

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)**

Одобрено на заседании  
УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 г. №23.8

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Ядерная медицина**

*название дисциплины*

---

**04.04.02 «Химия, физика и механика материалов»**

---

образовательная программа

«Фармацевтическое и радиофармацевтическое материаловедение»

Форма обучения: очная

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель изучения дисциплины:

подготовка радиохимиков и медицинских физиков, работающих в области ядерной медицины

### Задачи изучения дисциплины:

– освоение основных понятий ядерной медицины: радионуклидная диагностика и радионуклидная терапия, радиофармацевтический лечебный препарат, метод меченых атомов, органотропность, свойства ионизирующих излучений, компьютерная томография, альтернативные компьютерные методы диагностики;

– изучение физических основ ядерной медицины: ядерная энергия, основные закономерности радиоактивного распада, активность, ядерные реакции, изучение ядерно-физических свойств радионуклидов, предназначенных для диагностического и терапевтического применения в медицине; методы их получения, радионуклидная чистота и радионуклидные примеси, способы их определения;

– освоение навыков расчета активностей облученных мишеней в ядерном реакторе и ускорителе заряженных частиц; расчета изотопного генератора

– знакомство с биологическим действием ионизирующих излучений, дозы: поглощенная, эквивалентная, эффективная; классификация радионуклидов по радиационной опасности. № методы регистрации ионизирующих излучений:

– знакомство с современными устройствами для регистрации излучений в ядерной медицине: однофотонная эмиссионная томография и позитронно-эмиссионная томография;

– изучение методов получения, свойств и способов анализа радиофармацевтических лекарственных препаратов: классификация РФЛП, механизмы локализации в организме; индикаторы перфузии; методы введения радионуклида в состав молекулы-вектора с помощью наборов нерадиоактивных реагентов, химического синтеза и биосинтеза;

– формирование отношения к ядерным технологиям, как эффективному средству повышения качества жизни благодаря успехам в области здравоохранения, экологически чистой энергетики, науки, техники и сельского хозяйства.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ СПЕЦИАЛИТЕТА

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемая участниками образовательных отношений.

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

Электродинамика. Электродинамика сплошных сред

Экология

Ядерная физика

Физика ядерных реакторов

Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений

Основы научно-исследовательской деятельности

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

Медицинские установки и детекторы излучений

Радиационная гигиена

Безопасное обращение с радиоактивными отходами

Радиационная биофизика

Дисциплина изучается на 2 курсе магистратуры в 3 семестре.

### 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:

<i>Код компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
ПК-1	Способен принимать участие в Проведении исследований по оптимизации получения и контроля качества продукции для решения задач в области своей профессиональной деятельности	<p><b>ПК-1 знать:</b> этапы планирования отдельных стадий исследования при наличии общего плана НИР</p> <p><b>ПК-1 уметь:</b> готовить элементы документации и объекты исследования, проводить исследования, проводить поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных, систематизировать информацию, полученную в ходе НИР, анализировать ее и сопоставлять с литературными данными.</p> <p><b>ПК-1 владеть навыками:</b> выбора технических средств и методов испытаний для решения поставленных задач НИР, проведения исследований, анализа и обобщения результатов патентного поиска, определения возможных направлений развития работ и перспектив практического применения полученных результатов.</p>
УКЦ-2	Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	<p><b>УКЦ-2 знать:</b> методики самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования;</p> <p><b>УКЦ-2 уметь:</b> применять методики самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования;</p> <p><b>УКЦ-2 владеть:</b> методиками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования;</p>

**4. 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	Форма обучения	
	Очная	
	Семестр	
	I	Всего
	Количество часов на вид работы:	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	32	32
В том числе:		
<i>лекции</i>	16	16
<i>практические занятия</i>	16	16
<i>лабораторные (клинические практические) занятия</i>		
<b>Промежуточная аттестация</b>		
В том числе:		
<i>зачет</i>	+	+
<i>экзамен</i>	-	-
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	40	40
<b>Всего (часы):</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>2</b>	<b>2</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)**

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)		
		Аудиторные учебные занятия		
		Лек	Пр	СРО
1.	Введение, основные понятия ядерной медицины. Прогресс ядерной медицины в России и за рубежом в XX-XXI вв. Физические основы ядерной медицины	2	2	4
2.	Классификация медицинских радионуклидов по их ядерно-физическим свойствам. Ионизирующие излучения. Диагностические и терапевтические радионуклиды. Радионуклидная терапия. Относительная биологическая эффективность и линейная передача энергии. Механизмы доставки терапевтических радионуклидов в область патологии. Паллиативная терапия.	2	2	4

3.	Биологическое действие ионизирующих излучений. Основы дозиметрии	2	2	6
4.	Искусственные радионуклиды для ядерной медицины, получение, классификация по методам получения.	2	2	6
5.	Методы визуализации в ядерной медицине. Однофотонная радионуклидная диагностика и позитронно-эмиссионная томография	2	2	4
6.	РФЛП: классификация, свойства и применение	2	2	4
7.	Синтез, очистка и анализ радиофармпрепаратов. Контроль качества. Правила надлежащей производственной практики (GMP).	2	2	6
8.	Рассмотрение методов синтеза и анализа основных РФЛП. Особенности фармакокинетики	2	2	6
<b>ИТОГО:</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>40</b>

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

## 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1.	Введение, основные понятия ядерной медицины. Прогресс ядерной медицины в России и за рубежом в XX-XXI вв. Физические основы ядерной медицины	Введение, история науки, основные понятия ядерной медицины. Понятия: ядерная медицина, радиофармпрепараты, фармакология. Функциональные и анатомо-морфологические исследования. Меченые соединения. Прогресс ядерной медицины: получение искусственных радионуклидов, первые применения радионуклидов для диагностики и терапии, возникновение радиофармакологии, успехи в приборостроении. Ядерная медицина за рубежом и в России. Альтернативные методы визуализации Атомное ядро. Типы радиоактивного распада. Основной закон радиоактивного распада. Ядерные реакции.
2.	Классификация медицинских радионуклидов. Радионуклидная терапия.	Классификация медицинских радионуклидов. Ядерно-физические свойства радионуклидов. Ионизирующие излучения. Диагностические и терапевтические радионуклиды. Радионуклидная терапия. Относительная биологическая эффективность и линейная передача энергии. Механизмы доставки радионуклидов в область патологии. Паллиативная терапия.
3.	Биологическое действие ионизирующих излучений. Основы дозиметрии	Историческая справка о первых применениях радионуклидов в науке и рентгеновского излучения. Основы дозиметрии. Дозы, единицы измерения. Предельно-допустимые дозы. Защита от ионизирующих излучений. Прямое и косвенное действие излучений. Методы регистрации ионизирующих излучений. Радиационный фон: естественный, техногенно-измененный естественный, искусственный. Решение расчетных задач.
4.	Искусственные радионуклиды для ядерной медицины. Получение, классификация по методам получения.	Искусственные радионуклиды для ядерной медицины, классификация, получение. Реакторные радионуклиды. Получение радионуклидов в ускорителях заряженных частиц, Расчет облученных мишеней. Получение искусственных радионуклидов в изотопных генераторах. Расчет изотопного гене-

		ратора. Радиохимическая чистота и радионуклидная чистота. Решение расчетных задач.
5.	Методы визуализации в ядерной медицине. Однофотонная радионуклидная диагностика и позитронно-эмиссионная томография	Однофотонная эмиссионная томография и позитронно-эмиссионная томография, понятие о принципе действия мультимодальных устройств: ОФЭКТ/КТ. ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ. Разрешающая способность и чувствительность. Источники ошибок
6.	РФЛП: классификация, свойства и применение	РФЛП: изотопно- и неизотопно-меченые, физиологически тропные и индикаторы перфузии, динамическая и статическая скintiграфия. Основные физико-химические свойства РФЛП, фармакокинетика и фармакодинамика РФЛП. Механизмы локализации.
7.	Синтез, очистка и анализ радиофармпрепаратов. Контроль качества. Правила надлежащей производственной практики (GMP).	Критерии выбора РФЛП. Основные этапы создания и стадии рутинного производства. Распределение по времени процесса полного цикла производства радиофармпрепарата, потери активности. Понятие о радиохимическом выходе. Методы синтеза РФЛП: химический синтез, реакции изотопного обмена, биосинтез (примеры). Наборы для генераторных радионуклидов. Бифункциональные хелатирующие агенты. Особенности синтеза препаратов для ПЭТ. Автоматизированные модули синтеза. Основные методы очистки радиофармпрепаратов. Требования к РФЛП: радиационные, физические, химические и биологические. Основные характеристики РФЛП: удельная активность, содержание основного вещества, содержание добавок, рН, изотоничность, размеры частиц (для коллоидов и микрочастиц). Контроль качества: физический, химический, биологический. Критерии качества меченых соединений: радионуклидная чистота (РНЧ), радиохимическая чистота (РХЧ), химическая чистота, стерильность, апиrogenность, изотоничность. Методы анализа РФП. Хроматография: газовая, жидкостная и планарная (бумажная и тонкослойная). LAL-тест.
8.	Рассмотрение методов синтеза и анализа основных РФЛП. Особенности фармакокинетики	Понятие о реакциях $A_E$ и $S_N2$ , применение катализаторов фазового переноса, типы растворителей. Получение 2-[ $^{18}F$ ]фтор-2-дезоксиглюкозы. Реакции метилирования, получение L-[ $^{11}C$ -метил]метионина, N-[ $^{11}C$ -метил]холина. Синтезы Гриньяра. Состав наборов нерадиоактивных реагентов для синтеза $^{99m}Tc$ , синтез и анализ [ $^{99m}Tc$ ]-бромезиды, меченые эритроциты. Синтез [ $^{123}I$ ]орто-йодгиппурана

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

1. Методические указания по оформлению рефератов по дисциплине «Радиофармацевтическая химия»
2. Методические рекомендации по освоению дисциплины «Радиофармацевтическая химия»
3. Методические рекомендации по освоению дисциплины «Краткий терминологический словарь»

4. Список публикаций МАГАТЭ в области ядерной медицины

**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 (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
<b>Текущая аттестация, V семестр</b>			
1.	Введение, история науки, основные понятия ядерной медицины. Прогресс ядерной медицины в России и за рубежом в XX-XXI вв.	ПК-1, УКЦ-2	– Тестирование; основные понятия и термины
2.	Физические основы ядерной медицины Атомное ядро. Типы радиоактивного распада. Кинетика радиоактивного распада. Требования к радионуклидам для диагностики и терапии.	ПК-1, УКЦ-2	– Расчетный работы с применением основного закона радиоактивного распада – Взаимосвязь массы и количества радиоактивного вещества с периодом полураспада
3.	Биологическое действие ионизирующих излучений. Основы дозиметрии	ПК-1, УКЦ-2	– Расчетные работы: поглощенная, эквивалентная и эффективная дозы; – Мощность дозы – Расчет рисков
4.	Искусственные радионуклиды для ядерной медицины. Получение, классификация по методам получения.	ПК-1, УКЦ-2	– Расчетные работы: активность тонкой мишени в ядерном реакторе – Расчет выхода толстой мишени в ускорителях заряженных частиц – Тестирование по пройденному материалу
<b>Контрольная точка 1</b>			
5.	Методы визуализации в ядерной медицине. Однофотонная радионуклидная диагностика и позитронно-эмиссионная томография	ПК-1, УКЦ-2	– устный опрос – реферат
6.	РФЛП: классификация	ПК-1, УКЦ-2	– Расчетные работы: осмо-

	ция, свойства и применение		тическое давление – Расчет водородного показателя pH в буферных растворах
7.	Синтез, очистка и анализ радиофарм-препаратов. Контроль качества. Правила надлежащей производственной практики (GMP).	ПК-1, УКЦ-2	– собеседование (устный опрос) – расчет результатов радиотонкослойной хроматографии
8.	Рассмотрение методов синтеза и анализа основных РФЛП. Особенности фармакокинетики.	ПК-1, УКЦ-2	– собеседование (устный опрос) – тестирование на компьютере
<b>Контрольная точка 2</b>			
	Зачет	ПК-1, УКЦ-2	Расчетная работа

### **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**

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) оценивается по итогам клинических практических заданий и контрольная точка № 2 (КТ № 2) по итогам самостоятельной работы и усвоения лекционного материала.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

<b>I семестр</b>			
<b>Вид контроля</b>	<b>Этап рейтинговой системы / Оценочное средство</b>	<b>Балл*</b>	
		Минимум	Максимум

<b>Текущий</b>	<b>Контрольная точка № 1 (КТ № 1)</b>	<b>0</b>	<b>30</b>
	Текущие оценки за выполнение самостоятельных работ	0	15
	Тестирование по темам 1-4	0	15
	<b>Контрольная точка № 2 (КТ № 2)</b>	<b>0</b>	<b>30</b>
	Текущие оценки за выполнение самостоятельных работ	0	15
	Тестирование по темам 5-8	0	15
<b>Промежуточный</b>	Зачет Расчетная работа	<b>0</b>	<b>40</b>
<b>Итоговый балл</b> (при условии положительной аттестации освоения дисциплины)		60	100

\*примечание: абсолютная величина суммарного балла по результатам применения оценочного средства рассчитывается по формуле «балл» = средняя оценка примененного оценочного средства по 100-балльной шкале умноженное на максимальное значение в баллах для данного средства разделенное на 100, при условии округления результата до целочисленного.

Система и критерии оценки знаний обучающихся соответствует п. 3.4.2. СМК-ПЛ-7.5-06 «Положения о кредитно-модульной системе НИЯУ МИФИ».

Для контроля и оценивания качества знаний студентов применяются пятибалльная (русская), стобалльная и европейская (ECTS) системы оценки качества обучения студентов. Связь между указанными системами приведена в таблице.

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Зачет	Оценка (ECTS)	Градация
90 - 100	5(отлично)	зачтено	A	отлично
85 - 89	4 (хорошо)		B	очень хорошо
75 - 84			C	хорошо
70 - 74			D	удовлетворительно
65 - 69			3(удовлетворительно)	E
60 - 64	F			неудовлетворительно
Ниже 60	2(неудовлетворительно)	не зачтено	F	неудовлетворительно

В итоговую сумму баллов входят результаты аттестации разделов дисциплины и итоговой формы аттестации (зачет/экзамен). Максимальный итоговый балл всегда равен 100.

Максимальный балл за экзамен (зачет) устанавливается в интервале от 0 до 40. Разделы дисциплины оцениваются по многобалльной шкале оценок в соответствии с утвержденной структурой дисциплины.

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

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

### а) основная учебная литература:

1. Богородская М.А., Кодина Г.Е. Химическая технология радиофармацевтических препаратов. Сборник вопросов и задач (учебное пособие). М.: НИЯУ МИФИ, РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018.

делеева. М. 2011 – 112 с.

2. Богородская М. А. Сборник задач по ядерной физике и дозиметрии (учебное пособие). М., РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008 – 112 с.

3. Богородская М.А., Кодина Г.Е. Химическая технология радиофармацевтических препаратов. Курс лекций. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, М. 2010 – 464 с.

4. Богородская М.А., Сазонов А. Б. Радионуклиды для ядерной медицины: свойства, получение, применение (учебное пособие)

5. И.И. Бекман. Радиохимия. Т.1, Фундаментальная радиохимия, М.: Юрайт. 2014 – 472 с.

6. И.И. Бекман. Радиохимия. Т. VII, Радиационная и ядерная медицина, М.: ОнтоПринт. 2012 – 400 с.

**б) дополнительная учебная литература:**

1. Линденбратен Л. Д., Королюк И. П. Медицинская радиология. – М. : «Медицина», 2000. –424 с.

2. Паркер Г., Смит П., Тейлор Д. Основы ядерной медицины.– М. : Энергоиздат, 1981.– 304 с.

3. Дмитриев С. Н., Зайцева Н. Г., Очкин А. В. Радионуклиды для ядерной медицины и экологии: учеб. пособие. – Дубна, ОИЯИ, 2001. – 190 с.

4. Физическая энциклопедия. В 5 т. М.: Большая Российская энциклопедия, 1988-1998 гг.

5. Изотопы: свойства, получение, применение / под ред. В. Ю. Баранова. – М. : ИздАт, 2000. –600 с.

6. Левин В. И. Получение радиоактивных изотопов. М. : Атомиздат, 1972. – 256 с.

7. <http://atom.kaeri.re.kr/index.html>

**10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Публикации МАГАТЭ в области ядерной медицины и медицинской физики*

1. <https://www.iaea.org/publications/10368/nuclear-medicine-physics>
2. <https://www.iaea.org/publications/10424/petct-atlas-on-quality-control-and-image-artefacts>
3. <https://www.iaea.org/publications/10561/radiotherapy-facilities-master-planning-and-concept-design-considerations>
4. <https://www.iaea.org/publications/10627/radiotherapy-in-cancer-care-facing-the-global-challenge>
5. <https://www.iaea.org/publications/10714/quality-management-audits-in-nuclear-medicine-practices>
6. <https://www.iaea.org/publications/10800/staffing-in-radiotherapy-an-activity-based-approach>
7. <https://www.iaea.org/publications/10936/atlas-of-skeletal-spectct-clinical-images>
8. <https://www.iaea.org/publications/10990/cyclotron-based-production-of-technetium-99m>
9. <https://www.iaea.org/publications/11075/dosimetry-of-small-static-fields-used-in-external-beam-radiotherapy>
10. <https://www.iaea.org/publications/12208/medical-physics-staffing-needs-in-diagnostic-imaging-and-radionuclide-therapy-an-activity-based-approach>
11. <https://www.iaea.org/publications/12230/medical-management-of-persons-internally-contaminated-with-radionuclides-in-a-nuclear-or-radiological-emergency>
12. <https://www.iaea.org/publications/12313/certification-of-massic-activities-of-radionuclides-in-iaea-412-pacific-ocean-sediment>
13. <https://www.iaea.org/publications/12312/certification-of-massic-activities-of-radionuclides-in-iaea-410-bikini-atoll-sediment>
14. <https://www.iaea.org/publications/13391/nuclear-medicine-resources-manual-2020-edition>
15. <https://www.iaea.org/publications/13407/spectct-atlas-of-quality-control-and-image-artefacts>
16. <https://www.iaea.org/publications/13557/integrated-non-invasive-cardiovascular-imaging-a-guide-for-the-practitioner>

17. <https://www.iaea.org/publications/14727/copper-64-radiopharmaceuticals-production-quality-control-and-clinical-applications>
18. <https://www.iaea.org/publications/14736/trends-in-radiopharmaceuticals-istr-2019>
19. <https://www.iaea.org/publications/14746/guidelines-for-the-certification-of-clinically-qualified-medical-physicists>
20. <https://www.iaea.org/publications/14754/comprehensive-audits-of-radiotherapy-practices-a-tool-for-quality-improvement>
21. <https://www.iaea.org/publications/14757/a-model-to-assess-staffing-needs-in-nuclear-medicine>
22. <https://www.iaea.org/publications/14790/clinical-applications-of-spect-ct>
23. <https://www.iaea.org/publications/14794/pain-palliation-of-bone-metastases-production-quality-control-and-dosimetry-of-radiopharmaceuticals>
24. <https://www.iaea.org/publications/14926/pet-ct-for-the-management-of-cancer-patients-a-review-of-the-existing-evidence>
25. <https://www.iaea.org/publications/14971/patient-radiation-exposure-monitoring-in-medical-imaging>

## **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 практической подготовки для решения задач.

Методические указания приведены в Приложениях:

- Методические рекомендации к освоению дисциплины
- Методические рекомендации к освоению дисциплины «Краткий терминологический словарь»
- Методические рекомендации по написанию реферата

## **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**

- Компьютерное тестирование по итогам изучения разделов дисциплины.
- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной образовательной среды.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.
- Набор обучающих видеофильмов

### **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;
- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»)
- 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 Консультант Плюс, [www.consultant.ru](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&Z21ID=&P21DBN=BOOK;](http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK;)

3) ЭБС «Издательства Лань», [https://e.lanbook.com/;](https://e.lanbook.com/)

4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, [www.book.ru](http://www.book.ru);

5) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);

6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, [www.iprbooks.ru](http://www.iprbooks.ru);

7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru);

8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.py/ibooks.ru»,

9) <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>

Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>

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

### **Аппаратное обеспечение учебных занятий:**

Учебная аудитория, оснащенная:

Компьютер: Карин7-E7500 INTEL PENTIUM E7500 – 3 шт.;

Телевизор LED: LCD Samsung LE46D550K1 W 46"(116см) (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 .

Негатоскоп Armed (1 шт.);

банк рентгенограмм пациентов (аналоговых и цифровых)

### **Оснащение лекционных занятий:**

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 . Негатоскоп Armed (1 шт.);

банк рентгенограмм пациентов (аналоговых и цифровых)

### **Технические симуляционные средства обучения:**

Манекен-имитатор пациента ВиртуМЭН, компьютерный вариант. Предназначен для отработки навыков, действий и принятия решения при жизнеугрожающих состояниях. Может использоваться в неотложной практике, реаниматологии, кардиологии и сестринском уходе (1 шт);

Тренажер-манекен взрослого пострадавшего "Александр-1-0.1" (голова, туловище, конечности) для отработки приемов сердечно-легочной реанимации;

Симулятор физикального обследования пациента

Многофункциональный робот-симулятор пациента с системой мониторинга основных жизненных показателей;

Робот-тренажер "Гриша-1.01" с мультимедийным программным обеспечением;

ВиртуВИ, фантом-симулятор для внутривенных инъекций на локтевом сгибе, кисти и других участках руки (1 шт).

Тренажер для отработки навыков внутривенных инъекций (на фантомах с различной степенью венозной доступности);

Тренажер для отработки техники внутримышечных инъекций;

Робот- симулятор пациента ребенка (5 лет).

## **14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ**

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

#### **Основными формами учебной работы являются:**

- лекции
- семинары (практические занятия)
- самостоятельная работа обучающихся
- написание рефератов
- контроль и оценка знаний

**Учебная лекция** одна из форм систематических учебных занятий. На лекции выносятся наиболее сложные теоретические разделы курса.

Различают следующие виды учебных лекций вводные, тематические, обзорные, заключительные, комплексные, проблемные и клинические.

Курс лекций может быть систематическим, специальным, посвящен избранным главам.

Объем лекций в часах определяется учебным планом и программой обучения. К каждой лекции необходимо составление методической разработки. Методическая разработка должна содержать название лекции, цели и задачи ее, для какого контингента слушателей она предназначена, объем учебного времени, план лекции, характер иллюстрированного материала, перечень основной литературы. Продолжительность лекции 2 академических часа.

Лекции являются важнейшей формой учебного процесса и представляют собой широкое изложение проблемных вопросов по определенному разделу учебной дисциплины согласно уровню современной науки.

Главной направленностью лекционного курса должно быть формирование у обучающихся научного подхода к диагностике и терапии заболеваний с применением ядерных технологий, успехов современного приборостроения методов телемедицины.

Лекции необходимо сопровождать демонстрацией таблиц, слайдов, рентгенограмм, ин-

струментов и аппаратов, показом учебных кино и видеоматериалов.

Одной из форм систематических учебно-теоретических практических занятий является **семинар**. Это эффективная форма организации учебных занятий, способствующая наиболее глубокому и детальному усвоению учебного материала. В настоящее время семинары следует считать ведущей формой обучения. В подготовке к семинару следует четко определить цели и задачи семинара, дать название его в строгом соответствии с учебным планом и программой предмета, составить методическую разработку семинара, содержащую порядок работы семинара, перечень вопросов для дискуссии и литературу, необходимую для предварительной проработки. При этом необходима предварительная самостоятельная работа обучающихся. Время, отведенное на семинар, составляет от 2 до 6 часов, что должно быть отражено в расписании занятий.

Одной из форм проведения семинара является "Деловая игра". Это активная форма организации учебной работы, при которой знания, умение, навыки приобретаются путем самостоятельного решения тех или иных учебных проблем. В задачу деловой игры входят процесс выработки и принятия решения конкретной ситуации в условиях поэтапного уточнения необходимых факторов и анализа информации. Одна из форм проведения семинара работа в "малых группах". Работа в малых группах включает в себя информационную и контролирующую функции.

Одной из форм организации учебного процесса является **самостоятельная работа**.

Внеаудиторная самостоятельная работа включает написание рефератов, доклад с мультимедийной презентацией; работу с учебной литературой и учебными пособиями, лекционным материалом, со справочной литературой. Важным элементом в подготовке специалиста является его **реферативная работа**, призванная обучить молодого специалиста работе с научной литературой по специальной и смежным дисциплинам, тему реферата следует рекомендовать с первых дней изучения того или иного раздела учебного плана, стремясь сформулировать ее максимально конкретно. Возможно использование в качестве реферативной работы выполнение студентом переводов и обзоров иностранной научной литературы по избранной теме (см. список современных публикаций МАГАТЭ).

При разборе реферата студента руководитель должен оценить соответствие содержания выбранной теме, объём представленной информации и её новизну, актуальность для практической деятельности, ясность изложения, правильность оформления списка литературы в соответствии с библиографическими требованиями, а также изложить свои замечания и пожелания. Полезно использовать практику предварительного перекрестного рецензирования рефератов другими студентами, обучающимися на базе. При подготовке реферативной работы студент обязан грамотно оформить библиографическую карточку на каждый использованный литературный источник. Заполненные карточки можно использовать для каталогов на учебных базах.

#### **14.2. Краткий терминологический словарь**

1. **Альфа-частицы –  $\alpha$ -частицы** – ядра атомов гелия  ${}^4\text{He}$ , 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.

2. **Активная зона ядерного реактора** – пространство, в котором происходит контролируемая цепная реакция деления ядер урана-235.

3. **Активность** – количество радиоактивных распадов в единицу времени

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

5. **Активность удельная** – активность, приходящаяся на единицу массы вещества.

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

7. **Анатомическая томография** – разрушающая томография, основанная на физическом выполнении срезов исследуемого организма с последующим их исследованием.

8. **Ангстрем ( $\text{\AA}$ )** – внесистемная единица длины, равная  $1 \cdot 10^{-10}$  м, составляет приблизительно размер атома водорода в невозбужденном состоянии.

9. **Аннигиляционные  $\gamma$ -кванты** – электромагнитное излучение, возникающие при аннигиляции частицы и античастицы (в позитронно-эмиссионной томографии электрона и позитрона)
10. **Аннигиляция** – реакция превращения частицы и античастицы при их столкновении в другие частицы, отличные от исходных (в ядерной медицине – в аннигиляционные  $\gamma$ -кванты с энергией, эквивалентной массе позитрона и электрона)
11. **Антинейтрино ( $\bar{\nu}$ )** – частица, выпускаемая вместе с электроном при  $\beta^-$ -распаде, не имеет массы покоя.
12. **Атом** – наименьшая частица химического элемента
13. **Атомная единица массы (а. е. м.)** –  $1/12$  часть массы атома изотопа углерода-12
14. **Атомный номер** – порядковый номер элемента ( $Z$ ) отражает величину заряда ядра – количество протонов в ядре
15. **Банч** – сгусток частиц в ускорителе заряженных частиц
16. **Барн (б)** – единица измерения сечения ядерной реакции, по порядку величины ( $1 \cdot 10^{-28} \text{ м}^2$ ) соответствует площади геометрического поперечного сечения ядра.
17. **Беккерель (Бк)** – единица активности, равная одному распаду в секунду.
18. **Бета излучение –  $\beta$ -излучение** – поток частиц (электронов или позитронов), испускаемых ядрами при  $\beta$ -распаде. Пробег их в воздухе составляет до 1 м, в биологических тканях до 1 см.
19. **Биологическая защита** – защитные стены и перекрытия (свинец, бетон, полимеры)
20. **Биологический эквивалент рада (бэр)** – внесистемная единица эквивалентной дозы излучения.
21. **Быстрые нейтроны** – нейтроны с энергией более 0,1 МэВ или с соответствующей скоростью, превышающей –  $4 \cdot 10^6$  м/с.
22. **Верхняя граница  $\beta$ -спектра** – предельное значение энергии  $\beta$ -частиц, является характерным для каждого радионуклида.
23. **Внешнее облучение** – облучение тела от находящихся вне его источников ионизирующего излучения.
24. **Внутреннее облучение** – облучение тела от находящихся внутри него источников ионизирующего облучения.
25. **Внутренняя конверсия  $\gamma$ -квантов** – переход возбужденного ядра в основное состояние путем непосредственной передачи энергии возбуждения одному из электронов атомной оболочки (обычно  $K$ -электрону)
26. **Возбужденное ядро** – состояние ядра, в котором энергия ядра превышает наименьшее возможное значение энергии, которое называется основным состоянием
27. **Возбуждения атомов и молекул** – переход электронов с внутренней на более отдаленную внешнюю оболочку.
28. **Время максимального накопления** – время, в течение которого достигается максимальная активность облучаемой мишени в реакторе, ускорителе заряженных частиц или дочернего радионуклида в изотопном генераторе.
29. **Входной канал ядерной реакции** – совокупность сталкивающихся частиц
30. **Выгорание** – доля ядерного топлива, израсходованного в процессе цепной реакции.
31. **Высокообогащенный уран (ВОУ)** – уран с содержанием изотопа  $^{235}\text{U}$  более 20 %.
32. **Выход ядерной реакции** – доля налетающих частиц, вступивших в ядерную реакцию
33. **Выходной канал ядерной реакции** – частицы, рождающиеся в результате столкновения.
34. **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.
35. **Гамма излучение** – электромагнитное излучение, возникающее при радиоактивном распаде или аннигиляции волн.
36. **Генные мутации** – это мутации, возникающие в результате изменения лишь одного гена.

37. **Горячие атомы** – возбужденные, многократно ионизированные атомы, возникающие в результате радиоактивного распада или ядерной реакции
38. **Грей (Гр)** – единица измерения поглощенной дозы, при которой массе 1 кг передаётся энергия ионизирующего излучения в 1 джоуль.
39. **Группа радиационной опасности радионуклида** – характеристика радионуклида как потенциального источника внутреннего облучения.
40. **Дальтон (Да)** – единица измерения атомной или молекулярной массы, принятая в биологии, равен атомной единице массы.
41. **Двухфотонная аннигиляция** – процесс аннигиляции (в ПЭТ электрона и позитрона), в котором образуется два аннигиляционных  $\gamma$ -кванта с энергией 511 кэВ каждого.
42. **Дезактивизация** – удаление радиоактивных веществ с поверхности различных объектов или из различных сред. Для этого применяют методы механический (удаление поверхностного слоя путем срезания, обработки поверхностей с помощью пескоструйных аппаратов и т.д.), физико-химический (разбавление, перегонка, осаждение, ионообменное связывание радиоактивных веществ из растворов, использование специальных фильтрующих систем для очистки воздуха и т.д.)
43. **Дейтерий** – изотоп водорода с массовым числом, равным 2 –  $^2\text{H}$ .
44. **Дейтрон** – ядро атома дейтерия (**d**)
45. **Деление ядерное** – процесс, в ходе которого одно ядро расщепляется на два или более ядер и происходит выделение энергии. Этот термин часто применяется в отношении расщепления ядра урана – 235 тепловым нейтроном на две примерно равные части с испусканием других (вторичных нейтронов).
46. **Делящиеся материалы** – изотопы урана 233 и 235 и изотопы плутония 239 и 241
47. **Дефект массы ( $\Delta m$ )** – разность между суммой масс нуклонов в свободном состоянии и массой связанной системы (ядра), выраженной в атомных единицах массы факт. Дефект массы есть мера энергии связи нуклонов в ядре
48. **Джоуль (Дж)** – единица измерения энергии (работы и теплоты), джоуль равен работе, совершаемой силой 1 ньютон при перемещении массы на 1 м.  $1 \text{ Дж} = 1 \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^2}$ .
49. **Доза поглощенная ( $D$ )** – отношение средней энергии, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объёме, к массе вещества в этом объёме.
50. **Доза эквивалентная ( $H$ )** – определяется как произведение поглощённой дозы на взвешивающий коэффициент, который учитывает относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов
51. **Доза экспозиционная** – устаревшая характеристика фотонного излучения, основанная на его способности ионизировать сухой атмосферный воздух..
52. **Доза эффективная ( $E$ )** – мера риска возникновения отдалённых последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учётом их радиочувствительности
53. **Доза летальная** – доза излучения, вызывающая гибель организма. Дозу, вызываемую гибель 50 % особей называют полuletальной (ЛД 50), а вызывающую 100%-ную гибель – абсолютно летальной (ЛД100).
54. **Доза предельно допустимая (ПДД)** – годовой уровень облучения персонала, не вызывающей при равномерном накоплении дозы в течение 50 лет обнаруживаемых современными методами неблагоприятных изменений в состоянии здоровья самого облучаемого и его потомства, т.е. генетических последствий.
55. **Дозиметрия** - раздел ядерной физики и измерительной техники, в котором изучают величины, характеризующие действия ионизирующего излучения на вещества, а также методы и приборы для его качественного и количественного измерения.
56. **Дозиметры (рентгенметры)** - приборы, измеряющие экспозиционную и поглощенную дозы излучения или соответствующие мощности доз. Дозиметры состоят из трех основных частей: детектора, радиотехнической схемы, усиливающей ионизационный ток и регистрирующего (измерительного) устройства.

57. **Допустимая мощность дозы ДМД** – допустимый уровень усредненной за год мощности эквивалентной дозы. Численно равна отношению предельно допустимой дозы ПДД (или предела дозы ПД) ко времени облучения  $t$  в течение календарного года:  $ДМД_A = ПДД/t_A$ ;  $ДМД_B = ПД/t_B$

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

59. **Естественные радионуклиды** – радионуклиды радиоактивных семейств (рядов): урана–235, урана–238 и тория–232, а также примордиальные (изначальные) радионуклиды: главным образом, калий–40 и рубидий–87, находящиеся в земной коре и объектах внешней среды с момента образования Земли

60. **Естественный радиационный фон Земли** – доза излучения, создаваемая космическим излучением и излучением естественных радионуклидов.

61. **Железный максимум** – область массовых чисел около 60 (железо, кобальт, никель), в которой наблюдается максимальная удельная энергия связи ядра.

62. **Закон радиоактивного распада** – показывает, что скорость распада радионуклида зависит только от количества радиоактивных ядер  $N$  и прямо пропорциональна ему  $-\frac{dN}{dt} = A = \lambda N$

63. **Замедлитель нейтронов** – вещество, используемого для уменьшения энергии нейтронов в ядерных реакторах. Замедлитель должен обладать малой атомной массой и малым сечением захвата нейтронов.

64. **Зарядовое число (Z)** – см. «Атомный номер».

65. **Зиверт (Зв)** – единица измерения эквивалентной и эффективной доз излучения (система СИ).

66. **Излучение ионизирующее** – излучение, энергия которого достаточна для ионизации облучаемой среды.

67. **Излучение тормозное** – рентгеновское излучение, возникающее при сильном ускорении заряженных частиц.

68. **Излучение рентгеновское характеристическое** – излучение, возникающее при переходе электрона из внешней оболочки на вакансию, имеющуюся на нижнем уровне атома

69. **Ионизация** – превращение электрически нейтральных атомов или молекул в положительные ионы в результате удаления из них одного или нескольких электронов

70. **Изобары** – нуклиды с одинаковым массовым числом, но с различным атомным номером

71. **Изомеры ядерные** – возбужденные ядра, возникающие в результате радиоактивного распада и обладающие измеримым временем жизни.

72. **Изомерный переход** – переходы ядер из возбуждённого состояния в основное с испусканием  $\gamma$ -квантов

73. **Изотоны** – нуклиды с одинаковым числом нейтронов.

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

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

76. **Ионизационные потери** – потери энергии заряженной частицей при прохождении через вещество, связанные с возбуждением и ионизацией его атомов

77. **Ионизация** – превращение электрически нейтральных атомов или молекул в положительные ионы в результате удаления из них одного или нескольких электронов.

78. **Ионизационные детекторы излучения** - представляют собой заполненную воздухом или газом камеру с электродами для создания в ней соответствующего электрического поля.

79. **Источник ионизирующего излучения** – устройство или радиоактивное вещество, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение.

80. **Источник радиоактивный закрытый** - источник излучения, устройство которого в условиях применения и износа исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду (сплавы, слитки, стержни).

81. **Источник радиоактивный открытый** - источник излучения, при использовании которого возможно попадание радиоактивных веществ в окружающую среду (порошки, жидкости, газы).
82. **Категория А** – персонал, т.е. лица, постоянно или временно непосредственно работающие с техногенными источниками излучения.
83. **Категория Б** – ограниченная часть населения, т.е. лица, проживающие вблизи санитарно-защитной зоны учреждений и предприятий, использующих источники излучения. Среди этой части населения выделяют критическую группу, по которой судят в целом об этой категории.
84. **Категория В** – население области, края, республики, страны.
85. **Комптоновские электроны** – электроны, возникающие в результате комптоновского рассеяния  $\gamma$ -квантов.
86. **Комптоновское рассеяние** – процесс неупругого рассеяния  $\gamma$ -кванта на свободном электроны, в результате которого  $\gamma$ -квант изменяет направление своего движения и теряет часть энергии.
87. **Коллимирование** – фокусировка  $\gamma$ -квантов для визуализации (в ядерной медицине).
88. **Компьютерная томография КТ** (от греч. tomos – ломать, слой) – метод неразрушающего послойного исследования внутренней структуры объекта посредством многократного его просвечивания в различных пересекающихся направлениях
89. **Корпускулярное излучение** – поток заряженных частиц вещества, обладающих массой покоя, различной скоростью и электрическим зарядом.
90. **Космическое излучение** – ионизирующее излучение, непрерывно падающее на поверхность земли из мирового пространства (первичное космическое излучение) и образующееся в земной атмосфере в результате взаимодействия первичного космического излучения с атомами воздуха (вторичное космическое излучение).
91. **Космогенные радионуклиды** – нуклиды, образующиеся в результате взаимодействия космического излучения с атомами азота, водорода и др., из большого числа космогенных радионуклидов заметный вклад в дозу облучения вносят тритий; бериллий-7; углерод-14 и натрий-22.
92. **Коэффициент взвешивающий** – учитывает относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов (для эквивалентной дозы,  $W_R$ ) и радиочувствительность органов и тканей (для эффективной дозы  $W_T$ ).
93. **Коэффициент относительной биологической активности (ОБЭ)** – показывает, во сколько раз эффективность биологического действия данного вида измерения больше, чем рентгеновского или гамма-излучения при одинаковой поглощенной дозе в тканях.
94. **Кривая Брэгга** – график зависимости потери энергии частицы от глубины проникновения в вещество, имеет ярко выраженный пик незадолго до остановки частицы
95. **Кулон (Кл)** – единица измерения количества электричества, равная количеству электричества, переносимому током в один ампер в течении одной секунды.
96. **Кулоновский потенциальный барьера** – потенциальный барьер, который необходимо преодолеть налетающей заряженной частице, чтобы приблизится к ядру на радиус действия ядерных сил  $\sim 10^{-15}$  м.
97. **Кюри (Ки)** – внесистемная международная единица активности, равна 37 ГБк. Исторически была принята, как активность 1 г  $^{226}\text{Ra}$ . В настоящее время принято, что 1 Ки =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.
98. **Кюритерапия** – терапия с использованием излучения радия-226.
99. **Линейная передача энергии** – отношение энергии  $dE$ , переданной веществу заряженной частицей вследствие столкновений на пути  $dl$ , к длине этого пути.
100. **Линейный ускоритель** – ускоритель заряженных частиц, в котором частицы проходят ускоряющую структуру (ускоряющий зазор) однократно.
101. **Линия стабильности** – область локализации стабильных нуклидов на протонно-нейтронной диаграмме.
102. **Масса покоя (собственная масса)** – масса частицы, скорость которой равна нулю.
103. **Массовое число (А)** – сумма нейтронов и протонов в атомном ядре.

104. **Мертвое время счетчика** – время, в течение которого счетчик не может зарегистрировать попавшую в него частицу или квант.

105. **Метаустойчивое состояние** – возбужденное состояние ядра, обладающее измеримым временем жизни.

106. **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).

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

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

109. **Минимальная значимая активность МЗА** – наименьшая активность открытого источника на рабочем месте, при которой еще требуется разрешения органов Госсаннадзора на использование этого источника.

110. **Мишень** – более тяжелая из двух реагирующих частиц в ядерной реакции.

111. **Моль** – количество вещества, которое содержит столько же частиц (молекул, атомов, ионов, электронов и др.), сколько атомов углерода содержится в 12 г изотопа  $^{12}\text{C}$ , а именно  $6,022 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$ .

112. **Молярная масса  $M$**  – масса 1 моля вещества, которая численно равна массе молекулы, выраженной в а. е. м.

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

114. **МОКС-топливо** – смесь оксидов урана и плутония.

115. **Мощность дозы** – приращение соответствующей дозы под воздействием данного излучения за единицу времени.

116. **Нейтрино ( $\nu_e$ )** – частица, выпускаемая вместе с электроном при  $\beta^+$ -распаде или электронном захвате, не имеет массы покоя.

117. **Нейтрон ( $^1_0n$ )** – нейтральная единица, с массовым числом 1, массой 1,00898 а.е.м.

118. **Нейтроны тепловые** – нейтроны, кинетическая энергия которых (0,025 эВ, скорость 2200 м/с) близка к средней тепловой энергии молекул газа при комнатной температуре.

119. **Низкообогащенный уран (НОУ)** – уран с содержанием изотопа  $^{235}\text{U}$  менее 20 %.

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

121. **Нуклид** – разновидность атома, характеризующаяся числом протонов и нейтронов, а в некоторых случаях энергетическим состоянием ядра.

122. **Нуклон** – общее название протонов и нейтронов.

123. **Облучение** – процесс взаимодействия излучение с веществом.

124. **Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ, SPECT)** – метод визуализации, основанный на регистрации  $\gamma$ -излучения.

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

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

127. **Основной закон радиоактивного распада** – показывает, что скорость распада радионуклида зависит только от количества радиоактивных ядер  $N$  и прямо пропорциональна ему  $-\frac{dN}{dt} = A = \lambda N$

128. **Относительная биологическая эффективность (ОБЭ)** – равна отношению поглощённой дозы образцового рентгеновского излучения (непрерывный спектр с граничной энергией 180 кэВ) к поглощённой дозе этого излучения, которая вызывает те же самые биологические последствия.

129. **Отражатель нейтронов** – конструктивная часть ядерного реактора, окружающая активную зону и предотвращающая утечку нейтронов.

130. **Период полувыведения биологический** – время, в течение которого из организма выводится половина находящегося в нем химического соединения.
131. **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.
132. **Период полураспада ( $T_{1/2}$ )** – время, в течение которого распадается половина исходного количества радиоактивных ядер.
133. **Перфузия** – естественное (в ядерной медицине) кровоснабжение органов и тканей
134. **Поглощенная доза (D)** – основная дозиметрическая величина. отношение средней энергии, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме. Единица поглощенной единица поглощенной дозы в СИ – грей, Гр, 1 Гр = 100 рад.
135. **Позитрон ( ${}^0_+p$ )** – элементарная частица, античастицы по отношению к электрону, с зарядом +1 и массовым числом 0.
136. **Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ, РЕТ)** – метод радионуклидной диагностики, основанный на регистрации аннигиляционных  $\gamma$ -квантов с энергией 511 кэВ.
137. **Порог ядерной реакции** – минимальная кинетическая энергия налетающей частицы, при которой ещё возможна эндотермическая ядерная реакция,
138. **Постоянная Авогадро  $N_A$**  – количество частиц в 1 моле вещества, равно  $6,022 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.
139. **Постоянная распада** – коэффициент пропорциональности в выражении основного закона радиоактивного распада (константа скорости) –  $\frac{dN}{dt} = \lambda N$
140. **Потенциал ионизации** – наименьшая энергия, необходимая для однократной ионизации атома или молекулы (единицы измерения Дж/моль или эВ)
141. **Пробег частицы** – путь, проходимый альфа- и бета-частицами в веществе, на протяжении которого она производит ионизацию.
142. **Продукт деления** – нуклид, образующийся в результате либо деления, либо последующего радиоактивного распада образовавшегося таким же образом радиоактивного нуклида.
143. **Продукт распада** – нуклид или радионуклид, образующийся при распаде. Он может образовываться непосредственно при распаде одного радионуклида или в результате серии последовательных распадов нескольких радионуклидов.
144. **Проскок материнского радионуклида** – отношение активности материнского радионуклида в элюате к его активности в генераторе на момент элюирования.
145. **Протий** – изотоп водорода с массовым числом 1.
146. **Протон ( ${}^1_+p$ )** – элементарная частица с массовым числом 1 и зарядом +1, обозначается
147. **Протонно-нейтронная диаграмма** – диаграмма с изображением стабильных ядер на диаграмме, по оси абсцисс которой отмечено количество нейтронов, а по оси ординат – число протонов.
148. **Равновесие радиоактивное подвижное** – состояние, при котором число ядер изотопов в цепочке распадов связано с постоянными распада (периодами полураспада) соотношением  $\frac{N_{i+1}}{N_i} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{i+1}}$
149. **Рад** – устаревшая единица измерения поглощенная доза любого вида ионизирующего излучения, при которой в одном грамме массы вещества поглощается энергия излучения равная 100 эрг: 1 рад = 100 эрг/г = 10 Дж/кг.
150. **Радиоактивность** – самопроизвольный процесс превращения одних атомных ядер в другие. Само явление называется радиоактивным распадом.
151. **Радиоактивная метка** – радиоактивный атом, замещающий в меченом соединении стабильный атом того же самого элемента.
152. **Радиационный захват нейтрона** – ядерная реакция (n,  $\gamma$ ).
153. **Радиоактивный ряд** - см. «Радиоактивные семейства».

154. **Радиоактивные отходы** - отходы, образующиеся в процессе производства радиоактивных изотопов и их использования в народном хозяйстве.

155. **Радиоактивный распад** - то же, что и радиоактивность.

156. **Радиоактивный фон** – ионизирующие излучения, непрерывно возникающие в природе под воздействием космических лучей или в результате распада естественных радиоактивных веществ.

157. **Радиоактивное семейство (радиоактивный ряд)** – совокупность всех изотопов ряда элементов, возникающих в результате последовательных радиоактивных превращений из одного материнского элемента (родоначальника).

158. **Радионуклиды** – ядра, способные самопроизвольно превращаться в другие ядра

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

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

161. **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.

162. **Радиорезистентность** – устойчивость клеток, органов, тканей, систем и организма в целом к воздействию ионизирующего излучению.

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

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

165. **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.

166. **Радиочувствительность** – восприимчивость клеток, органов, тканей, систем и организма в целом к воздействию ионизирующего излучения.

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

168. **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.

169. **Радиометрический контроль** – комплекс мероприятий направленный на определение вида и степени загрязненности радиоактивными продуктами объектов надзора.

170. **Реактор ядерный** – устройство, предназначенное для организации управляемой, самоподдерживающейся цепной реакции деления.

171. **Реакции ядерные** – процессы, идущие при столкновении ядер или элементарных частиц с другими ядрами, в результате которых изменяется нуклонный состав исходного ядра, а также появляются новые частиц.

172. **Рентген (Р)** – внесистемная единица экспозиционной дозы. 1 рентген – доза фотонного излучения, образующего в 1см<sup>3</sup> сухого воздуха при н.у. 2,08·10<sup>9</sup> пар ионов.

173. **Рентгеновское излучение** – электромагнитное ионизирующее излучение. Наиболее распространенным его источником являются рентгеновские аппараты.

174. **Сечение ядерной реакции** – величина эффективной площади, характеризующая ядро как мишень для налетающей частицы и являющейся мерой вероятности того, что частица и ядро вступят во взаимодействие. Единица измерения сечение – барн.  $1 \text{ б} = 1 \cdot 10^{-28} \text{ м}^2$ .

175. **Сила Лоренца** – сила, которая действует со стороны электромагнитного поля на движущийся электрический заряд.

176. **Силы ядерные** – силы, удерживающие нуклоны (протоны и нейтроны) в ядре. Ядерные силы являются короткодействующими. Они проявляются лишь на очень малых расстояниях между нуклонами в ядре порядка  $10^{-15}$  м.
177. **Синтез термоядерный** – процесс, в ходе которого два или несколько легких ядер образуют более тяжелое ядро и происходит выделение энергии.
178. **Слой половинного ослабления** – толщина слоя вещества, ослабляющего интенсивность падающего излучения в 2 раза.
179. **Спектр радиоактивного излучения** – распределение интенсивности излучения по энергии.
180. **Спектрометры** – приборы, предназначенные для измерения распределения излучения по энергии, заряду и массам.
181. **Сцинтиграмма** – диаграмма, отражающая двумерное распределение радиофармапрепарата в какой-либо части тела человека, изображения распределения радиоактивности в организме.
182. **Сцинтиграфия** (лат. scinti – сверкать, мерцать + греч. graphō – писать, изображать) – метод радионуклидного исследования внутренних органов, основанный на визуализации с помощью сцинтилляционной  $\gamma$ -камеры распределения введенного в организм РФЛП.
183. **Ток пучка** – поток заряженных частиц в ускорителе, выражен в амперах.
184. **Томография анатомическая** – разрушающая томография, основанная на физическом выполнении срезов исследуемого организма с последующим их исследованием
185. **Томография компьютерная (КТ)** – (от греч. tomos – ломать, слой) – метод неразрушающего послойного исследования внутренней структуры объекта посредством многократного его просвечивания в различных пересекающихся направлениях.
186. **Тонкая мишень** – мишень, для которой можно считать постоянными поток налетающих частиц постоянным и их энергию.
187. **Трек** – видимый след, оставляемый заряженной частицей (или атомным ядром) в веществе детектора частиц и воспроизводящий траекторию её движения.
188. **Тритий** – изотоп водорода с массовым числом 3 – Т или  $^3\text{H}$ .
189. **Тритон** – ядро трития.
190. **Трубки дрейфа** – полые трубки-электроды в линейных ускорителях заряженных частиц.
191. **Удельная ионизация** – число ионных пар (ион + электрон), образуемых на единице пути пробега частицы.
192. **Ультракороткоживущие радионуклиды (УКЖР)** – радионуклиды, период полураспада которых не превышает 1 часа.
193. **Ускоритель заряженных частиц линейный** – ускоритель заряженных частиц, в котором частицы проходят ускоряющую структуру (ускоряющий зазор) однократно.
194. **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.
195. **Ферми (Ф, единица)** – внесистемная единица измерения длины, равная  $1 \cdot 10^{-10}$  м, отражает характерные размеры атомного ядра.
196. **Фотон** – квант электромагнитного излучения.
197. **Фотоэлектроны** – электроны, испускаемые веществом при поглощении им квантов электромагнитного излучения.
198. **Фотоэффект** – испускание веществом электронов при поглощении им квантов электромагнитного излучения.
199. **Фотоядерные реакции** – превращения атомных ядер под действием  $\gamma$ -квантов.
200. **Функция возбуждения** – зависимость сечения ядерной реакции от кинетической энергии налетающих частиц
201. **Характеристическое рентгеновское излучение** – излучение, возникающее в результате переходов электронов с высележащих электронных слоёв на электронные вакансии, освобожденные электронами внутренней конверсии.

202. **Химический элемент** – совокупность ядер с одинаковым зарядом ядра.
203. **Цепная реакция** – реакция, на каждой стадии генерируется реакционноспособная частица.
204. **Циклотрон** – ускоритель тяжёлых 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.
205. **Циклотронная мишень** – облучаемое вещество, нанесённое на подложку с высокой теплопроводностью.
206. **Цитотоксичность** – способность (излучения) поражать клетки.
207. **Черенковское свечение** – свечение, которое возникает при движении заряженной частицы в среде со скоростью, превышающей фазовую скорость света в этой среде.
208. **Число (постоянная) Фарадея ( $F$ )** – заряд 1 моля электронов  $F = 96485$  Кл/моль.
209. **Электрон ( ${}^0_1e$ )** – элементарная частица с зарядом  $-1$  и массовым числом  $0$ .
210. **Электрон-вольт (единица, эВ)** – равен кинетической энергии электрона, приобретённой им под действием разности потенциалов  $1$  В.
211. **Электронный захват (ЭЗ)** – захват ядром электрона из электронной оболочки своего атома с испусканием нейтрино.
212. **Элементы-органогены** – элементы, играющие важную роль в организме, в ядерной медицине к ним относятся ультракороткоживущие радионуклиды  ${}^{11}\text{C}$ ,  ${}^{13}\text{N}$ ,  ${}^{15}\text{O}$ , а также  ${}^{18}\text{F}$ .
213. **Элюат** – раствор, вытекающий из хроматографической колонки и содержащий ранее адсорбированное вещество (в ядерной медицине с радионуклидом в той или иной химической форме).
214. **Элюент** – специально подобранный растворитель, предназначенный для вымывания из хроматографической колонки адсорбированного вещества.
215. **Эндорадиотерапия** – терапия открытыми источниками ионизирующего излучения, введенными в организм пациента.
216. **Энергетический эквивалент а. е. м.** –  $931,49 \cdot 10^6$  эВ.
217. **Энергия связи ядра** – превышение масс нуклонов над массой ядра, выраженное в энергетических единицах.
218. **Энергия связи ядра удельная** – энергия связи нуклонов в ядре, приходящаяся на один нуклон (МэВ/нуклон).
219. **Эффект Брэгга** – отражает динамику взаимодействия заряженной частицы с веществом, показывает, что основную часть энергии частица теряет перед моментом остановки.
220. **Эффект Комптона** – рассеяние электромагнитного излучения на свободном электро-не, сопровождающееся уменьшением частоты излучения.
221. **Эффект Оже** – вылет электрона из атомной оболочки вследствие безызлучательного перехода атома из возбужденного состояния.
222. **Ядерная медицина** – дисциплина, связанная с применением открытых (не инкапсулированных) радиоактивных источников для диагностических и терапевтических целей в медицине, а также с целью исследования.
223. **Ядерные реакции** – процессы, идущие при столкновении ядер или элементарных частиц с другими ядрами, в результате которых изменяется нуклонный состав исходного ядра, а также появляются новые частицы.
224. **Ядерное топливо** – материалы, которые используются в ядерных реакторах для осуществления управляемой цепной ядерной реакции деления ( ${}^{233}\text{U}$ ,  ${}^{235}\text{U}$ ,  ${}^{239}\text{Pu}$ ).
225. **Ядерно-медицинские радионуклиды** – радионуклиды с определенными ядерно-физическими свойствами, оптимальными для диагностики и терапии.
226. **Ядерные силы** – силы, удерживающие нуклоны (протоны и нейтроны) в ядре. Ядерные силы являются короткодействующими. Они проявляются лишь на очень малых расстояниях между нуклонами в ядре порядка  $10^{-15}$  м.
227. **Ядерный реактор** – устройство, в котором происходит управляемая цепная реакция деления ядер.

228. **Ядерный фотоэффект** – ядерные реакции, которые происходят под действием налетающих  $\gamma$ -квантов, например,  $(\gamma, n)$ ,  $(\gamma, p)$ .

229. **Ядро атома** – центральная часть атома, в которой содержится более 99,9 % массы атома и весь положительный заряд.

Программу составили:

**М. А. Богородская** – доцент кафедры химии высоких энергий и радиоэкологии, кандидат химических наук

**Н. Б. Эпштейн** – профессор отделения биотехнологий, доктор фармацевтических наук

Рецензент:

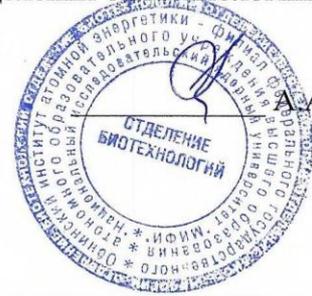
А.А. Котляров – декан медицинского факультета, доктор медицинских наук, профессор

## 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