

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 ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено

Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 25.08.2025 № 25.8

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИОФАРМАЦИЯ / RADIOPHARMACY

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии

профиль

Radioecology and Radiation Protection

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- получение знаний об основных новых технологиях радиофармацевтики и их применении, физических основах новых технологий в ядерной медицине, специализированных центрах производства радиофармпрепаратов в мире и в России, перспективах развития новых технологий в ядерной медицине.

2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- познакомить с использованием радионуклидов в медицинских целях, способах их получения и контроля качества радиофармпрепаратов;
- обучить применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач;
- создать навыки определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках факультатива и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Ядерная физика / Nuclear physics», «Ядерные технологии / Nuclear technologies», «Радиационная биология / Radiation biology».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Радиационная гигиена / Radiation hygiene», выполнение научно-исследовательской работы, преддипломной практики и выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

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

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

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-3	Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности	З-ПК-3 Знать достижения научно-технического прогресса; У-ПК-3 Уметь применять полученные знания к решению практических задач; В-ПК-3 Владеть методами моделирования физических процессов;
ПК-22.2	Способен обеспечивать организацию и контроль экологической и радиационной безопасности радиационно опасных объектов	З-ПК-22.2 Знать основы дозиметрии и защиты от ионизирующих излучений; принципы организации радиационного и экологического мониторинга и контроля; основы учета и контроля ядерных материалов и радиоактивных веществ; У-ПК-22.2 Уметь анализировать и интерпретировать данные дозиметрического контроля и

		радиационного мониторинга; применять положения нормативно-правовых документов в области экологической и радиационной безопасности, учета и контроля ЯМ, РВ и РАО; В-ПК-22.2 Владеть технологиями анализа данных радиационного мониторинга; навыками использования методик, оборудования и приборов для проведения экологического и радиационного контроля; принципами организации систем радиационной и экологической безопасности.
--	--	--

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:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	
В том числе:	8
лекции	-
практические занятия (из них в форме практической подготовки)	8 (0)
лабораторные занятия (из них в форме практической подготовки)	- (0)
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
зачет с оценкой	-
Самостоятельная работа обучающихся	28
Всего (часы):	36
Всего (зачетные единицы):	1

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	№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы				
			Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
2, 6	1	Теоретические основы радиофармацевтики		4			12
2	1.1	Получение радионуклидов для ядерной медицины		2			6
6	1.2	Основы радиофармацевтической химии		2			6
10, 14	2	Практические аспекты радиофармацевтики		4			16

10	2.1	Контроль качества радиофармпрепаратов		2			8
14	2.2	Структура радиохимической лаборатории в центре ядерной медицины		2			8
		Итого за 2 семестр:	-	8	-	-	28
		Всего:	-	8	-	-	28

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

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс
Не предусмотрен.

Практические/семинарские занятия

Неделя	№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
2, 6	1	Теоретические основы радиофармацевтики	
2	1.1	Получение радионуклидов для ядерной медицины	Использования ядерных реакций с заряженными частицами для получения радионуклидов. Использование ускорителей для получения радионуклидов, применяемых в ядерной медицине. Использования ядерных реакций с нейтронами для получения радионуклидов, применяемых в ядерной медицине. Производство радионуклидов с помощью ядерных реакторов. Радионуклидные генераторы. Типы генераторов и их устройство. Радионуклидные генераторы, применяемые в ядерной медицине. Радионуклиды для диагностических исследований в ядерной медицине. Исходные мишени, ядерные реакции. способы выделения радионуклидов. Радионуклиды для терапии, применяемые в ядерной медицине. Исходные мишени, ядерные реакции. способы выделения радионуклидов. Характеристики радионуклидной продукции: радионуклидная чистота, радиохимическая чистота, удельная активность.
6	1.2	Основы радиофармацевтической химии	Понятие о меченом веществе. Номенклатура меченых органических соединений. Специфика получения соединений. Особенности работы с веществами, содержащими радионуклиды. Методы получения меченых соединений: химический синтез, биосинтез, изотопный обмен. Ядерно-химические и физико-химические методы получения меченых соединений. Понятие радиофармацевтического препарата (РФП). Выбор радионуклидов для РФП. Фармакодинамика и фармакокинетика. Диагностические методы ядерной медицины, использующие РФП: ПЭТ, ОФЭКТ, планарная сцинтиграфия. Ультракороткоживущие радионуклиды для ПЭТ. Методы

			синтеза РФП на их основе. Радионуклиды для ОФЭКТ и планарной сцинтиграфии. Получение РФП на их основе. РФП для терапии на основе Альфа- и бета-излучателей. Применение Оже-эмиттеров. РФП как средства доставки радионуклидов небиогенных элементов. Биологический и химический аспекты. Роль координационной химии. Введение радионуклидов-металлов в биомолекулы
10, 14	2	Практические аспекты радиофармацевтики	
10	2.1	Контроль качества радиофармпрепаратов	Требования, предъявляемые к меченым веществам и РФП. Химическая, радионуклидная и радиохимическая чистота. Радиационная устойчивость меченых соединений и РФП. Авторадиолиз. Предотвращение и ослабление авторадиолиза. Условия хранения меченых соединений и РФП. Методы анализа меченых соединений и РФП. Методы радиохроматографии (ГХ, ВЭЖХ, ТСХ). Биологические тесты. Контроль стерильности. Контроль содержания эндотоксинов (LAL тест).
14	2.2	Структура радиохимической лаборатории в центре ядерной медицины	Национальный стандарт РФ «Правила производства и контроля качества лекарственных средств» (GMP) ГОСТ Р 52249-2009. Нормы и правила в радиационной безопасности. «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009), основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). Лицензирование деятельности по использованию источников ионизирующего излучения

Лабораторные занятия
Не предусмотрены.

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

Примерный перечень видов работ, проводимых самостоятельно:

- Работа с лекционным материалом и рекомендованной литературе по теме: Получение радионуклидов для ядерной медицины.
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: Основы радиофармацевтической химии.
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: Контроль качества радиофармпрепаратов.
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: Структура радиохимической лаборатории в центре ядерной медицины.
- Подготовка к зачету.

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

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№	Контролируемые разделы	Индикатор достижения	Наименование
---	------------------------	----------------------	--------------

п/п	(темы) дисциплины	компетенции	оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 2 семестр			
1.	Раздел 1	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-22.2, У-ПК-22.2, В-ПК-22.2	Контрольная работа №1
2.	Раздел 2	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-22.2, У-ПК-22.2, В-ПК-22.2	Контрольная работа №2
Промежуточная аттестация, 2 семестр			
	Зачет с оценкой	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-22.2, У-ПК-22.2, В-ПК-22.2	Зачетный билет

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
Текущая аттестация	1-16	36	60
Контрольная точка № 1	7-8	18	30
<i>Контрольная работа №1</i>	7	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18	30

Контрольная работа №2	16	18	30
Промежуточная аттестация	-	24	40
Зачет с оценкой	-		
Зачетный билет	-	24	40
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.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом 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 студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64		E	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится

			студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине
--	--	--	--

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

а) основная учебная литература:

1. Kónya J., Nagy N.M. Nuclear and Radiochemistry. First edition. Elsevier. 2012. 418 p.
2. Kratz J-V., Lieser K.H. Nuclear and Radiochemistry. Fundamentals and Applications. Third, Revised Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2013, 913 p.
3. Welch M.J., Redvanly C.S. Handbook of radiopharmaceuticals: Radiochemistry and applications. Wiley, 2005.
4. Zimmermann R. Nuclear Medicine: Radioactivity for Diagnosis and Therapy. EDP Sciences, 2007. 173 p.
5. Lappin G., Temple S. Radiotracers in Drug Development. CRC Press, 2006. 320 p.
6. Pharmaceutical Radiochemistry (I). Munich Molecular Imaging Handbook Series. Series Editor: H.J.Wester. 2010 SCINTOMICS GmbH, Germany.
7. Rhodes B.A., Croft B.Y. Basics of Radiopharmacy. Mosby, 1978. 195 p.

б) дополнительная учебная литература:

1. Скуридин В.С. Методы и технологии получения радиофармпрепаратов: учебное пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442806> (Электронное издание)
2. Матвеев А.В. Ядерная медицина. Радиоизотопы и фармпрепараты: учебное пособие. – Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2016. – <http://www.iprbookshop.ru/59664.html> (Электронное издание)
3. Денисов Е. И. Производство радиоактивных изотопов для медицинского применения: учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015.
4. Кодина Г.Е., Красикова Р.Н.. Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для ядерной медицины. – М.: Изд. дом МЭИ, 2014. – 281 с.
5. Хала И., Навратил Дж. Радиоактивность, ионизирующее излучение и ядерная энергетика. Пер. с англ./под ред. Б.Ф. Мясоедова, С.Н. Калмыкова. – М.: ЛКИ, 2013. – 432 с.
6. Лишманов Ю.Б., Чернов В.И. Национальное руководство по радионуклидной диагностике. – Томск, 2010.
7. Богородская М.А., Кодина Г.Е. Химическая технология радиофармацевтических препаратов; курс лекции: учеб. пособие. – М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, РХТУ им. Д. И. Менделеева. М.: 2010. – 454 с.
8. Климанов В.А. Радионуклидная диагностика. Физические принципы и технологии: [учебное пособие]. – Долгопрудный: Интеллект, 2014.
9. Чернышева М.Г., Бадун Г.А. Меченые соединения в физико-химических и биохимических исследованиях. Лекции и практикум. Пособие. – Изд. Московского университета. 2018. – 55 с.

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

1. Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Заглавная_страница
2. Университетская клиника Гейдельберга [Официальный сайт]. — URL: <https://www.heidelberg-university-hospital.com/ru/zabolevanija-i-metodylechenija/nacionalnyi-centr-lechenija-opukholevykh-zabolevanii/luchevaja-terapija-protonamii-tjazhelyimi-ionami>

3. Центр лучевой терапии тяжелыми ионами в Гейдельберге [Электронный ресурс]. — URL: <https://oncogermany.de/Radiotherapy-center-heavy-ions/>
4. Медицинская физика - электронный журнал [Официальный сайт]. — URL: <http://medphys.amphr.ru/>
5. BioMed Central (BMC) - научное издательство [Официальный сайт]. — URL: <https://www.biomedcentral.com/>
6. eLibrary.Ru - российская научная электронная библиотека, интегрированная с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) [Официальный сайт]. — URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>
7. Elsevier Science - научное издательство [Официальный сайт]. — URL: <https://www.elsevier.com/>, <https://elsevierscience.ru/>
8. Frontiers - научное издательство [Официальный сайт]. — URL: <https://www.frontiersin.org/>
9. Health Physics - журнал [Официальный сайт]. — URL: <https://journals.lww.com/healthphysics/pages/default.aspx>
10. Journal of Medical Physics - журнал [Официальный сайт]. — URL: <https://www.jmp.org.in/>
11. Medical Physics - международный научный журнал [Официальный сайт]. — URL: <https://www.medphys.org/>
12. Physics in Medicine and Biology - журнал [Официальный сайт]. — URL: <https://iopscience.iop.org/journal/0031-9155>
13. PubMed - англоязычная текстовая база данных медицинских и биологических публикаций [Официальный сайт]. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
14. ScienceDirect - база научных публикаций [Официальный сайт]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/>
15. Scopus - крупнейшая международная единая база данных, содержащая аннотации и информацию о цитируемости рецензируемой научной литературы [Официальный сайт]. — URL: <https://www.scopus.com/>
16. Springer - международное научное издательство [Официальный сайт]. — URL: <https://www.springer.com/gp>, <https://link.springer.com/>
17. 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/>
18. World Nuclear Association - Всемирная ядерная ассоциация [Официальный сайт]. — URL: <https://www.world-nuclear.org/>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для оптимальной организации работ по изучению дисциплины студентам следует придерживаться следующих рекомендаций.

В течение семестра студенты должны изучать теоретический материал в соответствии с программой курса, выполнять лабораторные работы, предложенные преподавателем задания к практическим занятиям и самостоятельной работе, готовиться к текущей и промежуточной аттестации, прорабатывая необходимый материал согласно перечню терминов, контрольных вопросов и списку рекомендованной литературы.

Студент должен вести конспект лекций - кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Во время самостоятельной проработки лекционного материала особое внимание следует уделять возникшим вопросам, непонятным терминам, спорным точкам зрения. Такие моменты следует выделить или выписать отдельно для дальнейшего обсуждения на семинарском занятии. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

Практические занятия требуют активного участия всех студентов в обсуждении вопросов, выносимых на семинар. Поэтому важно при подготовке к ним продумать вопросы, которые хотелось бы уточнить. Возможно расширение перечня рассматриваемых вопросов в рамках темы по желанию и предложению обучающихся.

Материал к занятиям можно подобрать в периодических изданиях научного и прикладного характера, выявляя тот, который имеет отношение к современным проблемам радио. Аналитический разбор подобных публикаций помогает пониманию и усвоению теоретического материала, формирует навыки использования различных подходов, решения стандартных задач, развивает способность к нестандартным решениям.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине предполагает более глубокую проработку ими отдельных тем курса, определенных программой. Основными видами и формами самостоятельной работы студентов по данной дисциплине являются:

- проработка учебного (теоретического) материала
- подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка сообщений и докладов к семинарским занятиям;
- подготовка к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, в том числе выполнение индивидуальных заданий;
- подготовка к зачету.

В процессе изучения данной дисциплины учитывается посещаемость лекций, оценивается активность студентов на семинарских занятиях, а также качество и своевременность подготовки теоретических материалов и практических заданий.

При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, материалы семинарских занятий, рекомендуемую литературу и др.

Условием успешного освоения материала и сдачи текущего и промежуточного контроля является систематическая работа в соответствии с учебным планом.

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:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) 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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- использование компьютерного тестирования;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

12.2. Перечень программного обеспечения

- Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
- Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.
- Локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет.

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 Консультант Плюс, 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&Z21ID=&P21DBN=BOOK;
- 3) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, www.book.ru;
- 5) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
- 6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, www.iprbooks.ru;
- 7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» www.studentlibrary.ru;
- 8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.ру/ibooks.ru»;
- 9) <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>
- 10) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>.

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

Для лекционных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная ноутбуком и проектором.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с современными средствами демонстрации (мультимедийное оборудование), а также помещения для самостоятельной работы студентов.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

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

№	Наименование	Вид занятий	Количество	Наименование
---	--------------	-------------	------------	--------------

раздела	раздела	(лекция, семинары, практические занятия)	ак. ч.	активных и интерактивных форм проведения занятий
1	Производство радионуклидов медицинского назначения	Практическое занятие	2	Семинар-конференция
2	Синтез и контроль качества радиофармпрепаратов	Практическое занятие	2	Семинар-конференция
3	Инструментальные средства ядерной медицины	Практическое занятие	2	Семинар-конференция

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

14.3. Краткий терминологический словарь

Альфа-частицы – α -частицы – ядра атомов гелия ^4He , состоят из двух протонов и двух нейтронов. Пробег альфа частиц в воздухе 2-10 см, в биологических тканях, несколько десятков мкм. В воздухе на 1 см пути альфа частица образует 100-250 тыс. пар ионов.

Активность – количество радиоактивных распадов в единицу времени.

Активность молярная – активность 1 моля радиоактивного вещества (с носителем, изотопно-разбавленного или изотопно-чистого).

Активность удельная – активность, приходящаяся на единицу массы вещества.

Активность объемная – активность, приходящаяся на единицу объема раствора (обычно Бк/мл).

Бета излучение – β -излучение – поток частиц (электронов или позитронов), испускаемых ядрами при β -распаде. Пробег их в воздухе составляет до 1 м, в биологических тканях до 1 см.

Время максимального накопления – время, в течение которого достигается максимальная активность облучаемой мишени в реакторе, ускорителе заряженных частиц или дочернего радионуклида в изотопном генераторе.

Выход ядерной реакции – доля налетающих частиц, вступивших в ядерную реакцию.

Генераторы изотопные – системы двух генетически связанных между собой радионуклидов, в которой один – более короткоживущий (дочерний) постоянно генерируется в результате распада другого (материнского), имеющего больший период полураспада.

Дуанты – полые медные электроды D-образной формы в циклотроне.

Изотопы – нуклиды, обладающие одинаковым числом протонов Z , но различным числом нейтронов N и, следовательно, различными массовыми числами $A = N + Z$.

Изотопный носитель – стабильный элемент того же изотопа (радиоактивного), который требуется выделить из пробы.

Компьютерная томография КТ (от греч. tomos – ломать, слой) – метод неразрушающего послойного исследования внутренней структуры объекта посредством многократного его просвечивания в различных пересекающихся направлениях.

Кривая Брэгга – график зависимости потери энергии частицы от глубины проникновения в вещество, имеет ярко выраженный пик незадолго до остановки частицы.

Кюритерапия – терапия с использованием излучения радия-226.

Линейный ускоритель – ускоритель заряженных частиц, в котором частицы проходят ускоряющую структуру (ускоряющий зазор) однократно.

Линия стабильности – область локализации стабильных нуклидов на протонно-нейтронной диаграмме.

Метод радиоактивных индикаторов (меченых атомов) – заключается в том, что радиоактивные атомы в химическом отношении не отличаются от стабильных (за исключением самых лёгких атомов – изотопов водорода).

Метод Сцилларда-Чалмерса – основан на том, что в результате ядерных реакций (n , γ), дочерние радиоактивные атомы стабилизируются в химической форме, отличной от исходной химической формы, в которой находились материнские атомы.

Меченое соединение – химическое соединение, в котором часть обычных атомов заменена радиоактивными того же самого элемента.

Моноизотопный элемент – элемент, представленный в природе только одним стабильным изотопом.

Носитель – элемент одноименный или сходный по химическим свойствам с радиоактивным изотопом, извлекаемым из пробы.

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ, SPECT) – метод визуализации, основанный на регистрации γ -излучения.

Органотропность – способность химического вещества накапливаться в отдельных органах и тканях организма.

Органотропные вещества – вещества, обладающие способностью накапливаться в отдельных органах и тканях организма.

Период полувыведения биологический – время, в течение которого из организма выводится половина находящегося в нем химического соединения.

Период полувыведения эффективный – время, в течение которого из организма выводится половина находящегося в нем количества радионуклида, зависит от скорости радиоактивного распада нуклида и скорости биологического процесса выведения химического соединения, содержащего радионуклид.

Период полураспада ($T_{1/2}$) – время, в течение которого распадается половина исходного количества радиоактивных ядер.

Перфузия – естественное (в ядерной медицине) кровоснабжение органов и тканей.

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ, PET) – метод радионуклидной диагностики, основанный на регистрации аннигиляционных γ -квантов с энергией 511 кэВ.

Проскок материнского радионуклида – отношение активности материнского радионуклида в элюате к его активности в генераторе на момент элюирования.

Радиоактивная метка – радиоактивный атом, замещающий в меченом соединении стабильный атом того же самого элемента.

Радионуклидная примесь (РНП) – доля общей активности, приходящаяся на посторонние радионуклиды.

Радионуклидная чистота (РНЧ) – доля общей активности, приходящаяся на требуемый радионуклид.

Радионуклидный генератор – системы двух генетически связанных между собой радионуклидов, в которой один – более короткоживущий (дочерний) постоянно генерируется в результате распада другого (материнского), имеющего больший период полураспада.

Радиохимическая чистота (РХЧ) – доля активности основного радионуклида в заданной химической форме по отношению к общей активности препарата.

Радиофармацевтический лечебный препарат (РФЛП) – диагностическое или лечебное средство, которое в готовой для использования форме содержат один или несколько радионуклидов.

Радиохимия – область химии, занимающаяся изучением физико-химических и химических свойств радиоактивных изотопов, разработкой методов их выделения, концентрирования и очистки и изучением их поведения при ядерных превращениях.

Радиометрия – это раздел прикладной ядерной физики, который разрабатывает теорию и практику измерения радиоактивности, и идентификацию радиоизотопов.

Радиометры – это приборы с газоразрядными, сцинтилляционными счетчиками и другими детекторами, предназначенные для измерения активности радиоактивных препаратов и источников излучения, для определения плотности потока или интенсивности ионизирующих частиц и квантов, поверхностной радиоактивности предметов, удельной активности аэрозолей, газов и жидкостей.

Спектрометры – приборы, предназначенные для измерения распределения излучения по энергии, заряду и массам.

Сцинтиграмма – диаграмма, отражающая двумерное распределение радиофармпрепарата в какой-либо части тела человека, изображения распределения радиоактивности в организме.

Сцинтиграфия – метод радионуклидного исследования внутренних органов, основанный на визуализации с помощью сцинтилляционной γ -камеры распределения введенного в организм РФЛП.

Томография анатомическая – разрушающая томография, основанная на физическом выполнении срезов исследуемого организма с последующим их исследованием.

Ультракраткоживущие радионуклиды (УКЖР) – радионуклиды, период полураспада которых не превышает 1 часа.

Ускоритель заряженных частиц линейный – ускоритель заряженных частиц, в котором частицы проходят ускоряющую структуру (ускоряющий зазор) однократно.

Ускоритель заряженных частиц циклический – ускоритель тяжелых заряженных частиц (протонов, дейтронов и т.п.), в котором частицы движутся в постоянном однородном магнитном поле, а для их ускорения используется высокочастотное электрическое поле неизменной (но зависящей от массы ускоряемой частицы) частоты.

Циклотрон – ускоритель тяжелых заряженных частиц (протонов, дейтронов и т.п.), в котором частицы движутся в постоянном однородном магнитном поле, а для их ускорения используется высокочастотное электрическое поле неизменной (но зависящей от массы ускоряемой частицы) частоты.

Циклотронная мишень – облучаемое вещество, нанесенное на подложку с высокой теплопроводностью.

Элементы-органогены – элементы, играющие важную роль в организме, в ядерной медицине к ним относятся ультракраткоживущие радионуклиды ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , а также ^{18}F .

Элюат – раствор, вытекающий из хроматографической колонки и содержащий ранее адсорбированное вещество (в ядерной медицине с радионуклидом в той или иной химической форме).

Элюент – специально подобранный растворитель, предназначенный для вымывания из хроматографической колонки адсорбированного вещества.

Эндорadiотерапия – терапия открытыми источниками ионизирующего излучения, введенными в организм пациента.

Эффект Брэгга – отражает динамику взаимодействия заряженной частицы с веществом, показывает, что основную часть энергии частица теряет перед моментом остановки.

Ядерная медицина – дисциплина, связанная с применением открытых (не инкапсулированных) радиоактивных источников для диагностических и терапевтических целей в медицине, а также с целью исследования.

Ядерно-медицинские радионуклиды – радионуклиды с определенными ядерно-физическими свойствами, оптимальными для диагностики и терапии.

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 также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

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.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент 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 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 студентов на семинарских 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 студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент 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 может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет 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:

Н.Б. Эпштейн

профессор отделения биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ,
доктор фармацевтических наук, профессор

Рецензент:

А.А. Котляров

начальник отделения биотехнологий,
доктор медицинских наук, профессор