

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

РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ

название дисциплины

для студентов направления подготовки

**14.05.02 Атомные станции:
проектирование, эксплуатация и инжиниринг**

направление/профиль

Радиационная безопасность атомных станций

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины:

- изучить химические и физико-химические превращения веществ под действием ионизирующих излучений – фотонных и корпускулярных.

Задачи изучения дисциплины:

- изучить механизмы и закономерности первичных радиационно-химических процессов, природы и свойств короткоживущих продуктов, образующихся в результате этих процессов;
- изучить радиолит основных классов органических веществ, газов, воды и полимеров;
- научиться определению дозы по величине химических превращений в системе в результате облучения.

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

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

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Ядерная физика», «Химия», «Физическая химия», «Физико-химические методы анализа».

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Учет и контроль ЯМ, РВ и РАО», выполнение научно-исследовательской работы, преддипломной практики и выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 5 курсе в 9 семестре.

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

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

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-3	Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации	З-ПК-3 Знать методы проведения исследований физических процессов; У-ПК-3 Уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок; В-ПК-3 Владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке;
ПК-10	Способен провести оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами	З-ПК-10 Знать критерии ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; У-ПК-10 Уметь проводить оценки ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; В-ПК-10 Владеть методами оценки ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами;
ПК-10.1	Способен к анализу и	З-ПК-10.1 Знать закономерности

	оценке воздействия ионизирующих излучений на физические и химические системы, человека и объекты окружающей среды	воздействия ионизирующих излучений на физические и химические системы, человека и объекты окружающей среды; У-ПК-10.1 Уметь проводить анализ воздействия ионизирующих излучений на физические и химические системы, человека и объекты окружающей среды; В-ПК-10.1 Владеть методами оценки воздействия ионизирующих излучений на физические и химические системы, человека и объекты окружающей среды.
--	---	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование культуры умственного труда (В11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за научно-технические достижения России, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности за результаты исследований и их последствия, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечение в реальные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного

		процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)	2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование творческого инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	- формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при

		распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование культуры информационной безопасности (B23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование культуры ядерной и радиационной безопасности (B24)	Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование профессиональной ответственности в области разработки, а также применения современных методов, приборов и систем для достижения устойчивого развития мирных ядерных технологий, направленных на улучшение труда и жизни человека (B25)	
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование ответственной экологической позиции (B26)	

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

Вид работы	Количество часов на вид работы по семестрам:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	32
В том числе:	
<i>лекции</i>	16 (0)
<i>практические занятия</i>	16

(из них в форме практической подготовки)	(0)
лабораторные занятия (из них в форме практической подготовки)	-
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
зачет	-
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся	76
Всего (часы):	108
Всего (зачетные единицы):	3

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
1-3	1.	Радиационная химия воды и водных растворов	2	4	-	-	19
1	1.1.	Предмет радиационной химии, и ее связь с другими дисциплинами	1	2	-	-	9
2,3	1.2	Радиолиз воды	1	2	-	-	10
4-6	2.	Радиационная химия газов	4	4	-	-	19
4,5	2.1.	Особенности радиолиза газов	2	4	-	-	9
6	2.2.	Радиолиз водорода, углекислого газа и воздушных смесей	2	-	-	-	10
7-13	3.	Радиационная химия органических соединений	8	8	-	-	19
7,8	3.1	Радиационная химия алканов	2	2	-	-	5
9,10	3.2	Радиационная химия алкенов	2	2	-	-	5
11	3.3	Радиационная химия ароматических углеводородов	2	2	-	-	5
12,13	3.4	Радиационная химия спиртов	2	2	-	-	4
14-16	4.	Радиационная химия твердого тела	2	-	-	-	19
14,15	4.1	Особенности радиационно-химических процессов в твердом теле	1	-	-	-	9
16	4.2	Прикладные аспекты радиационной химии твердого тела	1	-	-	-	10
		Итого за 9 семестр:	16	16	-	-	76
		Всего:	16	16	-	-	76

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

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1,3	1.	Радиационная химия воды и водных растворов	
1	1.1.	Предмет радиационной химии, и ее связь с другими дисциплинами	Радиационная химия как междисциплинарный предмет: ее связь с химией, физикой, биологией и инженерией. Задачи и специфика радиационно-химического эксперимента. Основные термины и определения. Радиационно-химический выход и степень разложения.
1,3	1.2	Радиолиз воды	Временная шкала процессов взаимодействия излучений с водой. Структура трека, реакции в шпорах. Свойства радикальных продуктов радиолиза воды. Выходы радикальных и молекулярных продуктов радиолиза воды. Зависимость выходов этих частиц от температуры, pH раствора, ЛПЭ, мощности излучения, концентрации и природы растворенных в воде веществ.
5	2.	Радиационная химия газов	
5	2.1.	Особенности радиолиза газов	Актуальные задачи радиационной химии газов. Мономолекулярные реакции распада ионов. Особенности радиолиза газов. Временная шкала радиолиза газов.
5	2.2.	Радиолиз водорода, углекислого газа и воздушных смесей	Радиолиз водорода и углекислого газа. Радиолиз кислорода, азота и их смесей. Радиолиз аммиака и смесей водорода с азотом, оксидов азота.
7-13	3.	Радиационная химия органических соединений	
7	3.1	Радиационная химия алканов	Физико-химические характеристики алканов. Особенности радиолиза алканов. Первичные и вторичные продукты радиолиза алканов. Механизм протекания радиолиза алканов.
9	3.2	Радиационная химия алкенов	Физико-химические характеристики алкенов. Особенности радиолиза алкенов. Первичные и вторичные продукты радиолиза алкенов. Механизм протекания радиолиза алкенов.
11	3.3	Радиационная химия ароматических углеводородов	Физико-химические характеристики ароматических углеводородов. Особенности радиолиза ароматических углеводородов. Первичные и вторичные продукты радиолиза ароматических углеводородов. Механизм протекания радиолиза ароматических углеводородов.
13	3.4	Радиационная химия спиртов	Физико-химические характеристики спиртов. Особенности радиолиза спиртов. Первичные и вторичные продукты радиолиза спиртов. Механизм протекания радиолиза спиртов.
15	4.	Радиационная химия твердого тела	
15	4.1	Особенности радиационно-химических процессов в твердом теле	Механизмы формирования радиационно-индуцированных повреждений в твердом теле. Эффект клетки. Радиационное дефектообразование: кристаллические и электронные дефекты. Зависимость повреждений от типа излучения и его энергии, а также температуры и степени кристалличности твердого тела.
15	4.2	Прикладные аспекты радиационной химии твердого тела	Поведение ядерного топлива в условиях эксплуатации ядерной энергетической установки. Радиационно-индуцированная коррозия материалов. Практическое использование результатов радиационной химии твердого

		тела.
--	--	-------

Практические/семинарские занятия

Неделя	№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
2,4,6	1.	Радиационная химия воды и водных растворов	
2	1.1.	Предмет радиационной химии, и ее связь с другими дисциплинами	Решение задач
4,6	1.2	Радиолиз воды	Решение задач
8	2.	Радиационная химия газов	
8	2.1.	Особенности радиолиза газов	Решение задач
10-16	3.	Радиационная химия органических соединений	
10	3.1	Радиационная химия алканов	Решение задач
12	3.2	Радиационная химия алкенов	Решение задач
14	3.3	Радиационная химия ароматических углеводородов	Решение задач
16	3.4	Радиационная химия спиртов	Решение задач

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

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

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы радиационной химии» (составитель Мельникова Т.В.), утвержденные на заседании отделения ядерной физики и технологий (О).

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	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 9 семестр			
1.	Раздел 1-2	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3; 3-ПК-10.1; У-ПК-10.1; В-ПК-10.1; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Решение задач
2.	Раздел 3-4	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3; 3-ПК-10.1; У-ПК-10.1; В-ПК-10.1; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Решение задач
Промежуточная аттестация, 9 семестр			
	Зачет	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3; 3-ПК-10.1; У-ПК-10.1; В-ПК-10.1; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Итоговое тестирование

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

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

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

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

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

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

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

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

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
Текущая аттестация	1-16	36	60
Контрольная точка № 1	7-8	18	30
<i>Решение задач</i>	8	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18	30
<i>Решение задач</i>	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24	40
Зачет	-		
<i>Итоговое тестирование</i>	-	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.

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент может получить к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических занятиях и активную и регулярную работу на занятиях.

Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.

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. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Радиоллиз газов и жидкостей. – М.: Наука, 1986. – 360 с.
2. Пикаев А.К. Сольватированный электрон в радиационной химии. М.: Наука, 1969. – 460 с.
3. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Основные положения. Экспериментальная техника и методы. – М.: Наука, 1985. – 375 с.
4. Пикаев А.К. Современная радиационная химия: Твердое тело и полимеры: Прикладные аспекты. – М.: Наука, 1987. – 448 с.
5. Бугаенко Л.Т., Кузьмин М.Г., Полак А.С. Химия высоких энергий. – М.: Химия, 1988. – 365 с.

б) дополнительная учебная литература:

1. Хенли Э., Джонсон Э. Радиационная химия. – М.: Атомиздат, 1974. – 415.
2. Шадыро О.И., Петряев Е.П. Радиационная химия бифункциональных соединений. – Минск: Университетское, 1986. – 186 с.
3. Кочетков Н.К., Кудряшов Л.И., Членов М.А. Радиационная химия углеводов. – М.: Наука, 1978. – 287 с.
4. Шарпаты В.А. Радиационная химия биополимеров. - М.: ГЕОС, 2008. – 250 с.
5. C. von Sonntag. Chemical basis of radiation biology. – London: Taylor and Francis, 1987. – 515 p.
6. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Free Radicals in Biology and Medicine. – Oxford, University press, 1999. - 936 p.
7. Radiation Chemistry: Present Status and Future Trends, Eds. Jona CD., Madhava Rao B.S. – Elsevier, Amsterdam, 2001. – 755 p.
8. Пшежецкий С.Я. Механизм и кинетика радиационно-химических реакций. – М.: Химия, 1968. – 368 с.
9. Шубин В.Н., Кабакчи С.А. Теория и методы радиационной химии воды. – М.: Наука, 1969. – 214 с.
10. Пикаев А.К., Кабакчи С.А. Реакционная способность первичных продуктов радиоллиза воды. – М.: Энергоиздат, 1982. – 201 с.

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

1. Бекман И.Н. Радиохимия. Курс лекций. МГУ. Химический факультет. Кафедра радиохимии [Официальный сайт]. — URL: <http://profbeckman.narod.ru/RH0.htm>
2. Ядерная физика в Интернете [Официальный сайт]. — URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
3. Сайт научной библиотеки Сибирского федерального университета [Официальный сайт]. — URL: <http://lib.sfu-kras.ru/>
4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Официальный сайт]. — URL: <http://www.gpntb.ru/>
5. Научная электронная библиотека [Официальный сайт]. — URL: <http://www.elibrary.ru/>
6. Российская государственная библиотека [Официальный сайт]. — URL: <http://www.rsl.ru/>
7. Научно-техническая библиотека СГАУ [Официальный сайт]. — URL: <http://www.lib.ssau.ru/>
8. Научная библиотека Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова [Официальный сайт]. — URL: <http://www.lib.msu.ru/>
9. Научная библиотека СПбГУ [Официальный сайт]. — URL: <http://www.lib.pu.ru/>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям

Лекции являются основной формой обучения в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных материалов, освещение главнейших экологических проблем. В тетради для конспектирования лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись.

При изучении дисциплины необходимо опираться на междисциплинарный подход к явлениям материальной действительности, т.к. в основе его лежат экологические и биологические законы и закономерности.

При изучении дисциплины следует помнить, что лекционные занятия являются направляющими в большом объёме научного материала. Большую часть знаний студент должен набирать самостоятельно из учебников и научной литературы. На мультимедийных лекциях не надо стремиться сразу переписывать всё содержимое слайдов. Необходимо научиться сопоставлять устное повествование преподавателя с наглядным представлением, после чего следует законспектировать важные факты в рабочей тетради. Тем более, не стоит полностью переписывать таблицы, перерисовывать схемы и графики мультимедийных лекций. Лучше всего, если вы пометите в конспекте лекций два противоположных или взаимодополняющих примера.

Вопросы, возникшие у Вас в ходе лекций, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю.

Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к лабораторным занятиям, экзамену, при выполнении самостоятельных заданий.

Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с литературой, рекомендованной преподавателем, и конспектом лекций. Необходимо разобраться в основных понятиях.

Рекомендации по организации самостоятельной работы

Согласно учебному плану дисциплины «Радиационная химия» ряд вопросов общей программы вынесен для самостоятельной проработки с последующей проверкой полученных знаний и их закрепления на практических занятиях.

Самостоятельная работа включает изучение литературы, поиск информации в сети Интернет, подготовку к практическим занятиям и зачету.

Рекомендации по подготовке к зачету

При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др. Подготовку к зачету необходимо начинать заранее. Следует проанализировать научный и методический материал учебников, учебно-методических пособий, конспекты лекций. Знать формулировки терминов и уметь их чётко воспроизводить.

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.py/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

Радиационная химия	Мультимедиа-проектор
--------------------	----------------------

(лекции)	Проекционный экран Ноутбук Доска для написания мелом или фломастером
Радиационная химия (практические занятия)	Мультимедиа-проектор Проекционный экран Ноутбук Доска для написания мелом или фломастером

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

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

При преподавании дисциплины применяются разнообразные образовательные технологии, включающие пассивные, активные и интерактивные формы проведения занятий.

Активные формы занятий включают: проблемную лекцию, лекции-визуализации, лекции-беседы, семинары и семинары-беседы. Лекционный курс и практические занятия сопровождаются мультимедийными презентациями.

План реализации представлен в следующей таблице.

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1	Прикладные аспекты радиационной химии твёрдого тела	Лекция	2	Групповая дискуссия
2	Радиационная химия ароматических углеводородов	Практические занятия	2	Ситуационные задачи

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

Темы, изучаемые самостоятельно:

1. Основные закономерности радиационно-индуцированных превращений алифатических спиртов: метанола, этанола, изопропанола, трет-бутанола в водных растворах.
2. Влияние строения молекулы, а также pH на радиационно-химические выходы углеродцентрированных радикалов и конечных продуктов радиолиза спиртов и аминов.
3. Радиолиз меркаптанов и галогеналканов в водных растворах.
4. Реакция свободнорадикальной фрагментации α -гидроксилсодержащих углеродцентрированных радикалов, содержащих в β -положении по отношению к радикальному центру функциональную группу.
5. Доказательство механизма реакции: влияние pH, ионной силы, кислорода, окислителей и других факторов.
6. Зависимость константы скорости реакции фрагментации от типа уходящей группы.
7. Прикладные аспекты химии высоких энергий.
8. Стерилизация медицинской продукции и продуктов питания.
9. Радиационно-химическая очистка вод от химических и бактериологических загрязнений.
10. Очистка дымовых газов.
11. Радиационно-химический синтез веществ.

14.3. Краткий терминологический словарь

Активность источника радиоактивного излучения - отношение общего числа распадов радиоактивных ядер в радиоактивном источнике ко времени распада.

Альфа-излучение: Корпускулярное излучение, состоящее из альфа-частиц, испускаемых в процессе ядерных превращений.

Аморфные вещества (от греческого слова “аморфос” — бесформенный) не имеют упорядоченной, кристаллической структуры.

Беккерель (Бк) - единица активности радиоактивного вещества в СИ. 1 Бк равен активности такого радиоактивного вещества, в котором за время 1 с происходит один акт распада.

Бета-излучение: Корпускулярное излучение, состоящее из отрицательно заряженных электронов или позитронов, возникающее при радиоактивном распаде ядер.

Гамма-излучение: Фотонное излучение, возникающее в процессе ядерных превращений или при аннигиляции частиц.

Гомолиз связи (гемолитический разрыв) - способ разрыва ковалентной связи, в результате которого каждый из атомов, участвующих в ее образовании, сохраняет один электрон.

Закон радиоактивного распада - закон, по которому находят число не распавшихся атомов: $N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$.

Изотопы — разновидности атомов (и ядер) какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный (порядковый) номер, но при этом разные массовые числа.

Ионизирующее излучение: Излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков.

Кристаллическая структура — это такая структура, которой свойственно упорядоченное расположение частиц в строго определенных точках пространства, которые образуют кристаллическую решетку.

Кюри (Ки) - внесистемная единица активности радиоактивного вещества. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Линейная передача энергии (ЛПЭ) — количество энергии ионизирующего излучения, передаваемое молекулам среды на единицу длины пути частиц излучения.⁷

Массовое число (A) - общее число нуклонов (протонов и нейтронов) в атомном ядре; одна из основных характеристик атомного ядра.

Нейтрон - электрически нейтральная элементарная частица с массой покоя $1,68 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00867 \text{ а.е.м.}$ В свободном состоянии неустойчив.

Непрямое (косвенное) действие ионизирующих излучений -изменения молекул- «мишеней», вызванные продуктами радиолиза окружающей их воды (или др. вещества, напр. лип.) и растворенных низкомолекулярных соединений

Непрямое (косвенное) действие ионизирующих излучений -изменения молекул- «мишеней», вызванные продуктами радиолиза окружающей их воды (или др. вещества, напр. лип.) и растворенных низкомолекулярных соединений

Нуклеофильные реакции — это реакции органических веществ с нуклеофилами, т.е. Анионами или молекулами, которые предоставляют электронную пару для образования новой связи.

Нуклеофильные ("любящие ядро") реагенты, или нуклеофилы — это частицы (анионы или молекулы), имеющие неподеленную пару электронов на внешнем электронном уровне. Примеры нуклеофильных частиц: OH^- , Cl^- , Br^- , CN^- , H_2O , CH_3OH , NH_3 , S_2^{2-} , R-OH .

Нуклоны - общее название для протонов и нейтронов, т. е. частиц, из которых состоит ядро.

Первичные процессы в твердых телах при радиационном воздействии — это процессы, в основе которых лежит возбуждение электронной и ядерной подсистем, смещение атомов кристаллической решетки из первоначальных равновесных положений и протекание ядерных реакций.

Период полураспада (Т) - интервал времени, в течение которого распадется половина первоначального количества ядер.

Плотность ионизации количественная характеристика ионизирующего излучения, выражаемая числом пар ионов, образуемых частицей

Поглощённая доза D – количественная характеристика любого ионизирующего излучения - количество энергии ионизирующего излучения, поглощённое единицей массы какого-либо физического тела, например, тканью организма.

Полимеры – это высокомолекулярные химические соединения (ВМС), макромолекулы которых образованы из множества мономерных звеньев.

Протон - стабильная элементарная частица с положительным элементарным электрическим зарядом с массой покоя $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг = 1,00728 а.е.м.

Прямое действие ионизирующих излучений - изменения, которые возникают в результате утери или приобретения электрона молекулами - «мишенями».

Прямое действие ионизирующих излучений - изменения, которые возникают в результате утери или приобретения электрона молекулами - «мишенями»

Радиационная химия, наука, изучающая химические и физико-химические превращения веществ под действием ионизирующих излучений – фотонных (рентгеновские и гамма-лучи) и корпускулярных (ускоренные электроны, тяжелые заряженные частицы, многозарядные ионы, быстрые нейтроны и продукт ядерных реакций)

Радиационная химия — часть химии высоких энергий, раздел физической химии — изучает химические процессы, вызываемые воздействием ионизирующих излучений на вещество.

Радиационно-химические превращения полимеров – процессы, происходящие в полимерах при воздействии излучений высокой энергии и приводящие к изменению их химического состава и свойств

Радиационно-химический выход - это число образовавшихся, распавшихся или каким-либо иным образом изменившихся молекул или других частиц в облученном веществе на 100 эВ поглощенной энергии.

Радиационно-химический выход — количественная мера изменения физико-химических свойств вещества в результате поглощения им ионизирующих излучений при радиоллизе.

Радиоактивность – свойство неустойчивых атомных ядер одних химических элементов самопроизвольно превращаться в ядра атомов других химических элементов с испусканием одной или нескольких ионизирующих частиц. Процесс такого спонтанного ядерного превращения называется *радиоактивным распадом*. При этом образовавшееся новое (дочернее) ядро оказывается в более устойчивом состоянии, чем исходное материнское.

Радиоактивность - способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра, испуская при этом различные частицы.

Радиоллиз (от-лат. radio - излучаю и греч. lysis - разложение, распад), химические процессы деструктивного характера, протекающие при поглощении веществом энергии ионизирующего излучения.

Радиоллиз — разложение химических соединений под действием ионизирующих излучений.

Радионуклидный источник: Радиоактивное вещество в определенном конструктивном оформлении - на подложке, в капсуле, ампуле, кювете.

Радиопротекторы – вещества, ослабляющие действие ИИ.

Радио сенсibilизаторы – вещества, усиливающие действие ИИ.

Рентгеновское излучение: Фотонное излучение, состоящее из тормозного и характеристического излучений.

Сольватированный электрон - электрон, захваченный средой в результате поляризации им окружающих молекул (если средой является вода, электрон наз. гидра-тированным). Образуется при растворении щелочных металлов в аммиаке, аминах и некоторых др. жидкостях; фотоионизации некоторых чистых жидкостей и мн. в-в, растворенных в воде,

спиртах и т. п.; фотоинъекции электрона из электродов в р-р; радиоллизе воды, спиртов, эфиров, аммиака, аминов, углеводов и др. жидких и замороженных систем.

Фон (ионизирующего излучения): Ионизирующее излучение, состоящее из естественного радиационного фона и ионизирующего излучения посторонних источников излучения.

Фотон - квант поля электромагнитного излучения, электрически нейтральная элементарная частица с нулевой массой покоя.

Характеристическое излучение: Фотонное излучение с дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома.

Шпоры - скопления первичных продуктов радиоллиза воды (около 6 радикалов на шпур), их средний радиус 1,5 нм.

Ядерный реактор - устройство, в котором осуществляется управляемая цепная реакция деления ядер.

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 также 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 межкультурного 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:

Т.В. Мельникова

доцент отделения ядерной физики и технологий (О),
кандидат химических наук

Рецензенты:

Л.П. Полякова

доцент отделения ядерной физики и технологий (О),
кандидат химических наук, доцент