	14.3. Планирование радионуклидной терапии. Преимущества и недостатки радионуклидной терапии	Планирование радионуклидной терапии, предварительное введение РФП, критические органы, расчеты для конкретного пациента, радиобиологическое рассмотрение, преимущества и недостатки радионуклидной терапии.
19-20	15. Гарантия качества в лучевой терапии	
19	15.1. Определения. Требования системы качества. Базис для определения толерантных пределов.	Определения, требования системы качества, базис для определения толерантных пределов – формулировка точности, соотношение между

	Точность, достигнутая в настоящее время. Ошибки и аварии	дозовым эффектом и точностью, требования к точности подведения поглощенной дозы, требования к точности распределения поглощенной дозы, требования к геометрической точности, финальные требования к точности, общее рассмотрение точности, достигнутой в настоящее время, оценка неопределенностей, ошибки и аварии.
19	15.2. Общая программа ГК. Гарантия качества оборудования, используемого в дистанционной терапии и брахитерапии	Программа гарантии качества, комитет по гарантии качества, гарантия качества оборудования, используемого в дистанционной терапии и брахитерапии.
19	15.3. Гарантия качества при разработке и вводе в эксплуатацию алгоритмов планирования облучения	Разработка алгоритма расчета, разработка компьютерных программ, реализующих алгоритмы расчета, определение базы радиационных данных, требуемых алгоритмом, клиническое применение.
20	15.4. Гарантия качества процесса планирования облучения	Определение планирования облучения, данные пациента и их визуализация, визуализация расстановки пучков и дозовых распределений.
20	15.5. Система планирования облучения и гарантия качества	Состав TPS и функции компонентов, технические требования и процесс покупки, приемка системы планирования облучения, задачи коммиссионинга для систем планирования облучения, геометрические аспекты коммиссионинга TPS, передача данных в симулятор или машину для облучения, дозиметрические аспекты коммиссионинга TPS, клиническая верификация, периодический контроль TPS, проверка индивидуальных планов.

Практические занятия

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
VI семестр		
1-2	1. Радиобиологические основы лучевой терапии	
2	1.3. Основы радиобиологии нормальных тканей	Основы радиобиологии нормальных тканей, факторы, определяющие тяжесть радиационных повреждений нормальных тканей, пролиферативная структура тканей, ранние и поздние реакции тканей, концепция толерантности нормальных тканей и терапевтический выигрыш, крутизна зависимостей ответных реакций тканей от дозы, радиационная патология, количественное определение повреждения нормальных тканей, эффект объема, основные биологические факторы фракционной лучевой терапии.
2	1.4. Фракционирование дозы в лучевой терапии	История подходов к фракционированию, чувствительность к фракционированию у рано и

		поздно реагирующих тканей, фракционирование и линейно-квадратичная модель, определение коэффициентов LQ-модели, гипофракционирование, эффект общего времени облучения, гиперфракционирование и ускоренное фракционирование, учет перерывов в облучении, низкая мощность дозы в брахитерапии.
3-5	2. Основные дозиметрические величины и их применение для расчета дозы в дистанционной фотонной терапии	
5	2.5. Нерегулярные поля	Расчет дозы для нерегулярных полей, изменение SSD (РИП) внутри поля.
5	2.6. Простые практические методы расчета глубинных распределений. Приближенные аналитические модели для расчета поглощенной дозы	Точка расчета вне оси, точка расчета под блоком, модели для расчета распределения поглощенной дозы на оси пучков, модель для расчета дозового профиля.
6-7	3. Изодозовые распределения	
7	3.4. Изоцентрическое облучение. Облучение с клиньями	Сравнение изоцентрического метода облучения с методом постоянного SSD, статические пучки, ротационное облучение, облучение с клиньями.
7	3.5. Дозовая спецификация для терапии внешними пучками. Гистограммы «доза-объем»	Спецификация объемов, органы риска, рекомендации для регистрации дозы, движение внутренних органов, дополнение рекомендаций МКРЕ 50, выводы и будущие тенденции, прямая ГДО, кумулятивная (интегральная) ГДО.
8-11	4. Данные пациента, поправки, позиционирование	
9	4.3. Метод дифференциального отношения рассеяние-воздух (DSAR)	Поправка на нерегулярность контуров, поправка на учет негомогенностей.
10	4.5. Расчет дозовых распределений в условиях нарушения электронного равновесия	Проблема нарушения электронного равновесия, метод базовых функций, полуэмпирический метод, нарушение электронного равновесия воздушными полостями.
12-13	5. Определение формы поля и дозы на кожу. Разделение полей	
12	5.1. Введение. Блокирование поля	Толщина блока, создание формы поля, независимые коллимационные пластины, многолепестковый коллиматор (МЛК).
12	5.2. Кожная доза	Электронное загрязнение фотонных пучков, уменьшение кожной дозы как функция энергии фотонов, эффект расстояния «поглотитель-кожа», эффект размера поля, электронные фильтры, влияние на кожную дозу косого падения пучка.
14-15	6. Трехмерное дозиметрическое планирование дистанционной гамма-терапии	
14	6.1. Особенности 2-, 2,5- и 3-мерного дозиметрического планирования. Классификация	Особенности 2-, 2,5- и 3-мерного дозиметрического планирования, классификация алгоритмов расчета дозы, применяемых в 3-МДП.

	алгоритмов расчета дозы, применяемых в 3-МДП	
14	6.2. Геометрия элементарных источников и их ядра	Дифференциальный тонкий луч (ДТЛ), тонкий луч (ТЛ), конечный тонкий луч (КТЛ), основные приближения модельных алгоритмов.
16-18	7. Электронная лучевая терапия	
17	7.3. Фантомы для дозиметрии электронных пучков. Влияние негомогенностей на дозовое распределение от электронных пучков. Нерегулярные поверхности	Фантомы для дозиметрии электронных пучков, влияние негомогенностей на дозовое распределение от электронных пучков: метод эквивалентной толщины – легкие, кость, небольшие негомогенности, воздушные полости, нерегулярные поверхности.
17	7.4. Клиническое применение электронных пучков	Определение мишени, терапевтический диапазон – выбор энергии пучка, рекомендации Международной комиссии по радиационным единицам, модификация формы поля и дозового распределения от электронных пучков, смежные поля, электронная дуговая терапия, тотальное облучение кожи электронами.
VII семестр		
1-4	8. Лучевая терапия пучками протонов и и тяжелых ионов	
3	8.5. Аналитический расчет дозы от протонов с учетом негомогенностей. Аналитическая модель Улмера	Аналитическая модель Улмера, интегрирование уравнений Ланджевина и Бете-Блоха, учет ядерных взаимодействий и флюктуаций в потерях энергии.
3	8.6. Расчет дозового распределения на основе измерения флюенса протонов в воздухе	Общая характеристика метода расчета, определение конфигурационных параметров из измерения флюенса в воздухе, использование конфигурационных параметров для расчета дозы.
5-6	9. Нейтронная терапия	
5	9.1. Особенности нейтронной терапии. Дистанционная терапия быстрыми нейтронами	Особенности нейтронной терапии, история развития и радиобиологические особенности дистанционной терапии быстрыми нейтронами, генерация пучков быстрых нейтронов, фантомы в клинической нейтронной дозиметрии, методы расчета доз от быстрых нейтронов.
5	9.2. Нейтрон-захватная терапия	Принцип и история развития нейтрон-захватной терапии, терапевтическое усиление нейтронной терапии с помощью реакции захвата нейтронов на боре, нейтрон-захватная борная терапия на базе реакторов, нейтрон-захватная терапия на базе ускорителей, методы расчета доз в нейтрон-захватной терапии, базовые расчеты пространственного распределения кермы.
7-10	10. Лучевая терапия с поперечной модуляцией интенсивности пучка (IMRT)	
9	10.3. Планирование облучения и расчет доз для фотонных пучков с модулированной интенсивностью. Обратное планирование облучения:	Планирование облучения и расчет доз для фотонных пучков с модулированной интенсивностью. Обратное планирование облучения: проблема оптимизации.

	проблема оптимизации	
11-12	11. Брахитерапия	
12	11.2. Расчет дозовых распределений в брахитерапии	Принцип суперпозиции, формализм TG-43, традиционные методы расчета мощности дозы в брахитерапии, эффект аппликатора и учет негомогенностей, расчет суммарной дозы за время облучения, компьютерное планирование.
12	11.3. Клиническое применение и дозиметрические системы. Радиобиология брахитерапии	Гинекология, внутритканевая брахитерапия, системы дистанционного последовательного введения катетеров и источников, постоянные импланты в простате, введение в радиобиологию брахитерапии, терапевтическое отношение, фракционирование, предписываемая доза.
13-14	12. Стереотактическая радиохирургия и лучевая терапия	
13	12.1. Введение. Стереотактическая рама	Введение в стереотактические радиохирургию и лучевую терапию, стереотактическая рама.
13	12.2. Установки для стереотактического облучения	Гамма-нож, медицинские линейные ускорители электронов для стереотаксиса, стереотактические опорные системы.
15-16	13. Оптимизация лучевой терапии	
15	13.1. Общее описание оптимизации. Физические целевые функции. Дозовые ограничения и ограничения типа доза-объем	Общее описание оптимизации лучевой терапии, физические целевые функции, дозовые ограничения и ограничения типа доза-объем.
15	13.2. Биологические модели, используемые для сравнительной оценки дозиметрических планов облучения	Особенности биологических целевых функций, вероятность контроля над опухолью: общее рассмотрение, фундаментальная модель TCP, эмпирические модели TCP, эмпирические модели NTCP, фундаментальные модели NTCP, негомогенное дозовое распределение и сжатие гистограммы доза-объем, концепция эквивалентной однородной дозы.
17-18	14. Радионуклидная терапия	
17	14.1. История развития радионуклидной терапии. Выбор радионуклида. Выбор носителя радионуклида. Сфера клинического применения РФП	История развития радионуклидной терапии, выбор радионуклида, общее рассмотрение, источники β -излучения, источники электронов Оже, источники α -частиц, выбор носителя радионуклида, сферы клинического применения РФП.
17	14.2. Дозиметрическое обеспечение РНТ. Практическое применение формализма MIRD	Дозиметрическое обеспечение РНТ, практическое применение формализма MIRD.
19-20	15. Гарантия качества в лучевой терапии	
19	15.2. Общая программа ГК. Гарантия качества оборудования, используемого в дистанционной терапии и брахитерапии	Программа гарантии качества, комитет по гарантии качества, гарантия качества оборудования, используемого в дистанционной терапии и брахитерапии.
19	15.3. Гарантия качества при разработке и вводе в эксплуатацию алгоритмов планирования	Разработка алгоритма расчета, разработка компьютерных программ, реализующих алгоритмы расчета, определение базы

	облучения	радиационных данных, требуемых алгоритмом, клиническое применение.
--	-----------	--

Лабораторные занятия

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
VI семестр		
1-2	1. Радиобиологические основы лучевой терапии	
2	1.3. Основы радиобиологии нормальных тканей	Основы радиобиологии нормальных тканей, факторы, определяющие тяжесть радиационных повреждений нормальных тканей, пролиферативная структура тканей, ранние и поздние реакции тканей, концепция толерантности нормальных тканей и терапевтический выигрыш, крутизна зависимостей ответных реакций тканей от дозы, радиационная патология, количественное определение повреждения нормальных тканей, эффект объема, основные биологические факторы фракционной лучевой терапии.
2	1.4. Фракционирование дозы в лучевой терапии	История подходов к фракционированию, чувствительность к фракционированию у рано и поздно реагирующих тканей, фракционирование и линейно-квадратичная модель, определение коэффициентов LQ-модели, гипофракционирование, эффект общего времени облучения, гиперфракционирование и ускоренное фракционирование, учет перерывов в облучении, низкая мощность дозы в брахитерапии.
3-5	2. Основные дозиметрические величины и их применение для расчета дозы в дистанционной фотонной терапии	
5	2.5. Нерегулярные поля	Расчет дозы для нерегулярных полей, изменение SSD (РИП) внутри поля.
5	2.6. Простые практические методы расчета глубинных распределений. Приближенные аналитические модели для расчета поглощенной дозы	Точка расчета вне оси, точка расчета вне поля, точка расчета под блоком, модели для расчета распределения поглощенной дозы на оси пучков, модель для расчета дозового профиля.
6-7	3. Изодозовые распределения	
7	3.4. Изоцентрическое облучение. Облучение с клиньями	Сравнение изоцентрического метода облучения с методом постоянного SSD, статические пучки, ротационное облучение, облучение с клиньями.
7	3.5. Дозовая спецификация для терапии внешними пучками. Гистограммы «доза-объем»	Спецификация объемов, органы риска, рекомендации для регистрации дозы, движение внутренних органов, дополнение рекомендаций МКРЕ 50, выводы и будущие тенденции, прямая ГДО, кумулятивная (интегральная) ГДО.
8-11	4. Данные пациента, поправки,	

	позиционирование	
9	4.3. Метод дифференциального отношения рассеяние-воздух (DSAR)	Поправка на нерегулярность контуров, поправка на учет негомогенностей.
10	4.5. Расчет дозовых распределений в условиях нарушения электронного равновесия	Проблема нарушения электронного равновесия, метод базовых функций, полуэмпирический метод, нарушение электронного равновесия воздушными полостями.
12-13	5. Определение формы поля и дозы на кожу. Разделение полей	
12	5.1. Введение. Блокирование поля	Толщина блока, создание формы поля, независимые коллимационные пластины, многолепестковый коллиматор (МЛК).
12	5.2. Кожная доза	Электронное загрязнение фотонных пучков, уменьшение кожной дозы как функция энергии фотонов, эффект расстояния «поглотитель-кожа», эффект размера поля, электронные фильтры, влияние на кожную дозу косого падения пучка.
14-15	6. Трехмерное дозиметрическое планирование дистанционной гамма-терапии	
14	6.1. Особенности 2-, 2,5- и 3-мерного дозиметрического планирования. Классификация алгоритмов расчета дозы, применяемых в 3-МДП.	Особенности 2-, 2,5- и 3-мерного дозиметрического планирования, классификация алгоритмов расчета дозы, применяемых в 3-МДП.
14	6.2. Геометрия элементарных источников и их ядра	Дифференциальный тонкий луч (ДТЛ), тонкий луч (ТЛ), конечный тонкий луч (КТЛ), основные приближения модельных алгоритмов.
16-18	7. Электронная лучевая терапия	
17	7.3. Фантомы для дозиметрии электронных пучков. Влияние негомогенностей на дозовое распределение от электронных пучков. Нерегулярные поверхности	Фантомы для дозиметрии электронных пучков, влияние негомогенностей на дозовое распределение от электронных пучков: метод эквивалентной толщины – легкие, кость, небольшие негомогенности, воздушные полости, нерегулярные поверхности.
17	7.4. Клиническое применение электронных пучков	Определение мишени, терапевтический диапазон – выбор энергии пучка, рекомендации Международной комиссии по радиационным единицам, модификация формы поля и дозового распределения от электронных пучков, смежные поля, электронная дуговая терапия, тотальное облучение кожи электронами.
VII семестр		
1-4	8. Лучевая терапия пучками протонов и и тяжелых ионов	
3	8.5. Аналитический расчет дозы от протонов с учетом негомогенностей. Аналитическая модель Улмера	Аналитическая модель Улмера, интегрирование уравнений Ланджевина и Бете-Блоха, учет ядерных взаимодействий и флуктуаций в потерях энергии.
3	8.6. Расчет дозового распределения на основе измерения флюенса	Общая характеристика метода расчета, определение конфигурационных параметров из

	протонов в воздухе	измерения флюенса в воздухе, использование конфигурационных параметров для расчета дозы.
5-6	9. Нейтронная терапия	
5	9.1. Особенности нейтронной терапии. Дистанционная терапия быстрыми нейтронами	Особенности нейтронной терапии, история развития и радиобиологические особенности дистанционной терапии быстрыми нейтронами, генерация пучков быстрых нейтронов, фантомы в клинической нейтронной дозиметрии, методы расчета доз от быстрых нейтронов.
5	9.2. Нейtron-захватная терапия	Принцип и история развития нейtron-захватной терапии, терапевтическое усиление нейтронной терапии с помощью реакции захвата нейтронов на боре, нейtron-захватная борная терапия на базе реакторов, нейtron-захватная терапия на базе ускорителей, методы расчета доз в нейtron-захватной терапии, базовые расчеты пространственного распределения кермы.
7-10	10. Лучевая терапия с поперечной модуляцией интенсивности пучка (IMRT)	
9	10.3. Планирование облучения и расчет доз для фотонных пучков с модулированной интенсивностью. Обратное планирование облучения: проблема оптимизации	Планирование облучения и расчет доз для фотонных пучков с модулированной интенсивностью. Обратное планирование облучения: проблема оптимизации.
11-12	11. Брахитерапия	
12	11.2. Расчет дозовых распределений в брахитерапии	Принцип суперпозиции, формализм TG-43, традиционные методы расчета мощности дозы в брахитерапии, эффект аппликатора и учет негомогенностей, расчет суммарной дозы за время облучения, компьютерное планирование.
12	11.3. Клиническое применение и дозиметрические системы. Радиобиология брахитерапии	Гинекология, внутритканевая брахитерапия, системы дистанционного последовательного введения катетеров и источников, постоянные имплантанты в простате, введение в радиобиологию брахитерапии, терапевтическое отношение, фракционирование, предписываемая доза.
13-14	12. Стереотактическая радиохирургия и лучевая терапия	
13	12.1. Введение. Стереотактическая рама	Введение в стереотактические радиохирургию и лучевую терапию, стереотактическая рама.
13	12.2. Установки для стереотактического облучения	Гамма-нож, медицинские линейные ускорители электронов для стереотаксиса, стереотактические опорные системы.
15-16	13. Оптимизация лучевой терапии	
15	13.1. Общее описание оптимизации. Физические целевые функции. Дозовые ограничения и ограничения типа доза-объем	Общее описание оптимизации лучевой терапии, физические целевые функции, дозовые ограничения и ограничения типа доза-объем.
15	13.2. Биологические модели, используемые для сравнительной оценки дозиметрических планов	Особенности биологических целевых функций, вероятность контроля над опухолью: общее рассмотрение, фундаментальная модель TCP,

	облучения	эмпирические модели TCP, эмпирические модели NTCP, фундаментальные модели NTCP, негомогенное дозовое распределение и сжатие гистограммы доза-объем, концепция эквивалентной однородной дозы.
17-18	14. Радионуклидная терапия	
17	14.1. История развития радионуклидной терапии. Выбор радионуклида. Выбор носителя радионуклида. Сфера клинического применения РФП	История развития радионуклидной терапии, выбор радионуклида, общее рассмотрение, источники β -излучения, источники электронов Оже, источники α -частиц, выбор носителя радионуклида, сферы клинического применения РФП.
17	14.2. Дозиметрическое обеспечение РНТ. Практическое применение формализма MIRD	Дозиметрическое обеспечение РНТ, практическое применение формализма MIRD.
19-20	15. Гарантия качества в лучевой терапии	
19	15.2. Общая программа ГК. Гарантия качества оборудования, используемого в дистанционной терапии и брахитерапии	Программа гарантии качества, комитет по гарантии качества, гарантия качества оборудования, используемого в дистанционной терапии и брахитерапии.
19	15.3. Гарантия качества при разработке и вводе в эксплуатацию алгоритмов планирования облучения	Разработка алгоритма расчета, разработка компьютерных программ, реализующих алгоритмы расчета, определение базы радиационных данных, требуемых алгоритмом, клиническое применение.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Методические рекомендации по освоению дисциплины «Расчет полей ионизирующего излучения в лучевой терапии» утвержденные на заседании отделения биотехнологий, протокол № 11 от «07» июня 2021 г.;
2. Методические рекомендации по преподаванию дисциплины «Расчет полей ионизирующего излучения в лучевой терапии» утвержденные на заседании отделения биотехнологий, протокол № 11 от «07» июня 2021 г.;
3. Методические указания к самостоятельной работе студента по оформлению рефератов по дисциплине «Расчет полей ионизирующего излучения в лучевой терапии» утвержденные на заседании отделения биотехнологий, протокол № 11 от «07» июня 2021 г.;
4. Методические рекомендации «Словарь терминов по учебной дисциплине «Расчет полей ионизирующего излучения в лучевой терапии» утвержденные на заседании отделения биотехнологий, протокол № 11 от «07» июня 2021 г.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и
----------	---	----------------------------------	--

			промежуточной аттестации
Текущая аттестация, VI семестр			
1.	Раздел 1. Радиобиологические основы лучевой терапии	ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников: З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.	- дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
2.	Раздел 2. Основные дозиметрические величины и их применение для расчета дозы в дистанционной фотонной терапии	ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников: З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.	- дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
3.	Раздел 3. Изодозовые распределения	ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников: З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.	- дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
4.	Раздел 4. Данные пациента, поправки, позиционирование	ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников: З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.	- дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат

5.	Раздел 5. Определение формы поля и дозы на кожу. Разделение полей	ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников: З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.	- дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
6.	Раздел 6. Трехмерное дозиметрическое планирование дистанционной гамма-терапии	ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников: З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.	- дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
7.	Раздел 7. Электронная лучевая терапия	ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников: З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.	- дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат

Промежуточная аттестация, VI семестр

	Зачет	ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников: З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.	- зачетная работа; - контроль по итогам; - тестирование
--	-------	--	---

Текущая аттестация, VII семестр

8.	Раздел 8. Лучевая терапия пучками протонов и и тяжелых ионов	<p>ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников:</p> <p>З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
9.	Раздел 9. Нейтронная терапия	<p>ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников:</p> <p>З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
10.	Раздел 10. Лучевая терапия с поперечной модуляцией интенсивности пучка (IMRT)	<p>ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников:</p> <p>З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
11.	Раздел 11. Брахитерапия	<p>ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников:</p> <p>З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат

12.	Раздел 12. Стереотактические радиохирургия и лучевая терапия	<p>ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников:</p> <p>З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
13.	Раздел 13. Оптимизация лучевой терапии	<p>ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников:</p> <p>З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
14.	Раздел 14. Радионуклидная терапия	<p>ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников:</p> <p>З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат
15.	Раздел 15. Гарантия качества в лучевой терапии	<p>ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников:</p> <p>З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p> <p>В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - дискуссия; - домашнее задание; - задача; - контрольная работа; - доклад; - презентация; - реферат

Промежуточная аттестация, VII семестр

	Экзамен	ПК-7.2 - Способен оптимизировать дозовые нагрузки на пациентов и медицинских работников: З-ПК-7.2 – Знать: методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. У-ПК-7.2 – Уметь: применять методы оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников. В-ПК-7.2 – Владеть: способами оптимизации дозовой нагрузки на пациентов и медицинских работников.	- задание; - контроль по итогам; - тестирование
--	---------	--	---

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
 - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
 - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
VI семестр			
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30

<i>контрольная работа</i>		6 (60% от 10)	10
<i>задача</i>		6 (60% от 10)	10
<i>тестирование</i>		6 (60% от 10)	10
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
<i>контрольная работа</i>		9 (60% от 15)	15
<i>реферат</i>		9 (60% от 15)	15
Промежуточная аттестация	-	24 – 60% от максимума	40
Зачет	-	24 (60% от 40)	40
<i>зачетная работа</i>	-	9 (60% от 15)	15
<i>контроль по итогам</i>	-	9 (60% от 15)	15
<i>тестирование</i>	-	6 (60% от 10)	10
ИТОГО по дисциплине		60	100

VII семестр

Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
<i>контрольная работа</i>		6 (60% от 10)	10
<i>задача</i>		6 (60% от 10)	10
<i>тестирование</i>		6 (60% от 10)	10
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
<i>контрольная работа</i>		9 (60% от 15)	15
<i>реферат</i>		9 (60% от 15)	15
Промежуточная аттестация	-	24 – 60% от максимума	40
Экзамен	-	24 (60% от 40)	40
<i>задание</i>	-	9 (60% от 15)	15
<i>контроль по итогам</i>	-	9 (60% от 15)	15
<i>тестирование</i>	-	6 (60% от 10)	10
ИТОГО по дисциплине		60	100

* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации.

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5 - «отлично»/«зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко иочно 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»/«зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70-74		D	
65-69			Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	E	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не засчитано»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

a) основная учебная литература:

- Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии [Электронный ресурс] / В. А. Климанов. - Москва: НИЯУ МИФИ. Ч.1: Радиобиологические основы лучевой терапии. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование дистанционной лучевой терапии пучками тормозного и гамма-излучения и электронами: учебное пособие для вузов. - [Б. м.], 2011. - 500 с. - Текст: электронный // URL: http://library.mephi.ru/pdftunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=IATEM_EPHI&PATH=book-mephi%2FKlimanov_Radiobiologicheskoe_i_dozimetriceskoe_planirov_Ch.1_2011.pdf
- Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии [Электронный ресурс] / В. А. Климанов. - Москва: НИЯУ МИФИ. Ч.2: Лучевая терапия пучками протонов, ионов, нейтронов и пучками с модулированной интенсивностью, стереотаксис, брахитерапия, радионуклидная терапия, оптимизация, гарантия качества: учебное пособие для вузов. - [Б. м.], 2011. – 604 с. -

Текст: электронный // URL:
http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=IATEM_EPHI&PATH=book
mephi%2FKlimanov_Radiobiologicheskoe_i_dozimetricheskoe_planirovaniye_2011.pdf

б) дополнительная учебная литература:

1. Бамбер Дж., Тристам М., Лич М. Физика визуализации изображений в медицине: В 2-х томах. Т. 2: Пер. с англ./Под ред. С. Уэбба. – М.: Мир, 1991. – 408 с.
 2. Бекман И.Н. Ядерная медицина: физические и химические основы : учебник для бакалавриата и магистратуры / И.Н. Бекман. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 400 с.
 3. Беляев В.Н. Физика ядерной медицины [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В.Н. Беляев, В.А. Климанов. - Москва: НИЯУ МИФИ. Ч.2: Позитронно-эмиссионные сканеры, реконструкция изображений в позитронно-эмиссионной томографии, комбинированные системы ПЭТ/КТ и ОФЭКТ/ПЭТ, кинетика радиофармпрепаратов, радионуклидная терапия, внутренняя дозиметрия, радиационная безопасность. - [Б. м.], 2012. – 248 с. - Текст: электронный // URL: http://library.mephi.ru/pdftunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=IATEM_EPHI&PATH=book-mephi%2FBelyaev_Fizika_yadernoj_mediciny_Ch.2_Uchebnoe_posobie_2012.pdf
 4. Вебстер Дж. Г., Камышко И.В., Калашник Д.А. Медицинские приборы [Текст]: Разработка и применение. - М.: Медицинская книга, 2004. - 704 с.
 5. Зубков Ю.Н. Лекции по медицинской физике : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Зубков. – Ульяновск: УлГУ, 2011. – 285 с.
 6. Калантаров К.Д., Калашников С.Д., Костылев В.А. Аппаратура и методики радионуклидной диагностики в медицине. – М.: ЗАО «ВНИИМП-ВИТА», 2002. – 122 с.
 7. Климанов В.А. Радиационная дозиметрия [Электронный ресурс]: монография / В.А. Климанов, Е. А. Крамер-Агеев, В.В. Смирнов; ред. В.А. Климанов. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2014. – 648 с. - Текст: электронный // URL: http://library.mephi.ru/pdftunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=1760A4_E9E1HP2M0T5I117&PATH=book-mephi%2FKlimanov_Radiatsionnaya_dozimetriya_2014.pdf
 8. Климанов В.А. Физика ядерной медицины [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В.А. Климанов. - Москва: НИЯУ МИФИ. Ч.1: Физический фундамент ядерной медицины, устройство и основные характеристики гамма-камер и коллиматоров-излучения, однофотонная эмиссионная томография, реконструкция и распределений активности радионуклидов в организме человека, получение радионуклидов. - [Б. м.], 2012. – 308 с. - Текст: электронный // URL: http://library.mephi.ru/pdftunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=IATEM_EPHI&PATH=book-mephi%2FKlimanov_Fizika_yadernoj_mediciny_Ch.1_2012.pdf
 9. Королюк, И.П. Беседы о ядерной медицине [Текст] / И.П. Королюк, А.Ф. Цыб. - М.: Молодая гвардия, 1988. - 192 с.
 10. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Медицинская физика – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2008. – 464 с.
 11. Кузьмина, Н.Б. Что такое ядерная медицина? [Электронный ресурс] / Н.Б. Кузьмина. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2012. – 32 с. - Текст: электронный // URL: http://library.mephi.ru/pdftunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=IATEM_EPHI&PATH=book-mephi%2FKuzmina%2C_Chto_takoe_yadernaya_medecina_20112.pdf
 12. Лещенко В.Г. Медицинская и биологическая физика: учеб. пособие / В.Г. Лещенко, Г.К. Ильич. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 552 с.
 13. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 132 с.

14. Матусевич Е.С., Манохин В.Н. Источники ионизирующего излучения для ядерной медицины : учебное пособие. – Обнинск: ФЭИ, 2010. – 159 с.
15. Наркевич, Б.Я. Физические основы ядерной медицины [Текст]: учебное пособие / Б.Я. Наркевич, В.А. Костылев. - Москва: АМФ-Пресс, 2001. - 59 с.
16. Паркер, Р. Основы ядерной медицины [Текст] / Паркер Р., Смит П., Тейлор Д. - М.: Энергоиздат, 1981. - 304 с.
17. Ратнер Т.Г., Лютова Н.А. Клиническая дозиметрия. Теоретические основы и практическое применение. - М.: «Весть», 2006. - 268 с.
18. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: Учеб. для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: Дрофа, 2003. – 560 с.
19. Труфанов Г.Е. Лучевая диагностика: Учебник Т.1. / под ред. Труфанова Г.Е. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 416 с.
20. Труфанов Г.Е. Лучевая терапия: учебник / [Г.Е. Труфанов, М.А. Асатурян, Г.М. Жаринов, В.Н. Малаховский]; под ред. Г.Е. Труфанова – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 208 с.
21. Улин С.Е., Михайлов В.Н., Никитаев В.Г. и др. Физические методы медицинской интроскопии : учебное пособие. – М.: МИФИ, 2009. – 308 с.
22. Уэбб С., Данс Д., Эванс С. Физика визуализации изображений в медицине: В 2-х томах. Т. 1: Пер. с англ./Под ред. С. Уэбба. – М.: Мир, 1991. – 408 с.
23. Федорова В.Н., Степанова Л.А. Краткий курс медицинской и биологической физики с элементами реабилитологии. Лекции и семинары: учебное пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 624 с.
24. Цыб А.Ф., Ульяненко С.Е., Мардынский Ю.С. Нейтроны в лечении злокачественных новообразований: научно-методическое пособие. – Обнинск: БИСТ, 2003. - 112 с.
25. Черняев, А.П. Ядерно-физические методы в медицине [Текст]: учеб. пособие / А.П. Черняев; МГУ им. М. В. Ломоносова; НИИ ЯФ им. Д.В. Скobelьцына. - Москва: КДУ; Университетская книга, 2016. – 190 с.
26. Hendee William R., Ritenour Russell E. Medical Imaging Physics. Fourth edition by Wiley-Liss, Inc., New York, 2002. – 513 p.
27. Hornak Joseph P. The Basics of MRI. - Текст: электронный // URL: <https://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/>.
28. Wernick Miles N., Aarsvold John N. Emission tomography. The Fundamentals of PET and SPECT. Elsevier Academic Press, San Diego, California, USA, 2004. – 576 p.

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Медицинская физика - электронный журнал [Официальный сайт]. — URL: <http://medphys.amphr.ru/>
2. BioMed Central (BMC) - научное издательство [Официальный сайт]. — URL: <https://www.biomedcentral.com/>
3. eLibrary.Ru - российская научная электронная библиотека, интегрированная с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) [Официальный сайт]. — URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>
4. Elsevier Science - научное издательство [Официальный сайт]. — URL: <https://www.elsevier.com/>, <https://elsevierscience.ru/>
5. Frontiers - научное издательство [Официальный сайт]. — URL: <https://www.frontiersin.org/>
6. Health Physics - журнал [Официальный сайт]. — URL: <https://journals.lww.com/health-physics/pages/default.aspx>
7. Journal of Medical Physics - журнал [Официальный сайт]. — URL: <https://wwwjmp.org.in/>
8. Medical Physics - международный научный журнал [Официальный сайт]. — URL: <https://www.medphys.org/>

9. Physics in Medicine and Biology - журнал [Официальный сайт]. — URL: <https://iopscience.iop.org/journal/0031-9155>
10. PubMed - англоязычная текстовая база данных медицинских и биологических публикаций [Официальный сайт]. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
11. ScienceDirect - база научных публикаций [Официальный сайт]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/>
12. Scopus - крупнейшая международная единая база данных, содержащая аннотации и информацию о цитируемости рецензируемой научной литературы [Официальный сайт]. — URL: <https://www.scopus.com/>
13. Springer - международное научное издательство [Официальный сайт]. — URL: <https://www.springer.com/gp, https://link.springer.com/>
14. Web of Science – одна из ведущих международных баз данных, содержащая аннотации и информацию о цитируемости рецензируемой научной литературы [Официальный сайт]. — URL: <https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science/>
15. World Nuclear Association - Всемирная ядерная ассоциация [Официальный сайт]. — URL: <https://www.world-nuclear.org/>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины – комплекс рекомендаций и разъяснений, позволяющий обучающимся оптимальным образом организовать процесс изучения как теоретического учебного материала дисциплины, так и подготовки к практическим и лабораторным занятиям, в том числе проводимым с использованием активных и интерактивных технологий обучения.

Методические указания приведены в Приложениях:

1. Методические рекомендации по освоению дисциплины «Расчет полей ионизирующего излучения в лучевой терапии»;
2. Методические рекомендации по преподаванию дисциплины «Расчет полей ионизирующего излучения в лучевой терапии»;
3. Методические указания к самостоятельной работе студента по оформлению рефератов по дисциплине «Расчет полей ионизирующего излучения в лучевой терапии»;
4. Методические рекомендации «Словарь терминов по учебной дисциплине «Расчет полей ионизирующего излучения в лучевой терапии».

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешенном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- создание и управление классами;
- создание курсов;
- организация записи учащихся на курс;
- предоставление доступа к учебным материалам для учащихся;
- публикация заданий для учеников;

- оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения;
- организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий:

- использование компьютерного тестирования по итогам изучения разделов дисциплины;
- проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной образовательной среды;
- использование электронных презентаций при проведении практических занятий;
- использование обучающих видеофильмов;
- использование текстового редактора Microsoft Word;
- использование табличного редактора Microsoft Excel;
- использование текстового редактора NoteBook (Блокнот).

12.2. Перечень программного обеспечения:

- компьютерная контрольно-обучающая тестовая программа с открытой лицензией (оболочка MyTestX);
- лицензированная контрольно-обучающая тестовая программа с возможностью использования on-line «Indigo»;
- программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель Windows Media Player);
- текстовый редактор Microsoft Word;
- табличный редактор Microsoft Excel;
- редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
- текстовый редактор NoteBook (Блокнот);
- браузер – Google Chrome.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс, <http://www.consultant.ru/> (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
- 2) электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK;
- 3) электронно-библиотечная система «Айбукс», <https://ibooks.ru/>;
- 4) электронно-библиотечная система издательства «Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 5) электронно-библиотечная система «Юрайт», <https://urait.ru/>;
- 6) базы данных электронной библиотечной системы «Консультант студента», <https://www.studentlibrary.ru/>;
- 7) электронно-библиотечная система BOOK.ru, <https://book.ru/>;

- 8) базовая версия электронно-библиотечной системы IPRbooks, <https://iprbooks.ru/>;
- 9) научная электронная библиотека eLIBRARY, <https://www.elibrary.ru/>.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оснащение лекционных занятий:

- компьютер Карин7-E7500 INTEL PENTIUM E7500 (3 шт.);
- телевизор LED: LCD Samsung LE46D550K1W 46" (116 см) (1 шт.);
- ноутбук Asus F3Q00Jr T2130 15.4" WXGA (1 шт.);
- проектор ACER P5290 (1 шт.);
- видеолекции и лекции в форме мультимедийных презентации по дисциплине, компьютерные тестирующие программы для промежуточного и итогового контроля знаний, учебные фильмы.

Оснащение практических и лабораторных занятий:

Лаборатория медицинской радиационной физики отдела радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России:

- помещение №108 (установка для нейтронной терапии на базе генератора НГ-14 (операторская));
- помещение №109 (комплекс протонной терапии «Прометеус» (операторская), оборудование для ежедневного контроля IMRT полей и контроля качества терапевтического пучка линейных ускорителей);
- аудитория №201 (зал для проведения конференций);
- аудитория №205 (учебный класс).

Лаборатория разработки и эксплуатации облучающей техники отдела радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России:

- помещение №108 (установка для нейтронной терапии на базе генератора НГ-14 (нейтронный каньон));
- помещение №109 (комплекс протонной терапии «Прометеус» (синхротронный зал), комплект дозиметрического оборудования производства PTW Freiburg, Германия);
- помещение №311а (ускоритель электронов «NOVAC-11» (ускорительный зал));
- аудитория №201 (зал для проведения конференций);
- аудитория №205 (учебный класс).

Отделение клинической дозиметрии и топометрии МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России:

- конференц зал рентгенологического корпуса;
- здание №4:
 - симулятор Philips SLS,
 - аппарат для брахитерапии Gamma med +,
 - ускоритель Elekta Synergy S,
 - ускоритель Philips SI 20,
 - ускоритель PhilipsSI 75,
 - гамма-терапевтический аппарат Terabalt.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид занятий (лекции, практические и лабораторные занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1.	Раздел 1. Радиобиологические основы лучевой терапии	лекции	4	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	- ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
2.	Раздел 2. Основные дозиметрические величины и их применение для расчета дозы в дистанционной фотонной терапии	лекции	6	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	- ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
3.	Раздел 3. Данные пациента, поправки, позиционирован	лекции	4	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов

	ие	практические занятия	2	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	- ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
4.	Раздел 4. Данные пациента, поправки, позиционирование	лекции	6	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	4	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	4	- ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
5.	Раздел 5. Определение формы поля и дозы на кожу. Разделение полей	лекции	2	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	- ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета

6.	Раздел 6. Трехмерное дозиметрическое планирование дистанционной гамма-терапии	лекции	4	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	- ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
7.	Раздел 7. Электронная лучевая терапия	лекции	6	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	- ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
8.	Раздел 8. Лучевая терапия пучками протонов и и тяжелых ионов	лекции	8	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий

		лабораторные занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
9.	Раздел 9. Нейтронная терапия	лекции	2	<ul style="list-style-type: none"> - демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
10.	Раздел 10. Лучевая терапия с поперечной модуляцией интенсивности пучка (IMRT)	лекции	6	<ul style="list-style-type: none"> - демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
11.	Раздел 11. Брахитерапия	лекции	2	<ul style="list-style-type: none"> - демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов

		практические занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
12.	Раздел 12. Стереотактическая радиохирургия и лучевая терапия	лекции	2	<ul style="list-style-type: none"> - демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
13.	Раздел 13. Оптимизация лучевой терапии	лекции	2	<ul style="list-style-type: none"> - демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	<ul style="list-style-type: none"> - ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета

14.	Раздел 14. Радионуклидная терапия	лекции	4	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	- ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета
15.	Раздел 15. Гарантия качества в лучевой терапии	лекции	4	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	2	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
		лабораторные занятия	2	- ситуационные задачи; - компьютерные симуляции; - работа с технической и научной документацией; - работа с приборами и системами расчета

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки

№ п/п	Разделы дисциплины	Тема, выносимая для самостоятельного изучения	Самостоятельная работа обучающихся под контролем преподавателя	Количество ак. ч.

1.	Раздел 1. Радиобиологические основы лучевой терапии	1.1. Роль радиобиологии в лучевой терапии. Временной масштаб процессов в радиобиологии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
2.		1.2. Основы радиобиологии опухолей	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
3.		1.3. Основы радиобиологии нормальных тканей	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
4.		1.4. Фракционирование дозы в лучевой терапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
5.	Раздел 2. Основные дозиметрические величины и их применение для расчета дозы в дистанционной фотонной терапии	2.1. Основные величины, используемые для описания поля фотонов в радиационной физике	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
6.		2.2. Фантомные материалы. Процентная глубинная доза и ее свойства	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
7.		2.3. Отношения «ткань-воздух» (OTB или TAR) и рассеивание-воздух (OPB или SAR) и их свойства	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1

8.		2.4. Система дозиметрических расчетов для мегавольтных пучков. Расчет мониторных единиц	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
9.		2.5. Нерегулярные поля	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
10.		2.6. Простые практические методы расчета глубинных распределений. Приближенные аналитические модели для расчета поглощенной дозы	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
11.	Раздел 3. Изодозовые распределения	3.1. Изодозовые кривые. Параметры изодозовых кривых	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
12.		3.2. Клиновидные фильтры	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
13.		3.3. Облучение несколькими полями. Облучение в наклонной плоскости	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
14.		3.4. Изоцентрическое облучение. Облучение с клиньями	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1

15.		3.5. Дозовая спецификация для терапии внешними пучками. Гистограммы «доза-объем»	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
16.	Раздел 4. Данные пациента, поправки, позициониро вание	4.1. Введение. Классификация рака. Планирование лучевого лечения. Получение данных о пациенте	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
17.		4.2. Симулирование и проверка облучения. Поправки на нерегулярность контуров и негомогенность ткани	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
18.		4.3. Метод дифференциального отношения рассеяние-воздух (DSAR)	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
19.		4.4. Поглощенная доза внутри негомогенности. Тканевая компенсация	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
20.		4.5. Расчет дозовых распределений в условиях нарушения электронного равновесия	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
21.		4.6. Перемещение пациента и органов. Позиционирование и иммобилизация пациентов	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2

22.	Раздел 5. Определение формы поля и дозы на кожу. Разделение полей	5.1. Введение. Блокирование поля	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
23.		5.2. Кожная доза	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
24.		5.3. Разделение смежных полей	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
25.	Раздел 6. Трехмерное дозиметричес- кое планировани- е дистанционн- ой гамма- терапии	6.1. Особенности 2-, 2,5- и 3-мерного дозиметрического планирования. Классификация алгоритмов расчета дозы, применяемых в 3-МДП	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
26.		6.2. Геометрия элементарных источников и их ядра	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
27.		6.3. Метод дифференциального тонкого луча. Метод тонкого луча. Метод конечного тонкого луча (КТЛ)	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
28.	Раздел 7. Электронная лучевая терапия	7.1. Современное состояние. Взаимодействие электронов с веществом	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1

29.		7.2. Дозиметрические характеристики клинических электронных пучков	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
30.		7.3. Фантомы для дозиметрии электронных пучков. Влияние негомогенностей на дозовое распределение от электронных пучков. Нерегулярные поверхности	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
31.		7.4. Клиническое применение электронных пучков	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	1
32.		7.5. Методы расчета 3-мерных дозовых распределений от пучков электронов	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
33.	Раздел 8. Лучевая терапия пучками протонов и и тяжелых ионов	8.1. Особенности протонной терапии. История развития протонной лучевой терапии. Краткая характеристика взаимодействия протонов с веществом	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
34.		8.2. Структура и оборудование клинических центров протонной лучевой терапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
35.		8.3. Система формирования дозового поля. Дозиметрические величины	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2

36.		8.4. Аналитическая аппроксимация глубинного дозового распределения широкого пучка. Метод тонкого луча	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
37.		8.5. Аналитический расчет дозы от протонов с учетом негомогенностей. Аналитическая модель Улмера	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
38.		8.6. Расчет дозового распределения на основе измерения флюенса протонов в воздухе	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
39.		8.7. Применение метода Монте-Карло для расчета доз от протонов. Лучевая терапия пучками ионов	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
40.	Раздел 9. Нейтронная терапия	9.1. Особенности нейтронной терапии. Дистанционная терапия быстрыми нейтронами	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
41.		9.2. Нейтрон-захватная терапия	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
42.		9.3. Преимущества и ограничения весовых факторов и взвешенной дозы в нейтронной и нейтрон-захватной терапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2

43.	Раздел 10. Лучевая терапия с поперечной модуляцией интенсивности пучка (IMRT)	10.1. Общее описание и сравнение конформной лучевой терапии и лучевой терапии с поперечной модуляцией интенсивности пучка. Краткий исторический обзор	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
44.		10.2. Методы получения пучков с модулированной интенсивностью	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
45.		10.3. Планирование облучения и расчет доз для фотонных пучков с модулированной интенсивностью. Обратное планирование облучения: проблема оптимизации	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
46.		10.4. Позиция края светового поля для лепестков с закругленными и сфокусированными концами. Смещение края радиационного поля. Утечка излучения через лепестки	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
47.		11.1. Особенности и классификация брахитерапии. Источники ионизирующего излучения для брахитерапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
48.	Раздел 11. Брахитерапия	11.2. Расчет дозовых распределений в брахитерапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4

49.		11.3. Клиническое применение и дозиметрические системы. Радиобиология брахитерапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
50.	Раздел 12. Стереотактические радиохирургия и лучевая терапия	12.1. Введение. Стереотактическая рама	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
51.		12.2. Установки для стереотактического облучения	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
52.		12.3. Планирование стереотактического облучения	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
53.	Раздел 13. Оптимизация лучевой терапии	13.1. Общее описание оптимизации. Физические целевые функции. Дозовые ограничения и ограничения типа доза-объем	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
54.		13.2. Биологические модели, используемые для сравнительной оценки дозиметрических планов облучения	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
55.		13.3. Биологические целевые функции оптимизации. Алгоритмы оптимизации лучевой терапии. Оптимизация облучения в брахитерапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	6

56.	Раздел 14. Радионуклид ная терапия	14.1. История развития радионуклидной терапии. Выбор радионуклида. Выбор носителя радионуклида. Сфера клинического применения РФП	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
57.		14.2. Дозиметрическое обеспечение РНТ. Практическое применение формализма MIRD	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
58.		14.3. Планирование радионуклидной терапии. Преимущества и недостатки радионуклидной терапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4
59.	Раздел 15. Гарантия качества в лучевой терапии	15.1. Определения. Требования системы качества. Базис для определения толерантных пределов. Точность, достигнутая в настоящее время. Ошибки и аварии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
60.		15.2. Общая программа ГК. Гарантия качества оборудования, используемого в дистанционной терапии и брехитерапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
61.		15.3. Гарантия качества при разработке и вводе в эксплуатацию алгоритмов планирования облучения	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2

62.		15.4. Гарантия качества процесса планирования облучения	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	2
63.		15.5. Система планирования облучения и гарантия качества	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	4

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с **нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий. Доклад так же может быть представлен в письменной форме (в виде реферата). При этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.). С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете/экзамене может быть увеличено.

Для лиц с **нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических

факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата). При этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета/экзамена может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета/экзамена. В таком случае зачет/экзамен сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составила:

Ю.А. Беликова – ведущий инженер Центра биотехнологий

Рецензент:

А.А. Котляров – начальник отделения биотехнологий, доктор медицинских наук, профессор

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа рассмотрена на заседании отделения биотехнологий (протокол № ____ от « ____ » 20 ____ г.)	Руководитель образовательной программы «Ядерно-физические технологии в медицине» направления подготовки 03.03.02 «Физика» « ____ » 20 ____ г. _____ А.А. Котляров
	Начальник отделения биотехнологий « ____ » 20 ____ г. _____ А.А. Котляров

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины разработана в отделении биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Рассмотрена на заседании отделения биотехнологий и рекомендована к одобрению Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ (протокол № <u>9/1</u> от « <u>21</u> » <u>04</u> <u>2023</u> г.)	Начальник отделения биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ A.A. Котляров
---	--

