

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ЗАМКНУТОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИОХИМИЯ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	2	72	8	24	0		40	0	3
Итого	2	72	8	24	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Радиохимия» посвящена ознакомлению студентов с особенностями поведения радиоактивных изотопов в ультрамалых концентрациях в растворе, газе и твердой фазе, распределение их между фазами в процессах соосаждения, адсорбции, ионного и изотопного обмена, электрохимии, что связано с технологией переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), радиоактивных отходов (РАО) и анализа качества теплоносителя на АЭС.

Курс базируется на знаниях, полученных студентами при изучении физики, высшей математики, физической химии, ядерной физики и дозиметрии. В свою очередь, он является базой для изучения последующих специальных курсов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «РАДИОХИМИЯ» является изучение особенностей поведения радиоактивных изотопов в ультрамалых концентрациях в растворе, газе и твердой фазе, распределение их между фазами в процессах соосаждения, адсорбции, ионного и изотопного обмена, электрохимии, а также вопросы синтеза меченных соединений и применение радиоактивных изотопов в науке и промышленности.

Курс базируется на знаниях, полученных студентами при изучении физики, высшей математики, физической химии, ядерной физики и дозиметрии. В свою очередь, он является базой для изучения последующих специальных курсов.

Основными задачами курса являются освоение студентами теоретических знаний в области общей и прикладной радиохимии и привитие им навыков работы с радиоактивными веществами.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная программа соответствует требованиям образовательного стандарта высшего образования национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению 14.04.02 - Ядерные физика и технологии, «Профессиональный модуль», «Дисциплины по выбору».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-6 [1] – Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	З-УК-6 [1] – Знать: методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения У-УК-6 [1] – Уметь: решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности; применять методики

	самооценки и самоконтроля; применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности В-УК-6 [1] – Владеть: технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик
УКЦ-2 [1] – Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	З-УКЦ-2 [1] – Знать основные цифровые платформы, технологи и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 [1] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [1] – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
инновационный			
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и	ПК-6.2 [1] - Способен выбирать критерии безопасной работы и применять методы обоснования безопасности для количественных оценок эффективности функционирования и обоснования безопасности объектов использования атомной энергии. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-6.2[1] - Знать основные теплогидравлические и нейтронно-физические процессы, протекающие в быстрых реакторах; основные принципы и критерии обеспечения безопасности ядерных энергетических установок и объектов замкнутого ядерного топливного цикла.; У-ПК-6.2[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач связанных с проектированием и эксплуатацией быстрых реакторов и

	организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.		объектов замкнутого ядерного топливного цикла.; В-ПК-6.2[1] - Владеть методами инженерных расчетов обоснования радиационной безопасности.
--	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Введение. Особенности радиохимии. Основные закономерности сокристаллизации	1-6	4/8/0	КИ-6 (20)	20	КИ-6	3-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	Адсорбционные процессы и коллоидообразование в радиохимии. Роль изотопного обмена. Электрохимические особенности в радиохимии.	7-11	2/8/0	КИ-11 (15)	15	КИ-11	3-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
3	Хроматография и экстракция в радиохимии. Применение радионуклидов в исследованиях.	12-16	2/8/0	КИ-16 (15)	15	КИ-16	3-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		8/24/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1				50	3	3-ПК-6.2, У-ПК-6.2,

	Семестр						В-ПК-6.2, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
--	---------	--	--	--	--	--	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	8	24	0
1-6	Введение. Особенности радиохимии. Основные закономерности сокристаллизации	4	8	0
1 - 6	Введение. Особенности радиохимии. Основные закономерности сокристаллизации. Историческая справка. Что такое радиохимия. Основные разделы радиохимии. Поведения радионуклидов в растворах больших разведений. Классификация процессов соосаждения. Изотопные, специфические и неспецифические носители и области их применения. Изоморфная и изодиморфная сокристаллизация. Основные закономерности сокристаллизации. Распределение микрокомпонента между фазами. Константа Хлопина. Коэффициент кристаллизации D. Линейный и логарифмический законы распределения, условия сокристаллизации. Факторы, влияющие на коэффициент кристаллизации. Образование смешанных кристаллов Гримма. Понятие об аномально смешанных кристаллах.	Всего аудиторных часов		
		4	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
7-11	Адсорбционные процессы и коллоидообразование в радиохимии. Роль изотопного обмена. Электрохимические особенности в радиохимии.	2	8	0
7 - 11	Адсорбционные процессы и коллоидообразование в радиохимии. Роль изотопного обмена. Электрохимические особенности в радиохимии. Адсорбция на ионных кристаллах. Первичная обменная адсорбция. Первичная потенцилообразующая адсорбция и вторичная обменная адсорбция. Их закономерности. Уравнение Ратнера и следствия из него. Адсорбция на стекле и бумажных фильтрах. Значение адсорбционных	Всего аудиторных часов		
		2	8	0
		Онлайн		
		0	0	0

	явлений в радиохимии. Применение неспецифических носителей. Экспериментальные методы разграничения различных механизмов соосаждения. Истинные и псевдоколлоиды. Условия их образования, свойства и методы исследования: диализ, ультрафильтрация, центрифугирование, диффузия, радиография и др. Изотопный обмен. Механизм и кинетика изотопного обмена. Идеальный изотопный обмен и его закономерности. Электрохимические методы выделения радионуклидов. Критический потенциал выделения и методы его определения. Применимость уравнения Нернста в растворах больших разведений. Теория Гайсинского. Использование электрохимических методов в радиохимии.			
12-16	Хроматография и экстракция в радиохимии. Применение радионуклидов в исследованиях.	2	8	0
12 - 16	Хроматография и экстракция в радиохимии. Применение радионуклидов в исследованиях. Классификация хроматографических процессов по механизмам. Адсорбционная хроматография радиоактивных веществ. Ионообменная хроматография. Классификация ионитов и их основные физико-химические свойства: обменная емкость, механическая прочность, химическая и радиационная устойчивость, набухаемость и др. Кинетика ионного обмена. Определение полной обменной емкости радиохимическим методом. Равновесие при ионном обмене. Селективность ионитов. Изотермы сорбции и хроматографические зоны. Элюентный метод ионообменной хроматографии, его закономерности. Вытеснительный метод. Применение ионообменной хроматографии в радиохимии. Экстракция, основные понятия и определения. Изотерма экстракции и закон Бертелло-Нернста. «Физическое» распределение. Классификация систем с химическим взаимодействием. Экстракция нейтральными органическими веществами. Образование координационных соединений (сольватов). Константа экстрагирования. Определение состава экстрагируемых соединений: метод насыщения, метод сдвига равновесия, метод анализа органической фазы, криоскопический метод. Гидратно-сольватный механизм. Экстракция органическими основаниями и их солями. Константы экстрагирования: извлечение кислот, анионный обмен, экстракция металлов. Влияние высаливателей. Экстракция органическими кислотами и их солями. Типы экстрагентов. Реакция экстрагирования, рН полувыделения. Применение экстракции в радиохимии. Распределительная хроматография. Методы закрепления фазы. Достоинства и недостатки. Общие положения метода «меченых» атомов. Применение радионуклидов в качестве «меченых» атомов. Выбор	Всего аудиторных часов		
		2	8	0
		Онлайн		
		0	0	0

	изотопов, их радиохимическая чистота, расчет необходимой активности. Синтез меченых соединений. Радиоаналитические методы: радиоактивационный анализ, изотопное разведение, радиометрическая корректировка, радиометрическое титрование. Их достоинства и недостатки. Применение субстехиометрического выделения. Применение радионуклидов в различных областях науки: в физической химии, в органической химии, в биологии и физической биологии, в геологии, в медицине и др.			
--	---	--	--	--

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы курса «Радиохимия» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в интерактивных классах. Особое внимание студентов обращается на дополнительную литературу, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-6.2	З-ПК-6.2	3, КИ-6, КИ-11, КИ-16
	У-ПК-6.2	3, КИ-6, КИ-11, КИ-16
	В-ПК-6.2	3, КИ-6, КИ-11, КИ-16
УК-6	З-УК-6	3, КИ-6, КИ-11, КИ-16
	У-УК-6	3, КИ-6, КИ-11, КИ-16
	В-УК-6	3, КИ-6, КИ-11, КИ-16

УКЦ-2	З-УКЦ-2	З, КИ-6, КИ-11, КИ-16
	У-УКЦ-2	З, КИ-6, КИ-11, КИ-16
	В-УКЦ-2	З, КИ-6, КИ-11, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	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			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	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.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К42 Analytical Chemistry. Analytics 2. Quantitative analysis. Physical-chemical (instrumental) analysis methods : учебник, Kharitonov Yu.Ya., Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021
2. ЭИ К 68 Общая химия. Теория и задачи : учебное пособие, Ланская И. И. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ А 44 Физическая химия. Теория и задачи : , Акулова Ю. П. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ П 90 Ядерная химия. Избранные главы : учебное пособие, Пучкова Е. В., Санкт-Петербург: Лань, 2021

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 54 О-28 Общая химия : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Месяц Е.А. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
2. 54 К68 Общая химия : учебник, Коровин Н.В., Москва: Академия, 2013
3. 544 Е70 Основы общей и физической химии : учебное пособие для вузов, Еремин В.В., Борщевский А.Я., Долгопрудный: Интеллект, 2012
4. ЭИ Б99 Основы радиационной химии Ч.1 Ранние радиолитические процессы, Бяков В.М., Москва: МИФИ, 2009
5. 621.039 Л55 Получение изотопов : учебное пособие для вузов, Лизунов А.В., Тананаев И.Г., Москва: Издательский дом МЭИ, 2015
6. 54 С23 Сборник тестов и задач по курсу химии : , Орлова А.А. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
7. ЭИ Т18 Уран : учебное пособие для вузов, Тананаев И.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Цель методических рекомендаций для студента – оптимизация процесса изучения данной дисциплины.

Материалы учебно-методического комплекса выдаются в электронном виде. Эти материалы не являются дословным изложением лекций и семинаров, а лишь их кратким содержанием. Они должны активно использоваться при подготовке к рубежному контролю и экзамену.

Контрольные вопросы предназначены как для проработки лекционного курса по радиохимии, так и для подготовки к более углубленному изучению материала на курсах специализаций.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При разработке курса использована современная отечественная и иностранная литература. Чтение лекций рекомендуется проводить в интерактивных классах. Особое внимание студентов следует обратить на дополнительную литературу, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. В конце изучения курса рекомендуется выдать студентам использованные презентации в электронном виде. Для проверки и закрепления полученных знаний студентам предлагается написать три контрольные работы.

Автор(ы):

Тюпина Екатерина Александровна, к.т.н., доцент

Рецензент(ы):

к.ф.-м.н., доцент, Лаврухин А.А.