

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 № 25.8 от 25.08.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии

профиль

Радиоэкология и радиационная безопасность

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- усвоение студентами основных положений радиационной химии, получение представлений о радиационно-химических процессах, протекающих под действием ионизирующего излучения, линейной передачи энергии, источниках частиц с высокой энергией, типах различных изотопов, используемых в научных исследованиях и промышленности, процессах, которые происходят под действием ионизирующего излучения в различных средах и материалах.

2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- дать студентам общие представления о технике радиационно-химических экспериментов;
- изучить методы определения интенсивности и энергии излучения, радиационно-химических процессов в жидкой, твердой и газообразной средах.

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

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 ООП бакалавриата: «Ядерная физика», «Химия», «Основы радиационной химии», «Физическая химия», «Инструментальные методы анализа», «Физико-химические методы анализа».

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Токсикология радиационных метаболитов», а также выполнение научно-исследовательской работы, всех видов практики и выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

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

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

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-3	Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности	З-ПК-3 Знать достижения научно-технического прогресса; У-ПК-3 Уметь применять полученные знания к решению практических задач; В-ПК-3 Владеть методами моделирования физических процессов;

ПК-4	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач	3-ПК-4 Знать цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных; У-ПК-4 Уметь применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4 Владеть навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач;
ПК-22.1	Способен осуществлять модельные и экспериментальные исследования в области радиационной экологии и радиационной безопасности человека, и окружающей среды	3-ПК-22.1 Знать закономерности поведения радионуклидов в окружающей среде, биологического действия на человека и окружающую среду; принципы системы радиационной безопасности; основные экологические и радиоэкологические проблемы ядерно-топливного цикла; У-ПК-22.1 Уметь проводить моделирование радиоэкологических процессов; осуществлять экспериментальные радиобиологические и радиоэкологические исследования; оценивать негативные радиобиологические и радиоэкологические последствия; В-ПК-22.1 Владеть навыками оценки радиационной и экологической безопасности при реализации антропогенной деятельности; компьютерными технологиями и специализированными программными средствами, применяемыми для радиоэкологических исследований; навыками аналитического и инструментального анализа объектов окружающей среды.

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

Вид работы	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	48
В том числе:	
<i>лекции</i>	16
<i>практические занятия</i>	32
<i>(из них в форме практической подготовки)</i>	(0)
<i>лабораторные занятия</i>	-
<i>(из них в форме практической подготовки)</i>	(0)

Промежуточная аттестация	
В том числе:	
экзамен	36
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся	96
Всего (часы):	180
Всего (зачетные единицы):	5

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
1-4	1.	Радиационная химия воды и водных растворов	3	8			19
1	1.1.	Предмет радиационной химии, и ее связь с другими дисциплинами. Экспериментальные методы химии высоких энергий	1	2			6
2	1.2	Радиолиз воды. Особенности радиационной химии воды в условиях ядерных энергетических установок	1	2			6
3-4	1.3	Основные типы реакций органических радикалов	1	4			7
5-8	2.	Радиационная химия газов	6	8			19
5-6	2.1.	Развитие представлений о радиолитических превращениях в газах	2	4			6
7	2.2.	Радиолиз водорода, воздушных смесей	2	2			7
8	2.3	Радиолиз углеводородов в газовой фазе	2	2			7
9-12	3	Радиационная химия органических соединений	5	8			19
9-10	3.1	Радиационная химия алифатических и ароматических углеводородов	2	4			9
11	3.2	Радиационная химия спиртов	1	2			5
12	3.3	Радиолиз галогеносодержащих соединений	2	2			5
13-16	4	Радиационная химия твердого тела	2	8			19
13-14	4.1	Особенности радиационно-химических процессов в твердом теле. Радиационное дефектообразование	1	4			10
15-16	4.2	Прикладные аспекты радиационной химии твердого тела	1	4			9
	ВСЕГО:		16	32			112

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

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	№	Наименование раздела /темы	Содержание
--------	---	----------------------------	------------

		дисциплины	
1-4	1.	Радиационная химия воды и водных растворов	
1	1.1.	Предмет радиационной химии, и ее связь с другими дисциплинами. Экспериментальные методы химии высоких энергий.	Радиационная химия как междисциплинарный предмет: ее связь с химией, физикой, биологией и инженерией. Задачи и специфика радиационно-химического эксперимента. Основные термины и определения. Используемые в радиационной химии экспериментальные методы исследования и источники ионизирующих излучений.
2	1.2.	Радиолиз воды. Особенности радиационной химии воды в условиях ядерных энергетических установок.	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.
3-4	1.3.	Основные типы реакций органических радикалов.	Монорадикальные реакции: -миграции функциональных групп, - реакции распада – перегруппировки. Реакции 2-го порядка: - радикал-молекулярные - бирадикальные реакции.
5-8	2.	Радиационная химия газов	
5-6	2.1.	Развитие представлений о радиолитических превращениях в газах.	Актуальные задачи радиационной химии газов. Теория ионных ассоциаций Линда. Ионный выход. Теория Эйринга-Хиршфельдера-Тейлора: роль ион-молекулярных процессов в радиационной химии газов. Временная шкала радиолиза газов.
7	2.2.	Радиолиз водорода, воздушных смесей	Радиолиз водорода в чистом виде, в присутствии Xe , O_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 . Радиолиз аммиака и смесей водорода с азотом, оксидов азота.
8	2.3.	Радиолиз углеводородов в газовой фазе	Радиационная химия метана. Радиационная химия этана, этилена, ацетилена: особенности радиолитических превращений непредельных соединений.
9-12	3.	Радиационная химия органических соединений	
9-10	3.1.	Радиационная химия алифатических и ароматических углеводородов.	Влияние полярности среды на характер радиолитических превращений соединений. Зависимость выхода сольватированного электрона от строения углеводорода. Метод акцепторов в радиационной химии углеводородов. Роль возбужденных частиц в образовании конечных продуктов радиолиза углеводородов. Радиолиз н-гексана. Повышение радиационной устойчивости углеводородов. Терфенилы как

			теплоносители ядерных энергетических установок.
11	3.2.	Радиационная химия спиртов.	Ионные и радикальные продукты радиолиза спиртов: выходы, механизм образования, основные реакции. Молекулярные продукты радиолиза алифатических спиртов.
12	3.3.	Радиолиз галогеносодержащих соединений.	Радиационная химия галогенсодержащих ароматических и алифатических соединений. Реакция галогенорганических соединений с сольватированным электроном. Радиолиз CCl_4 CHCl_3 ; влияние кислорода.
13-16	4.	Радиационная химия твердого тела	
13-14	4.1.	Особенности радиационно-химических процессов в твердом теле. Радиационное дефектообразование.	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. Специфические механизмы повреждения твердого тела: тепловой спайк и электронный спайк, механизм Варли.
15-16	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
1-4	1.	Радиационная химия воды и водных растворов	
1	1.1.	Предмет радиационной химии, и ее связь с другими дисциплинами. Экспериментальные методы химии высоких энергий.	Взаимодействие ИИ с веществом. Основные понятия и единицы
2	1.2.	Радиолиз воды. Особенности радиационной химии воды в условиях ядерных энергетических установок.	Выходы продуктов радиолиза воды и уравнение материального баланса
3-4	1.3.	Основные типы реакций органических радикалов.	Радиационно-химические реакции
5-8	2.	Радиационная химия газов	
5-6	2.1.	Развитие представлений о радиолитических превращениях в газах.	Временная шкала первичных процессов. Особенности радиолиза газов

7	2.2.	Радиолиз водорода, воздушных смесей	Радиолиз газообразных систем.
8	2.3.	Радиолиз углеводородов в газовой фазе	Особенности радиолиза различных классов углеводородов в газовой фазе
9-12	3.	Радиационная химия органических соединений	
9-10	3.1.	Радиационная химия алифатических и ароматических углеводородов.	Общие сведения о механизме радиолиза органических жидких систем. Промежуточные и стабильные продукты радиолиза. Радиолиз в присутствии кислорода.
11		Радиолиз галогеносодержащих соединений.	Радиационная химия хлорсодержащих ароматических и алифатических соединений. Механизмы радиолиза этих соединений.
12	3.2.	Радиационная химия спиртов.	Механизм радиолиза спиртов
13-16	3.3.	Радиолиз галогеносодержащих соединений.	Механизм радиолиза галогеносодержащих соединений
13-14	4.	Радиационная химия твердого тела	
15-16	4.1	Особенности радиационно-химических процессов в твердом теле. Радиационное дефектообразование.	Механизмы формирования радиационно-индуцированных повреждений в твердом теле. Эффект клетки. Радиационное дефектообразование: кристаллические и электронные дефекты.
	4.2	Прикладные аспекты радиационной химии твердого тела.	Практическое использование результатов радиационной химии твердого тела.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

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

Для всех видов самостоятельной работы (проработки теоретического материала, подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнения курсовой работы, подготовки к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, подготовки к экзамену) обучающимся рекомендуется использовать:

- конспекты лекций по курсу «Радиационная химия» (магистратура);
- конспект лекций по курсу «Основы радиационной химии» (бакалавриат);
- конспект практических занятий по курсу «Основы радиационной химии» (бакалавриат);
- основную и дополнительную учебную литературу (см. раздел 9);
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе периодические издания Научной электронной библиотеки e-LIBRARY.ru (<http://elibrary.ru>).

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, 2 семестр			
1.	Раздел 1	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4 3-ПК-22.1, У-ПК-22.1, В-ПК-22.1	Задачи
2.	Раздел 2	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4 3-ПК-22.1, У-ПК-22.1, В-ПК-22.1	Доклад с презентацией
3.	Раздел 3	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4 3-ПК-22.1, У-ПК-22.1, В-ПК-22.1	Задачи
4.	Раздел 1-4	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4 3-ПК-22.1, У-ПК-22.1, В-ПК-22.1	Тест
Промежуточная аттестация, 2 семестр			
	Экзамен	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4 3-ПК-22.1, У-ПК-22.1, В-ПК-22.1	Экзаменационный билет

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

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

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

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

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

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

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

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

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

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

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум

Текущая аттестация	1-16	36	60
Контрольная точка № 1	7-8	18	30
<i>Задачи</i>	7	9	15
<i>Доклад с презентацией</i>	8	9	15
Контрольная точка № 2	15-16	18	30
<i>Задачи</i>	15	9	15
<i>Тест</i>	16	9	15
Промежуточная аттестация	-	24	40
Экзамен	-		
Экзаменационный билет	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

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

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

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

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

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

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>	<i>Оценка ECTS</i>	<i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>
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
60-64		E	

			последовательности в изложении программного материала
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.
6. / Джаванширова А.А., Искендерова З.И., Маммедов С.Г. [и др.] Численное моделирование радиационно-химических превращений полихлорированных бифенилов в растворе гексана, изопропилового спирта и щелочи КОН // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 4. – С. 22-29. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/300555>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Болдырев В.В. Исследования в области радиационной химии твердых веществ в Томском политехническом институте // Вестник науки Сибири. – 2015. – № 1 (Спецвыпуск). – С. 19-27. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/297614>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная учебная литература:

1. Хенли Э., Джонсон Э. Радиационная химия. – М.: Атомиздат, 1974. – 415 с.
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 радиолиза воды. – М.: Энергоиздат, 1982. – 201 с.
11. Литвяк В.В. Батын А.Н., Кравченко В.А. Модификация физико-химических и экологических свойств крахмала в результате его электронного облучения // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2018. – № 3. – С. 62-72. – Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/310813>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

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 объеме 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 «Ядерная геохимия» 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 экзамену

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др. Подготовка к экзамену необходимо начинать заранее. Следует проанализировать научный и методический материал учебников, учебно-методических пособий, конспекты лекций. Знать формулировки терминов и уметь их чётко воспроизводить. Ответы на вопросы из примерного перечня вопросов для подготовки к экзамену лучше обдумать заранее. Ответы построить в чёткой и лаконичной форме.

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

Не требуется.

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

Радиационная химия (лекции)	Мультимедиа-проектор 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

№ раздела	Наименование раздела	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
2	Радиационная химия газов	Практическое занятие	4	Семинар-конференция

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

Темы, выносимые для самостоятельного изучения:

1. Основные закономерности радиационно-индуцированных превращений алифатических спиртов: метанола, этанола, изопропанола, трет-бутанола в водных растворах.
2. Влияние строения молекулы, а также рН 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 рН, 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 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

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

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

Нейтрон - электрически нейтральная элементарная частица с массой покоя $1,68 \cdot 10^{-27}$ кг = 1,00867 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 $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.е.м.}$

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 радиолизе.

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.

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

Радиолиз – 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.

Радиосенсибилизаторы – 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 нек-рых др. жидкостях; фотоионизации некоторых чистых жидкостей и мн. в-в, растворенных в воде, спиртах и т. п.; фотоинжекции электрона из электродов в р-р; радиолизе воды, спиртов, эфиров, аммиака, аминов, углеводородов 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 радиолиза 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 межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

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

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

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

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

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

Программу составила:

_____ **Т.В. Мельникова**
доцент отделения ЯФиТ(О) НИЯУ МИФИ
кандидат химических наук

Рецензенты:

_____ **Л.П. Полякова**
доцент отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ
кандидат химических наук, доцент

_____ **С.В. Белкина**
заведующий лабораторией исследования комбинированных
воздействий МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ «НМИЦ
радиологии» Минздрава России,
кандидат биологических наук