

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 BIOTEХНОЛОГИЙ**

Одобрено на заседании

УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол № 3-8/2022 от 30.08.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
(ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ)**

для магистров направления подготовки

03.04.02 Физика

образовательная программа

«Инновационные технологии в ядерной медицине»

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2022 г.

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

### **Цель изучения дисциплины:**

получение знаний об основных инновационных технологиях ядерной медицины и их применении в лучевой диагностике и терапии, физических основах инновационных технологий ядерной медицины, специализированных центрах лучевой диагностики и терапии в мире и в России, перспективах развития инновационных технологий ядерной медицины.

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

### **Задачи изучения дисциплины:**

- получение знаний об основных инновационных технологиях ядерной медицины и их применении в лучевой диагностике и терапии, физических основах инновационных технологий ядерной медицины, специализированных центрах лучевой диагностики и терапии в мире и в России, перспективах развития инновационных технологий ядерной медицины;
- овладение навыком экспериментального определения параметров пучка и дозового распределения для протонов различных энергий;
- овладение навыком формирования планов протонной лучевой терапии;
- овладение навыком применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;
- овладение навыком определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ**

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части блока «Дисциплины» программы магистратуры и относится к общенаучному модулю.

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

- Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации
- История и методология науки и производства
- Клиническая дозиметрия и радиационная безопасность в медицинской радиологии
- Медико-физические основы компьютерной томографии
- Медико-физические основы радионуклидной диагностики
- Производственная практика: научно-исследовательская работа
- Радиационная патология человека
- Ядерно-физические технологии и РФП

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

- Новые технологии в ядерной медицине
- Онкология
- Производственная практика: преддипломная практика
- Радиационная гигиена

Дисциплина изучается на I курсе в I и II семестрах.

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

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

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности	З-ОПК-1 – Знать: фундаментальные законы и принципы физики; основы психологии и педагогики. У-ОПК-1 – Уметь: применять полученные знания для решения научно-исследовательских задач в своей профессиональной деятельности; представлять законы и принципы физики в виде математических уравнений, формул, графиков, качественного описания; применять основы психологии, методики преподавания в педагогической деятельности. В-ОПК-1 – Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач в области экспериментальной и теоретической физики; педагогическими технологиями, необходимыми для ведения преподавательской деятельности.
ОПК-4	Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности	З-ОПК-4 – Знать: основные этапы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности. У-ОПК-4 – Уметь: проводить анализ потенциальных сфер внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности. В-ОПК-4 – Владеть: навыками апробации результатов научных исследований.

### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Не требуется

### 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		
	I	II	Всего
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>64</b>
В том числе:			
<i>лекции</i>	16	16	32

<i>практические занятия</i>	16	16	32
<b>Промежуточная аттестация</b>	+	<b>36</b>	<b>36</b>
В том числе:			
<i>зачет с оценкой</i>	+	-	+
<i>экзамен</i>	-	36	36
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>			
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	<b>112</b>	<b>148</b>	<b>260</b>
<b>Всего (часы):</b>	<b>144</b>	<b>216</b>	<b>360</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>

## 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
1-10	<b>1. Протонная терапия</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			<b>56</b>
1-2	1.1. Адронная терапия как метод лечения рака. Историческая справка	2	4			14
3-5	1.2. Физические основы протонной терапии. Преимущества и недостатки протонной терапии	2				14
6-8	1.3. Центры протонной терапии в мире и в России. Компании-производители комплексов протонной терапии	2	4			14
9-10	1.4. Современное состояние и перспективы протонной терапии	2				14
11-18	<b>2. Ионная (углеродная) терапия</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			<b>56</b>
11-13	2.1. Физические основы ионной терапии. Преимущества углеродной терапии, по сравнению с протонной терапией	4	4			20
14-16	2.2. Центры углеродной терапии в мире и в России	2	4			18
17-18	2.3. Современное состояние и перспективы углеродной терапии	2				18
	<b>Итого за I семестр:</b>	<b>16</b>	<b>16</b>			<b>112</b>
1-10	<b>3. Нейтронная терапия</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			<b>124</b>
1-3	3.1. Нейтронная терапия как метод лечения рака. Историческая справка	4				40
4-6	3.2. Лучевая терапия на быстрых нейтронах	2	4			42
7-10	3.3. Лучевая терапия на эпитепловых/тепловых нейтронах. Нейтрон-захватная терапия	2	4			42
11-20	<b>4. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			<b>124</b>
11-13	4.1. Основы ПЭТ	4				40
14-16	4.2. ПЭТ/КТ	2	4			42
17-20	4.3. ПЭТ-МРТ	2	4			42
	<b>Итого за II семестр:</b>	<b>16</b>	<b>16</b>			<b>148</b>

<b>Всего:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>260</b>
---------------	-----------	-----------	--	------------

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
<b>I семестр</b>		
1-10	<b>1. Протонная терапия</b>	
1-2	1.1. Адронная терапия как метод лечения рака. Историческая справка	<p>Этапы развития адронной лучевой терапии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использование исследовательских пучков, поиск оптимальных видов, энергий излучения;</li> <li>- переход к использованию специализированных медицинских источников, определение показаний;</li> <li>- создание специализированных центров, унификация параметров источников излучения, стандартизация методик.</li> </ul> <p>Протонная терапия показана не менее 20% от всех больных, нуждающихся в лучевом лечении:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опухоли, расположенные вблизи критических с точки зрения радиочувствительности структур (предстательная, поджелудочная железа и т.д.);</li> <li>- опухоли у детей;</li> <li>- опухоли, требующие эскалации суммарной очаговой дозы (хордомы, хондросаркомы);</li> <li>- повторное облучение опухолей;</li> <li>- неоперабельные или рецидивирующие после оперативных вмешательств опухоли.</li> </ul> <p>Некоторые факты о протонной терапии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- более 60 лет клинического использования (с 1954 г. в Беркли, США);</li> <li>- около 60 действующих центров;</li> <li>- 40 центров в процессе строительства или подготовки к вводу в эксплуатацию;</li> <li>- более 150000 больных облучены протонами;</li> <li>- максимальный клинический опыт – Лома-Линда (США) – около 20000 больных;</li> <li>- реальная пропускная способность специализированных протонных центров – 300-1000 человек в год.</li> </ul>
3-5	1.2. Физические основы протонной терапии. Преимущества и недостатки протонной терапии	<p>Дозовое распределение протонов различных энергий.</p> <p>Преимущества протонной терапии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- низкий или отсутствующий уровень облучения тканей, окружающих опухоль;</li> <li>- более низкая интегральная доза облучения за</li> </ul>

	<p>курс лечения; возможность снизить риск побочных эффектов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- возможность улучшения качества жизни пациентов во время и после лечения;</li> <li>- самая высокая прецизионность (точность);</li> <li>- возможность увеличения суммарной очаговой дозы;</li> <li>- применяется для повторного облучения;</li> <li>- возможность облучения опухолей, расположенных вблизи критических структур;</li> <li>- безболезненное удаление опухоли.</li> </ul> <p>Преимущества пространственного распределения дозы при адронной терапии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- контролируемый пробег протонов в веществе, жестко зависящий от энергии пучка и плотности тканей;</li> <li>- минимальное облучение нормальных тканей позади мишени;</li> <li>- резкий градиент дозы по краю поля;</li> <li>- увеличение ионизации в конце пробега пучка (пик Брэгга).</li> </ul> <p>Радиобиологические преимущества плотноионизирующих излучений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- слабая зависимость действия от насыщения клеток кислородом;</li> <li>- малая зависимость действия от фазы клеточного цикла;</li> <li>- низкая вероятность репарации сублетальных повреждений;</li> <li>- слабая разница в радиочувствительности различных клеточных штаммов;</li> <li>- возможность «щажения» костной ткани, биологическая рациональность.</li> </ul> <p>Преимущества сканирующего пучка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отсутствие болюса;</li> <li>- отсутствие коллиматора;</li> <li>- применение технологии модуляции интенсивности протонного излучения (ИМПТ);</li> <li>- минимальная доза от вторичных частиц;</li> <li>- высокий КПД использования энергии пучка;</li> <li>- выигрыш для сложных по форме мишеней;</li> <li>- низкая лучевая нагрузка на кожу;</li> <li>- возможность одновременного буста.</li> </ul> <p>Недостатки протонной терапии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стоимость;</li> <li>- отсутствие рандомизированных исследований, больших метаанализов;</li> <li>- для пассивно рассеянных пучков – наличие вторичных нейтронов;</li> </ul>
--	---

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- необходимость учета неомогенности мишени;</li> <li>- необходимость «перекрашивания» для подвижных мишеней и сканирующих пучков.</li> </ul> <p>Система модуляции пробега протонов: пассивный и активный способ формирования дозового поля протонного пучка.</p> <p>Способы иммобилизации при проведении протонной терапии: гантри, стол и кресло пациента.</p>
6-8	1.3. Центры протонной терапии в мире и в России. Компании-производители комплексов протонной терапии	<p>Протонные центры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- источник протонов (циклотрон, синхротрон);</li> <li>- гантри (или его заменители);</li> <li>- строения, инфраструктура (размер источника, число кабин);</li> <li>- эксплуатационные затраты;</li> <li>- альтернативные облучатели.</li> </ul> <p>Центры протонной терапии в мире – 80 центров, 190000 больных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Loma Linda University Proton Center (Лома-Линда, США);</li> <li>- Rinecker Proton Therapy Center (Мюнхен, Германия).</li> </ul> <p>Протонные центры в России.</p> <p>Исследовательские пучки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ОИЯИ, Дубна;</li> <li>- ИТЭФ, Москва;</li> <li>- ПИЯФ, Санкт-Петербург.</li> </ul> <p>Специализированные центры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- МРНЦ («Прометеус»), Обнинск;</li> <li>- РНЦРР, Москва;</li> <li>- НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, Москва;</li> <li>- НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, Москва;</li> <li>- МИБС («VARIAN», 2 кабины), Санкт-Петербург;</li> <li>- РНЦРХТ, Санкт-Петербург;</li> <li>- ФНКЦРиО ФМБА («ИВА», 4 кабины), Дмитровград.</li> </ul> <p>Производители протонных терапевтических комплексов в мире и их доля на рынке:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IVA Proton Therapy (Бельгия) – лидер рынка (используется в Дмитровграде);</li> <li>- Mitsubishi (Япония);</li> <li>- Hitachi (Япония);</li> <li>- Varian Medical Systems (США), (используется в Санкт-Петербурге);</li> <li>- Sumitomo Heavy Industries (Япония);</li> <li>- Siemens (Германия);</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optivus Proton Therapy (США);</li> <li>- Mevion Medical Systems (США);</li> <li>- Compact Particle Acceleration Corporation (США);</li> <li>- ProNova Solutions, LLC (США);</li> <li>- Protom International (США) – ЗАО «ПРОТОМ» (Россия), (используется в Протвино, Обнинске).</li> </ul>
9-10	1.4. Современное состояние и перспективы протонной терапии	<p>Технические аспекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- создание специализированных серийных медицинских источников адронов;</li> <li>- совершенствование параметров пучков;</li> <li>- уменьшение размеров, стоимости комплексов, эксплуатационных затрат;</li> <li>- наличие крупных конкурирующих компаний.</li> </ul> <p>Медицинские аспекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- гипофракционирование;</li> <li>- рандомизированные исследования;</li> <li>- сравнение лучших результатов протонной и фотонной лучевой терапии;</li> <li>- сравнение планов протонной и различных вариантов фотонной лучевой терапии;</li> <li>- дополнительная специализация радиационных онкологов.</li> </ul> <p>Современное состояние протонной терапии в мире:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 71 действующий центр, 45 строится (США – 27/12), еще 25 планируется;</li> <li>- более 150000 больных облучены протонами (из них более 18000 за 2016 год);</li> <li>- максимальный клинический опыт – Лома-Линда (США) – около 20000 больных;</li> <li>- реальная пропускная способность протонных центров – 300-1000 человек в год;</li> <li>- 27 протонных центров в США, из них 12 открылись в 2015-2017 годах (13 – в Японии (3 за три года));</li> <li>- Scripps Proton Therapy Center , San Diego, USA обанкротился через три года после открытия;</li> <li>- протонная терапия в 2-3 раза дороже современной фотонной терапии (Medicare 2012 – в 2,2 раза, 941\$/421\$ за фракцию);</li> <li>- в США страховые компании отказывают в оплате протонной терапии до 30% пригодных пациентов;</li> <li>- Death Star (Amitabh Chandra, Harvard University), но Bortfield Th. and Loeffler S.(2017) считают, что стоимость протонной терапии сравняется с фотонной в ближайшие 5-10 лет.</li> </ul> <p>Перспективы протонной терапии в мире:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- еще около 40 центров будут введены в</li> </ul>



		<p>эксплуатацию в ближайшие несколько лет;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- включение в стандарты лечения стран, где построены современные протонные центры;</li> <li>- тренд на снижение стоимости, повышение доступности;</li> <li>- соответствие лучшим образцам фотонной терапии по лечебным опциям;</li> <li>- незначительный вклад в объемы современной мировой лучевой терапии.</li> </ul> <p>Направления снижения стоимости протонной терапии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использование существующей медицинской инфраструктуры;</li> <li>- сокращение числа кабин;</li> <li>- модификация способов подведения пучка;</li> <li>- сокращение эксплуатационных затрат;</li> <li>- увеличение объемов производства.</li> </ul> <p>Наиболее перспективно использование сканирующего пучка и лечение под контролем образцов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опухоли, расположенные вблизи критических с точки зрения радиочувствительности структур;</li> <li>- опухоли у детей;</li> <li>- опухоли, требующие эскалации суммарной очаговой дозы;</li> <li>- повторное облучение опухолей.</li> </ul> <p>Необходимые ближайшие шаги в России:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- создание сети протонных центров (не менее 6);</li> <li>- создание протоколов клинической апробации;</li> <li>- координация исследовательской деятельности между протонными центрами;</li> <li>- создание стандартов протонной терапии;</li> <li>- включение протонной терапии в систему высокотехнологичной медицинской помощи.</li> </ul>
11-18	<b>2. Ионная (углеродная) терапия</b>	
11-13	2.1. Физические основы ионной терапии. Преимущества углеродной терапии, по сравнению с протонной терапией	Дозовое распределение ионов углерода различных энергий. Особенности пика Брэгга при ионной терапии. Преимущества углеродной терапии. Преимущества пространственного распределения дозы. Радиобиологические преимущества ионного излучения. Биологическая рациональность. Недостатки углеродной терапии.
14-16	2.2. Центры углеродной терапии в мире и в России	<p>Центры ионной терапии в мире:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 центров терапии ионами углерода – 28000 больных.</li> </ul> <p>Центры углеродной терапии в мире:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- HIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator), Chiba Japan;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heavy Ion Therapy Center, Gunma Japan;</li> <li>- Центр адронной терапии MedAustron, Австрия;</li> <li>- Центр по изучению тяжёлых ионов имени Гельмгольца, Дармштадт, Германия.</li> </ul> <p>Центры ионной лучевой терапии в России:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- совместный проект МРНЦ (Обнинск) и ИФВЭ (Протвино);</li> <li>- медико-технический комплекс лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для адронной терапии (Дубна).</li> </ul>
17-18	2.3. Современное состояние и перспективы углеродной терапии	<p>Перспективы терапии ионами углерода в мире:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- исследовательский метод;</li> <li>- преимущества пространственного распределения дозы + радиобиологические преимущества;</li> <li>- «статусный» метод, маркер уровня развития страны;</li> <li>- понятен потенциал использования (опосредованно);</li> <li>- в России – создание центров терапии ионами углерода.</li> </ul>
<b>II семестр</b>		
1-10	<b>3. Нейтронная терапия</b>	
1-3	3.1. Нейтронная терапия как метод лечения рака. Историческая справка	<p>Историческая справка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1932 г. – открытие нейтрона;</li> <li>- 1938-1943 гг. – первое клиническое применение нейтронов в Беркли, пролечено 226 пациентов;</li> <li>- в 1966 г. – начато лечение пациентов в Хаммерсмитском госпитале, Великобритания.</li> </ul> <p>Всего в мире – 25 центров нейтронной терапии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Европа – 10;</li> <li>- США и Канада – 7;</li> <li>- Россия – 3 (до 2004 г.): Томск, Челябинск-70;</li> <li>- Япония – 2;</li> <li>- Южная Корея – 1;</li> <li>- Саудовская Аравия – 1;</li> <li>- Африка – 1.</li> </ul> <p>Центры нейтронной терапии в России:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ФЭИ, НИФХИ, МРНЦ (Обнинск);</li> <li>- НИИ ЯФ, НИИ онкологии (Томск);</li> <li>- ВНИИТФ, Челябинский ООД (Снежинск);</li> <li>- медико-технический комплекс лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для адронной терапии (Дубна).</li> </ul> <p>Дозовое распределение нейтронов различных энергий.</p>

		<p>Преимущества нейтронной терапии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- радиобиологические преимущества;</li> <li>- разнообразный клинический опыт;</li> <li>- доказанная эффективность для ряда опухолей;</li> <li>- возможность сочетания с конформной лучевой терапией;</li> <li>- стоимость сопоставима со стоимостью фотонной терапии.</li> </ul> <p>Недостатки нейтронной терапии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- риск вторичных онкологических заболеваний;</li> <li>- отсутствие консенсуса по «оптимальным» пучкам;</li> <li>- негативный опыт ряда центров;</li> <li>- отсутствие новых препаратов для нейтрон-захватной терапии.</li> </ul>
4-6	3.2. Лучевая терапия на быстрых нейтронах	<p>Показания для терапии на быстрых нейтронах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опухоли слюнных желез;</li> <li>- различные саркомы;</li> <li>- рак предстательной железы;</li> <li>- метастазы в лимфоузлы шеи;</li> <li>- опухоли головы и шеи;</li> <li>- рак молочной железы;</li> <li>- меланома;</li> <li>- рецидивные опухоли;</li> <li>- рак верхушки легкого.</li> </ul> <p>Центры терапии на быстрых нейтронах в мире – 5-6 центров, более 30000 больных.</p> <p>Особенности терапии на быстрых нейтронах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствуют требованиям доказательной медицины;</li> <li>- низкая конформность;</li> <li>- высокий расчетный риск радиационно-индуцированных опухолей;</li> <li>- использование в самостоятельном варианте высокоэнергетических пучков;</li> <li>- отсутствие серийных установок для терапии на быстрых нейтронах.</li> </ul>
7-10	3.3. Лучевая терапия на эпитепловых/тепловых нейтронах. Нейтрон-захватная терапия	<p>Показания для нейтрон-захватной терапии.</p> <p>Центры терапии на эпитепловых/тепловых нейтронах в мире – 7 центров, более 1000 больных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Helsinki University Hospital (Neutron Therapeutics) и др.</li> </ul> <p>Особенности терапии на эпитепловых нейтронах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- длительный опыт использования с отдельными впечатляющими результатами;</li> <li>- прогресс, достигнутый в создании источников эпитепловых нейтронов для медицинских целей;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- маленькая исследовательская «ниша», появление альтернатив;</li> <li>- отсутствие современных препаратов для нейтрон-захватной терапии.</li> </ul>
11-20	<b>4. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)</b>	
11-13	4.1. Основы ПЭТ	<p>Историческая справка о возникновении ПЭТ (позитронно-эмиссионной томографии). Аннигиляция позитрона в системе ПЭТ. Энергетический спектр фотонов. Схема совпадений в ПЭТ-камере. Система регистрации фотонов. Радионуклиды и радиофармпрепараты для ПЭТ.</p> <p>Клиническое применение ПЭТ для диагностики заболеваний, измерения кровотока по артериям, выявления функциональных изменений головного мозга. Достоинства и недостатки ПЭТ.</p>
14-16	4.2. ПЭТ/КТ	<p>ПЭТ/КТ (позитронно-эмиссионная томография – компьютерная томография) – это метод диагностики заболеваний, при котором совмещается исследование структуры и функциональных особенностей тканей.</p> <p>Историческая справка о возникновении метода ПЭТ/КТ.</p> <p>Наиболее востребована эта технология в онкологии для диагностики и определения степени распространения злокачественных новообразований.</p> <p>Содержание:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описание технологии ПЭТ/КТ;</li> <li>- преимущества и недостатки ПЭТ;</li> <li>- виды препаратов для проведения ПЭТ;</li> <li>- когда показано проведение ПЭТ/КТ;</li> <li>- противопоказания к ПЭТ/КТ;</li> <li>- подготовка к ПЭТ;</li> <li>- прохождение диагностики ПЭТ/КТ;</li> <li>- осложнения и побочные эффекты ПЭТ/КТ;</li> <li>- лучевая нагрузка на пациента при ПЭТ-сканировании.</li> </ul> <p>Основные поставщики ПЭТ/КТ установок – Siemens (Германия), GE Healthcare (Британия) и Philips (Нидерланды).</p>
17-20	4.3. ПЭТ-МРТ	<p>В настоящее время активно ведутся разработки и появились первые образцы установок совмещающих ПЭТ с МРТ (позитронно-эмиссионная томография – магнитно-резонансная томография).</p> <p>Для ряда случаев применение МРТ будет более информативно, чем использование компьютерной</p>

		<p>томографии. Магнитно-резонансная томография позволяет получить точное изображения всех тканей, и оно не заслоняется костными структурами, как в случае с КТ. Дополнительным плюсом в использовании МРТ совмещенной с позитронно-эмиссионной томографией будет снижение лучевой нагрузки на организм пациента, так как в отличие от КТ при МР-томографии не используется ионизирующее излучение. Первые образцы ПЭТ-МРТ установок появились в Израиле и США. В России, к сожалению, в данный момент такого оборудования пока еще нет.</p> <p>Историческая справка о возникновении метода ПЭТ-МРТ.</p> <p>Содержание:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описание технологии ПЭТ-МРТ;</li> <li>- преимущества и недостатки ПЭТ;</li> <li>- виды препаратов для проведения ПЭТ;</li> <li>- когда показано проведение ПЭТ-МРТ;</li> <li>- противопоказания к ПЭТ-МРТ;</li> <li>- подготовка к ПЭТ;</li> <li>- прохождение диагностики ПЭТ-МРТ;</li> <li>- осложнения и побочные эффекты ПЭТ-МРТ;</li> <li>- лучевая нагрузка на пациента при ПЭТ-сканировании;</li> <li>- сравнение с ПЭТ-КТ.</li> </ul> <p>Поставщики ПЭТ-МРТ установок – Philips (Нидерланды), Siemens (Германия), GE (США).</p>
--	--	---

*Практические занятия*

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>I семестр</b>		
1-10	<b>1. Протонная терапия</b>	
1-2	1.1. Адронная терапия как метод лечения рака. Историческая справка	<p>Протонный терапевтический комплекс «Прометеус» (МРНЦ, Обнинск).</p> <p>В МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал «НМИЦ радиологии» МЗ РФ, в г. Обнинске создан и введен в эксплуатацию комплекс для высокоточной радиотерапии онкологических больных тонким сканирующим пучком протонов на базе российской установки «Прометеус» (разработка ЗАО «ПРОТОМ», г. Протвино).</p> <p>23 ноября 2015 года состоялось лечение первого пациента на протонном комплексе «Прометеус»,</p>

		<p>запущенном в Протвино.  29 марта 2016 года состоялся физический пуск аналогичной установки в Обнинске, до момента которого врачами МРНЦ им. А.Ф. Цыба пролечено более 60 пациентов (проведено около 2000 сеансов облучения опухолей головы и шеи) на комплексе, расположенном в Протвино.  В настоящий момент на комплексе пролечено 320 пациентов.</p> <p>Комплекс позволяет проводить протонную терапию больных с опухолями различных локализаций, включая опухоли головного мозга, саркомы основания черепа и примыкающих к шейному отделу спинного мозга областей, опухоли головы и шеи, простаты, лёгких, молочной железы и др.  Терапия протонами позволяет сфокусировать пучок на опухоли, находящейся в глубине здоровой ткани, при этом риск облучения здоровых тканей минимальный, что выигршно отличает эту технологию от традиционных методов лучевой терапии.</p> <p>Виды лечения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- лечение опухолей головы и шеи (конвенциональное облучение, стереотаксическая радиотерапия, радиохирurgia;</li> <li>- неоперабельные или рецидивирующие после оперативных вмешательств опухоли, расположенные вблизи критических с точки зрения радиочувствительности структур (хиазма, зрительные нервы, ствол мозга, спинной мозг);</li> <li>- опухоли, требующие эскалации суммарной очаговой дозы (хордомы, хондросаркомы);</li> <li>- повторное облучение опухолей (не менее чем через год после предшествующего облучения, при отсутствии метастазов в других областях).</li> </ul> <p>В ближайших планах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- начало лечения пациентов в положении лежа;</li> <li>- расширение спектра локализаций.</li> </ul>
6-8	1.3. Центры протонной терапии в мире и в России. Компании-производители комплексов протонной терапии	<p>Сердцем протонного терапевтического комплекса «Прометеус» является малогабаритный синхротрон (диаметр 5 м, масса 20 т), который не имеет аналогов в мире.</p> <p>Технические характеристики:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- компактный синхротрон: вес около 20 тонн, диаметр кольца 5 метров, диапазон энергий от 30 до 330 МэВ;</li> <li>- площадь помещений ~ 100 кв.м;</li> <li>- фиксированный сканирующий пучок</li> </ul>

	<p>протонов: IMPT (intensity modulated proton therapy), размер поля 40x10 см;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- диаметр пучка 4-6 мм;</li> <li>- вращающееся кресло пациента (360°);</li> <li>- конусный КТ.</li> </ul> <p>Система фиксации пациента. Кресло пациента: при проведении сеанса облучения горизонтальным сканирующим протонным пучком пациент располагается в специализированном кресле, которое может перемещаться вокруг своей оси.</p> <p>Основные преимущества: кресло позволяет применить уникальный подход – облучение опухоли за сеанс с 1 до 36 направлений в зависимости от плана облучения.</p> <p>Альтернатива гантри: использование кресла вместо многотонной системы гантри значительно удешевило стоимость терапии и упростило монтаж установки.</p> <p>Области применения: злокачественные новообразования в области головы и шеи, меланома глаза, опухоли головного мозга, опухоли в области основания черепа, опухоли гипофиза.</p> <p>Стандарты фиксации пациента. Для фиксации пациента при непосредственной процедуре облучения используются т.н. термопластичные маски, основа для которых разогревается на водяной бане, а затем надевается непосредственно на пациента с целью придания маске индивидуальных форм и размером. Маски хранятся на протяжении всего курса лечения, и делаются лишь один раз – во время первого планового сеанса.</p> <p>Компактный синхротрон. Ускоритель протонов: Составной и основной частью комплекса протонной терапии «Прометеус» является ускоритель протонов. Это относительно компактное устройство диаметром 5 метров, весом 25 тонн.</p> <p>Низкое энергопотребление: Для установки не требуется специальное охлаждение и своя подстанция, потребляет 50 кВт электроэнергии.</p> <p>Безопасность и простота эксплуатации: Радиация вокруг установки находится на уровне природного фона, обслуживать ее может один</p>
--	---

		<p>человек в смену, не считая медицинского персонала.</p> <p>Удобство размещения: Для размещения используются помещения типовых лечебных учреждений, весь комплекс умещается в зале 7 на 10 метров.</p> <p>Примеры процесса лечения. В реальных условиях время облучения не превышало 15 минут, а среднее время составляло 5 минут 52 секунды для 3587 случаев, что более чем соответствует принятым стандартам. Среднее время пребывания пациента в процедурной комнате составляло 10 минут 12 секунд для первых 82 пациентов. Фактическое количество частиц, доставляемых в опухоль для каждого пациента в среднем - <math>9.1 \times 10^{10}</math>. Статистика: за 2017-2020 гг. пролечено 320 пациентов.</p> <p>Экспериментальное определение параметров пучка и дозового распределения для энергий протонов 50-70 МэВ и 100-200 МэВ.</p> <p>Дозовое распределение и микроструктура выпуска протонного пучка при энергии 120 и 100 МэВ.</p> <p>Процесс лечения пациента. Примеры планов протонной лучевой терапии.</p> <p>Расширение эксплуатационных возможностей протонного комплекса «Прометеус»: - лечение в положении лежа; - увеличение размеров полей облучения; - совершенствование терапевтического стола; - облучение подвижных мишеней.</p>
11-18	<b>2. Ионная (углеродная) терапия</b>	
11-13	2.1. Физические основы ионной терапии. Преимущества углеродной терапии, по сравнению с протонной терапией	Дозовое распределение ионов углерода различных энергий. Особенности пика Брэгга при ионной терапии. Преимущества углеродной терапии. Преимущества пространственного распределения дозы. Радиобиологические преимущества ионного излучения. Биологическая рациональность. Недостатки углеродной терапии.
14-16	2.2. Центры углеродной терапии в мире и в России	<p>Центр ионной лучевой терапии в России: - совместный проект МРНЦ (Обнинск) и ИФВЭ (Протвино).</p> <p>История создания. Характеристик установки. Процесс лечения пациента. Примеры планов протонной лучевой терапии.</p>
<b>II семестр</b>		



1-10	<b>3. Нейтронная терапия</b>	
4-6	3.2. Лучевая терапия на быстрых нейтронах	<p>Центры нейтронной терапии в России:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- НИИ ЯФ, НИИ онкологии (Томск);</li> <li>- ВНИИТФ, Челябинский ООД (Снежинск);</li> <li>- медико-технический комплекс лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для адронной терапии (Дубна).</li> </ul>
7-10	3.3. Лучевая терапия на эпитепловых/тепловых нейтронах. Нейтрон-захватная терапия	<p>Центры нейтронной терапии в России:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ФЭИ, НИФХИ, МРНЦ (Обнинск).</li> </ul>
11-20	<b>4. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)</b>	
14-16	4.2. ПЭТ/КТ	<p>Содержание:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описание технологии ПЭТ/КТ;</li> <li>- преимущества и недостатки ПЭТ;</li> <li>- виды препаратов для проведения ПЭТ;</li> <li>- когда показано проведение ПЭТ/КТ;</li> <li>- противопоказания к ПЭТ/КТ;</li> <li>- подготовка к ПЭТ;</li> <li>- прохождение диагностики ПЭТ/КТ;</li> <li>- осложнения и побочные эффекты ПЭТ/КТ;</li> <li>- лучевая нагрузка на пациента при ПЭТ-сканировании.</li> </ul> <p>Основные поставщики ПЭТ/КТ установок – Siemens (Германия), GE Healthcare (Британия) и Philips (Нидерланды).</p>
17-20	4.3. ПЭТ-МРТ	<p>Содержание:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описание технологии ПЭТ-МРТ;</li> <li>- преимущества и недостатки ПЭТ;</li> <li>- виды препаратов для проведения ПЭТ;</li> <li>- когда показано проведение ПЭТ-МРТ;</li> <li>- противопоказания к ПЭТ-МРТ;</li> <li>- подготовка к ПЭТ;</li> <li>- прохождение диагностики ПЭТ-МРТ;</li> <li>- осложнения и побочные эффекты ПЭТ-МРТ;</li> <li>- лучевая нагрузка на пациента при ПЭТ-сканировании;</li> <li>- сравнение с ПЭТ-КТ.</li> </ul> <p>Поставщики ПЭТ-МРТ установок – Philips (Нидерланды), Siemens (Германия), GE (США).</p>

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

1. Методические рекомендации по освоению дисциплины «Перспективные ядерные технологии (инновационные технологии ядерной медицины)» утвержденные на заседании отделения биотехнологий, протокол № 11 от «07» июня 2021 г.;
2. Методические рекомендации по преподаванию дисциплины «Перспективные ядерные технологии (инновационные технологии ядерной медицины)» утвержденные на заседании отделения биотехнологий, протокол № 11 от «07» июня 2021 г.;

3. Методические указания к самостоятельной работе студента по оформлению рефератов по дисциплине «Перспективные ядерные технологии (инновационные технологии ядерной медицины)» утвержденные на заседании отделения биотехнологий, протокол № 11 от «07» июня 2021 г.;
4. Методические рекомендации «Словарь терминов по учебной дисциплине «Перспективные ядерные технологии (инновационные технологии ядерной медицины)» 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
<b>Текущая аттестация, I семестр</b>			
1.	Раздел 1. Протонная терапия	<p><b>ОПК-1</b> - Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности:</p> <p>З-ОПК-1 – Знать: фундаментальные законы и принципы физики; основы психологии и педагогики.</p> <p>У-ОПК-1 – Уметь: применять полученные знания для решения научно-исследовательских задач в своей профессиональной деятельности; представлять законы и принципы физики в виде математических уравнений, формул, графиков, качественного описания; применять основы психологии, методики преподавания в педагогической деятельности.</p> <p>В-ОПК-1 – Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач в области экспериментальной и теоретической физики; педагогическими технологиями, необходимыми для ведения преподавательской деятельности.</p> <p><b>ОПК-4</b> - Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности:</p> <p>З-ОПК-4 – Знать: основные этапы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p>У-ОПК-4 – Уметь: проводить анализ потенциальных сфер внедрения результатов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дискуссия;</li> <li>- домашнее задание;</li> <li>- задача;</li> <li>- контрольная работа;</li> <li>- доклад;</li> <li>- презентация;</li> <li>- реферат</li> </ul>

		научных исследований в области своей профессиональной деятельности В-ОПК-4 – Владеть: навыками апробации результатов научных исследований	
2.	Раздел 2. Ионная (углеродная) терапия	<p><b>ОПК-1</b> - Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности:</p> <p>З-ОПК-1 – Знать: фундаментальные законы и принципы физики; основы психологии и педагогики.</p> <p>У-ОПК-1 – Уметь: применять полученные знания для решения научно-исследовательских задач в своей профессиональной деятельности; представлять законы и принципы физики в виде математических уравнений, формул, графиков, качественного описания; применять основы психологии, методики преподавания в педагогической деятельности.</p> <p>В-ОПК-1 – Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач в области экспериментальной и теоретической физики; педагогическими технологиями, необходимыми для ведения преподавательской деятельности.</p> <p><b>ОПК-4</b> - Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности:</p> <p>З-ОПК-4 – Знать: основные этапы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p>У-ОПК-4 – Уметь: проводить анализ потенциальных сфер внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p>В-ОПК-4 – Владеть: навыками апробации результатов научных исследований</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дискуссия;</li> <li>- домашнее задание;</li> <li>- задача;</li> <li>- контрольная работа;</li> <li>- доклад;</li> <li>- презентация;</li> <li>- реферат</li> </ul>
<b>Промежуточная аттестация, I семестр</b>			

	Зачет с оценкой	<p><b>ОПК-1</b> - Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности:</p> <p>З-ОПК-1 – Знать: фундаментальные законы и принципы физики; основы психологии и педагогики.</p> <p>У-ОПК-1 – Уметь: применять полученные знания для решения научно-исследовательских задач в своей профессиональной деятельности; представлять законы и принципы физики в виде математических уравнений, формул, графиков, качественного описания; применять основы психологии, методики преподавания в педагогической деятельности.</p> <p>В-ОПК-1 – Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач в области экспериментальной и теоретической физики; педагогическими технологиями, необходимыми для ведения преподавательской деятельности.</p> <p><b>ОПК-4</b> - Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности:</p> <p>З-ОПК-4 – Знать: основные этапы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p>У-ОПК-4 – Уметь: проводить анализ потенциальных сфер внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p>В-ОПК-4 – Владеть: навыками апробации результатов научных исследований</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зачетная работа;</li> <li>- контроль по итогам;</li> <li>- тестирование</li> </ul>
<b>Текущая аттестация, II семестр</b>			
3.	Раздел 3. Нейтронная терапия	<p><b>ОПК-1</b> - Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности:</p> <p>З-ОПК-1 – Знать: фундаментальные законы и принципы физики; основы психологии и педагогики.</p> <p>У-ОПК-1 – Уметь: применять полученные знания для решения научно-исследовательских задач в своей профессиональной деятельности; представлять законы и принципы физики в виде математических уравнений, формул, графиков, качественного описания; применять</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дискуссия;</li> <li>- домашнее задание;</li> <li>- задача;</li> <li>- контрольная работа;</li> <li>- доклад;</li> <li>- презентация;</li> <li>- реферат</li> </ul>

		<p>основы психологии, методики преподавания в педагогической деятельности.</p> <p><b>В-ОПК-1</b> – Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач в области экспериментальной и теоретической физики; педагогическими технологиями, необходимыми для ведения преподавательской деятельности.</p> <p><b>ОПК-4</b> - Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности:</p> <p><b>З-ОПК-4</b> – Знать: основные этапы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p><b>У-ОПК-4</b> – Уметь: проводить анализ потенциальных сфер внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p><b>В-ОПК-4</b> – Владеть: навыками апробации результатов научных исследований</p>	
4.	Раздел 4. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)	<p><b>ОПК-1</b> - Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности:</p> <p><b>З-ОПК-1</b> – Знать: фундаментальные законы и принципы физики; основы психологии и педагогики.</p> <p><b>У-ОПК-1</b> – Уметь: применять полученные знания для решения научно-исследовательских задач в своей профессиональной деятельности; представлять законы и принципы физики в виде математических уравнений, формул, графиков, качественного описания; применять основы психологии, методики преподавания в педагогической деятельности.</p> <p><b>В-ОПК-1</b> – Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач в области экспериментальной и теоретической физики; педагогическими технологиями, необходимыми для ведения преподавательской деятельности.</p> <p><b>ОПК-4</b> - Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности:</p> <p><b>З-ОПК-4</b> – Знать: основные этапы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дискуссия;</li> <li>- домашнее задание;</li> <li>- задача;</li> <li>- контрольная работа;</li> <li>- доклад;</li> <li>- презентация;</li> <li>- реферат</li> </ul>

		<p>У-ОПК-4 – Уметь: проводить анализ потенциальных сфер внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p>В-ОПК-4 – Владеть: навыками апробации результатов научных исследований</p>	
<b>Промежуточная аттестация, II семестр</b>			
Экзамен	<p><b>ОПК-1</b> - Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности:</p> <p>З-ОПК-1 – Знать: фундаментальные законы и принципы физики; основы психологии и педагогики.</p> <p>У-ОПК-1 – Уметь: применять полученные знания для решения научно-исследовательских задач в своей профессиональной деятельности; представлять законы и принципы физики в виде математических уравнений, формул, графиков, качественного описания; применять основы психологии, методики преподавания в педагогической деятельности.</p> <p>В-ОПК-1 – Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач в области экспериментальной и теоретической физики; педагогическими технологиями, необходимыми для ведения преподавательской деятельности.</p> <p><b>ОПК-4</b> - Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности:</p> <p>З-ОПК-4 – Знать: основные этапы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p>У-ОПК-4 – Уметь: проводить анализ потенциальных сфер внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p>В-ОПК-4 – Владеть: навыками апробации результатов научных исследований</p>	<p>- задание;</p> <p>- контроль по итогам;</p> <p>- тестирование</p>	

## 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**
<b>I семестр</b>			
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>7-8</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
<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
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
<i>контрольная работа</i>		9 (60% от 15)	15
<i>реферат</i>		9 (60% от 15)	15
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – 60% от максимума</b>	<b>40</b>
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>-</b>	<b>24 (60% от 40)</b>	<b>40</b>
<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
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>
<b>II семестр</b>			

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

\* - 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
<b>90-100</b>	5 - «отлично»/«зачтено»	<b>A</b>	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
<b>85-89</b>	4 - «хорошо»/«зачтено»	<b>B</b>	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
<b>75-84</b>		<b>C</b>	
<b>70-74</b>		<b>D</b>	
<b>65-69</b>	3 - «удовлетворительно»/		Оценка «удовлетворительно»



60-64	«зачтено»	Е	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
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	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

### а) основная учебная литература:

1. 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.
2. Зубков Ю.Н. Лекции по медицинской физике : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Зубков. – Ульяновск: УлГУ, 2011. – 285 с.
3. 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=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FKlimanov\\_Radiobiologicheskoe\\_i\\_dozimetricheskoe\\_planirov\\_Ch.1\\_2011.pdf](http://library.mephi.ru/pdftunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FKlimanov_Radiobiologicheskoe_i_dozimetricheskoe_planirov_Ch.1_2011.pdf)
4. 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/pdftunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FKlimanov\\_Radiobiologicheskoe\\_i\\_dozimetricheskoe\\_planirovanie\\_2011.pdf](http://library.mephi.ru/pdftunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FKlimanov_Radiobiologicheskoe_i_dozimetricheskoe_planirovanie_2011.pdf)
5. 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/pdfunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FKlimanov\\_Fizika\\_yadernoj\\_mediciny\\_Ch.1\\_2012.pdf](http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FKlimanov_Fizika_yadernoj_mediciny_Ch.1_2012.pdf)
6. Комплекс протонного излучения МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России [Официальный сайт]. — URL: <https://protonbeam.ru/>
  7. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Медицинская физика – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2008. – 464 с.
  8. Курс лекций по адронной лучевой терапии: презентации / К.Б. Гордон, И.А. Гулидов, МРНЦ им. А.Ф. Цыба. – 2017-2020.
  9. Лещенко В.Г. Медицинская и биологическая физика: учеб. пособие / В.Г. Лещенко, Г.К. Ильич. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 552 с.
  10. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 132 с.
  11. Наркевич, Б.Я. Физические основы ядерной медицины [Текст]: учебное пособие / Б.Я. Наркевич, В.А. Костылев. - Москва: АМФ-Пресс, 2001. - 59 с.
  12. 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.
  13. Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Заглавная\\_страница](https://ru.wikipedia.org/wiki/Заглавная_страница)
  14. Улин С.Е., Михайлов В.Н., Никитаев В.Г. и др. Физические методы медицинской интроскопии : учебное пособие. – М.: МИФИ, 2009. – 308 с.
  15. Университетская клиника Гейдельберга [Официальный сайт]. — URL: <https://www.heidelberg-university-hospital.com/ru/zabolevanija-i-metody-lechenija/nacionalnyi-centr-lechenija-opukholevykh-zabolevanii/luchevaja-terapija-protonami-i-tjazhelymi-ionami>
  16. 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.
  17. Центр лучевой терапии тяжелыми ионами в Гейдельберге [Электронный ресурс]. — URL: <https://oncogermany.de/Radiotherapy-center-heavy-ions/>
  18. Gesellschaft für Schwerionenforschung [Официальный сайт]. — URL: <https://www.gsi.de/en/start/news>

**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. 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/pdfunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FBelyaev\\_Fizika\\_yadernoj\\_mediciny\\_Ch.2\\_Uchebnoe\\_posobie\\_2012.pdf](http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FBelyaev_Fizika_yadernoj_mediciny_Ch.2_Uchebnoe_posobie_2012.pdf)
3. Вебстер Дж. Г., Камышко И.В., Калашник Д.А. Медицинские приборы [Текст]: Разработка и применение. - М.: Медицинская книга, 2004. - 704 с.
4. Калантаров К.Д., Калашников С.Д., Костылев В.А. Аппаратура и методики радионуклидной диагностики в медицине. – М.: ЗАО «ВНИИМП-ВИТА», 2002. – 122 с.
5. 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/pdfunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=1760A4E9E1HP2M0T5I117&PATH=book-mephi%2FKlimanov\\_Radiatsionnaya\\_dozimetriya\\_2014.pdf](http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=1760A4E9E1HP2M0T5I117&PATH=book-mephi%2FKlimanov_Radiatsionnaya_dozimetriya_2014.pdf)

6. Королюк, И.П. Беседы о ядерной медицине [Текст] / И.П. Королюк, А.Ф. Цыб. - М.: Молодая гвардия, 1988. - 192 с.
7. 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/pdfunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FKuzmina%2C\\_Chto\\_takoe\\_yadernaya\\_medecina\\_20112.pdf](http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=ИАТЭ+НИЯУ+МИФИ&Z21ID=ИАТЕМЕРНИ&PATH=book-mephi%2FKuzmina%2C_Chto_takoe_yadernaya_medecina_20112.pdf)
8. Матусевич Е.С., Манохин В.Н. Источники ионизирующего излучения для ядерной медицины : учебное пособие. – Обнинск: ФЭИ, 2010. – 159 с.
9. Паркер, Р. Основы ядерной медицины [Текст] / Паркер Р., Смит П., Тейлор Д. - М.: Энергоиздат, 1981. - 304 с.
10. Ратнер Т.Г., Лютова Н.А. Клиническая дозиметрия. Теоретические основы и практическое применение. - М.: «Весть», 2006. - 268 с.
11. Труфанов Г.Е. Лучевая диагностика: Учебник Т.1. / под ред. Труфанова Г.Е. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 416 с.
12. 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.
13. 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.
14. Цыб А.Ф., Ульяненко С.Е., Мардынский Ю.С. Нейтроны в лечении злокачественных новообразований: научно-методическое пособие. – Обнинск: БИСТ, 2003. - 112 с.
15. Черняев, А.П. Ядерно-физические методы в медицине [Текст]: учеб. пособие / А.П. Черняев; МГУ им. М. В. Ломоносова; НИИ ЯФ им. Д.В. Скобельцына. - Москва: КДУ; Университетская книга, 2016. – 190 с.
16. Hendee William R., Ritenour Russell E. Medical Imaging Physics. Fourth edition by Wiley-Liss, Inc., New York, 2002. – 513 p.
17. Hornak Joseph P. The Basics of MRI. - Текст: электронный // URL: <https://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/>.
18. 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 (ВМС) - 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://www.jmp.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 занятиям, в том числе проводимым с использованием активных и интерактивных технологий обучения.

Методические указания приведены в Приложениях:

1. Методические рекомендации по освоению дисциплины «Перспективные ядерные технологии (инновационные технологии ядерной медицины)»;
2. Методические рекомендации по преподаванию дисциплины «Перспективные ядерные технологии (инновационные технологии ядерной медицины)»;
3. Методические указания к самостоятельной работе студента по оформлению рефератов по дисциплине «Перспективные ядерные технологии (инновационные технологии ядерной медицины)»;
4. Методические рекомендации «Словарь терминов по учебной дисциплине «Перспективные ядерные технологии (инновационные технологии ядерной медицины)».

## **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 смешанном 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](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 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 Sl 20,
  - ускоритель PhilipsSl 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. Протонная терапия	лекции	8	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	8	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
2.	Раздел 2. Ионная (углеродная) терапия	лекции	8	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	8	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
3.	Раздел 3. Нейтронная терапия	лекции	8	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов
		практические занятия	8	- участие в научных конференциях; - реферативная работа; - ситуационные задачи, кейсы, деловая игра; - компьютерные симуляции; - дискуссия по теме занятия; - тренинговые формы проведения практических занятий
4.	Раздел 4. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)	лекции	8	- демонстрация таблиц, слайдов, специализированных профессиональных изображений, инструментов и аппаратов; - показ учебных видеоматериалов

		практические занятия	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>- участие в научных конференциях;</li> <li>- реферативная работа;</li> <li>- ситуационные задачи, кейсы, деловая игра;</li> <li>- компьютерные симуляции;</li> <li>- дискуссия по теме занятия;</li> <li>- тренинговые формы проведения практических занятий</li> </ul>
--	--	----------------------	---	--

**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.	<b>Раздел 1. Протонная терапия</b>	1.1. Адронная терапия как метод лечения рака. Историческая справка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба;</li> <li>- участие в научных конференциях;</li> <li>- работа с технической и научной документацией;</li> <li>- реферативная работа</li> </ul>	14
2.		1.2. Физические основы протонной терапии. Преимущества и недостатки протонной терапии	<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба;</li> <li>- участие в научных конференциях;</li> <li>- работа с технической и научной документацией;</li> <li>- реферативная работа</li> </ul>	14
3.		1.3. Центры протонной терапии в мире и в России. Компании-производители комплексов протонной терапии	<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба;</li> <li>- участие в научных конференциях;</li> <li>- работа с технической и научной документацией;</li> <li>- реферативная работа</li> </ul>	14
4.		1.4. Современное состояние и перспективы протонной терапии	<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба;</li> <li>- участие в научных конференциях;</li> <li>- работа с технической и научной документацией;</li> <li>- реферативная работа</li> </ul>	14
5.		<b>Раздел 2. Ионная (углеродная) терапия</b>	2.1. Физические основы ионной терапии. Преимущества углеродной терапии, по сравнению с протонной терапией	<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба;</li> <li>- участие в научных конференциях;</li> <li>- работа с технической и научной документацией;</li> <li>- реферативная работа</li> </ul>



6.		2.2. Центры углеродной терапии в мире и в России	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	18
7.		2.3. Современное состояние и перспективы углеродной терапии	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	18
8.	<b>Раздел 3. Нейтронная терапия</b>	3.1. Нейтронная терапия как метод лечения рака. Историческая справка	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	40
9.		3.2. Лучевая терапия на быстрых нейтронах	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	42
10.		3.3. Лучевая терапия на эпитепловых/тепловых нейтронах. Нейтронзахватная терапия	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	42
11.	<b>Раздел 4. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)</b>	4.1. Основы ПЭТ	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	40
12.		4.2. ПЭТ/КТ	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	42

13.		4.3. ПЭТ-МРТ	- работа в отделе радиационной биофизики МРНЦ им. А.Ф. Цыба; - участие в научных конференциях; - работа с технической и научной документацией; - реферативная работа	42
-----	--	--------------	---	----

## 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

<p>Программа рассмотрена на заседании отделения биотехнологий (протокол № ___ от «___» _____ 20__ г.)</p>	<p>Руководитель образовательной программы «Инновационные технологии в ядерной медицине» направления подготовки 03.04.02 «Физика» «__» _____ 20__ г. _____ С.Н. Корякин</p> <p>Начальник отделения биотехнологий «__» _____ 20__ г. _____ А.А. Котляров</p>
---	--

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рассмотрена на заседании отделения  
биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ и  
рекомендована к переутверждению

(протокол № 12 от «06» 06 2022г.)

Начальник отделения биотехнологий ИАТЭ  
НИЯУ МИФИ



А.А. Котляров