

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Проректор по учебной работе и образовательным инновациям

О.Н.Здрок

9» декабря 2020 г.

Регистрационный № УД-9147/уч.

Радиохимия

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 05 03 Химия высоких энергий

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 03-2013 и учебного плана № G31-146/уч. от 30.05.2013.

СОСТАВИТЕЛИ:

И.М.Кимленко, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета, кандидат химических наук, доцент;

С.В. Кобяшева, старший преподаватель кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета.

РЕЦЕНЗЕНТ:

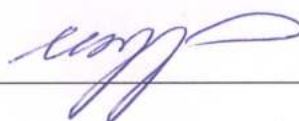
А.И. Киевицкая, заведующий кафедрой ядерной и радиационной безопасности МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, кандидат технических наук, доктор физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 4 от 9 ноября 2020 г.)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 7 декабря 2020 г.)

Заведующий кафедрой _____



О.И. Шадыро

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель дисциплины – формирование у студентов целостной системы знаний по общим и прикладным аспектам радиохимии, включая химические свойства радиоактивных элементов, закономерности их физико-химического поведения, методы определения, выделения и разделения радионуклидов.

Задачи дисциплины:

- раскрыть значение и роль радиохимии в развитии общества, вклад ученых различных стран мира в ее становление и место радиохимии среди других наук;
- ознакомить студентов с химическими свойствами и физико-химическими закономерностями поведения радиоактивных элементов, состоянием радиоактивных элементов в растворах, методами их выделения и концентрирования, закономерностями распределения радионуклидов между фазами в процессах осаждения, адсорбции, электрохимических процессах, экстракции и др.;
- дать общие сведения по прикладным вопросам радиохимии: химии ядерного горючего, роли радиохимии при работе АЭС, методам получения радионуклидов и «меченых» соединений, методу радиоактивных индикаторов.
- рассмотреть основные аспекты охраны окружающей среды и роль радиохимии в обеспечении экологической безопасности.

Курс структурно разделен на три раздела, которые отражают его внутреннюю логику и включают отдельные темы ядерной физики, радиоаналитической и коллоидной химии, электрохимии.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к циклу специальных дисциплин компонента учреждения высшего образования.

Данный курс связан с такими дисциплинами как «Ядерная физика», «Химия естественных радиоактивных элементов».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Радиохимия» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

академических компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

социально-личностные компетенции:

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

СЛК-7. Пользоваться в равной степени двумя государственными языками Республики Беларусь и иным иностранным языком как средством делового общения.

профессиональных компетенций:

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, владеть приемами информационного поиска и анализа, а также оценивать перспективы и направления развития химии, биотехнологии, фармации и экологии.

ПК-4. Применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в различных отраслях химии, экологии, активно использовать для решения профессиональных задач вычислительную технику.

ПК-8. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-9. Работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

ПК-15. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-16. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять на них.

ПК-17. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- общие тенденции развития современной радиохимии;
- основные разделы радиохимии: химию радиоактивных элементов, общую и прикладную радиохимию;
- механизм процессов изотопного обмена;
- физико-химическое состояние радионуклидов в различных средах;
- формы нахождения радионуклидов в объектах окружающей среды и методы их определения;
- области применения радиохимических методов в других разделах химии, включая аналитическую, органическую и неорганическую химию;

- место радиохимии в технологии производства и переработки ядерных материалов, обеспечении безопасной работы АЭС, включая поддержание водно-химического режима теплоносителя, его контроль и очистку от радиоактивных загрязнений;
- роль радиохимии в решении экологических проблем и охраны окружающей среды.

уметь:

- применять свои знания для решения исследовательских и прикладных задач, планирования радиохимического эксперимента;
- оценивать возможности радиохимических методов для выделения и концентрирования радионуклидов, определения состояния радионуклидов в растворах, газовой и твердой фазах, метода радиоактивных индикаторов для целей прикладной радиохимии;
- проводить расчет содержания радионуклидов в объектах окружающей среды;
- адекватно анализировать ситуацию для принятия решений, обеспечивающих экологическую и радиохимическую безопасность окружающей среды.

владеть:

- принципами организации и планирования радиохимического эксперимента;
- подходами, применяемыми для разделения, выделения и концентрирования радионуклидов;
- навыками расчета содержания радионуклидов в объектах окружающей среды;
- методологией оценки и прогнозирования радиационной обстановки в целях обеспечения безопасности населения и окружающей среды.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина преподается в четвертом семестре. Общее количество часов для изучения дисциплины – 112, в том числе аудиторных часов – 50, из них: лекции – 30 часов (из них 4 часа ДО), семинарские занятия – 14 часов, УСП – 6 часов.

Форма получения первой ступени высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

Количество зачетных единиц – 2,5.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Общая радиохимия

Тема 1.1. Предмет радиохимии

История научных открытий конца XIX и начала XX века, приведших к возникновению радиохимии и становлению её как самостоятельного раздела химии. Роль ученых различных стран в создании и развитии радиохимии. Характерные особенности и этапы развития радиохимии.

Тема 1.2. Поведение изотопных частиц

Общехимические свойства изотопных частиц. Причины идентичности общехимических свойств изотопов. Термодинамическое поведение изотопных частиц. Критерии идентичности термодинамического поведения изотопов. Кинетическое поведение изотопных частиц. Критерии идентичности кинетического поведения изотопов.

Тема 1.3. Процессы изотопного обмена

Классификация реакций изотопного обмена. Особенности и причины протекания реакций изотопного обмена. Кинетика гомогенного изотопного обмена. Степень обмена. Механизмы реакций изотопного обмена. Использование реакций гомогенного изотопного обмена для выяснения химической природы соединения. Гетерогенный изотопный обмен. Использование изотопного обмена для синтеза меченых соединений. Экспериментальные методы исследования процессов изотопного обмена.

Тема 1.4. Состояние радионуклидов в растворах

Ионнодисперсное, молекулярное и коллоидное состояние. Истинные коллоиды и псевдоколлоиды. Факторы, влияющие на процесс образования радиоколлоидов. Методы обнаружения и изучения радиоколлоидов: методы адсорбции и десорбции, диализа, ультрафильтрации, центрифугирования, диффузии, электрофореза, радиографии, экстракции, ионного обмена.

Тема 1.5. Распределение микроколичеств радиоактивных изотопов между твердой и жидкой фазами

Значение процессов распределения для радиохимии. Поведение вещества в состоянии крайнего разведения и процессы соосаждения. Закон соосаждения Хана. Соосаждение при отсутствии изоморфизма. Объединенное правило Фаянса-Хана. Процессы изоморфной и изодиморфной сокристаллизации. Определение изоморфизма по Гольдшмидту. Гомогенное распределение микрокомпонента между твердой и жидкой фазами. Закон Бертло-Нернста. Доказательство возможности истинного термодинамического равновесия между кристаллами и раствором. Закон Хлопина. Факторы, влияющие на распределение компонентов между твердой и жидкой фазами. Гетерогенное (неравновесное) распределение микрокомпонента между твердой и жидкой фазами. Связь характера распределения с постоянной кристаллизации λ . Распределение микрокомпонента между твердой фазой и расплавом. Методы разграничения

различных видов сокристаллизации. Примеры использования процессов изоморфной сокристаллизации при радиохимических исследованиях.

Тема 1.6. Адсорбция радиоактивных веществ

Правила адсорбции и систематика адсорбционных явлений. Первичная и вторичная адсорбция. Классификация адсорбционных процессов по Ратнеру. Механизм адсорбции, влияние различных факторов на процесс адсорбции. Первичная потенциалообразующая адсорбция. Первичная обменная адсорбция. Вторичная обменная адсорбция. Влияние на адсорбционные процессы различных факторов. Внутренняя адсорбция. Особенности процессов распределения вещества в результате внутренней адсорбции. Методы разграничения отдельных видов адсорбции. Использование адсорбционных процессов в радиохимии.

Тема 1.7. Электрохимические методы в радиохимии

Особенности электрохимии радиоактивных элементов. Электрохимическое выделение изотопов с применением внешней ЭДС. Методы определения критического потенциала осаждения радиоактивных элементов: метод Хевеши-Панета, метод Ф. Жолио-Кюри, метод Зива, Сеницыной, объединенный метод. Применимость уравнения Нернста к случаю электрохимического осаждения микроколичеств вещества. Влияние природы электрода на величину критического потенциала осаждения радиоактивных элементов. Применение электрохимических методов для исследования химических и физико-химических свойств радиоактивных изотопов. Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных элементов. Бестоковое осаждение. Электролиз.

Тема 1.8. Ионообменные методы в радиохимии

Физико-химические основы метода. Требования к ионообменным смолам и их основные свойства. Общие закономерности ионообменной хроматографии. Изучение состояния радиоактивных изотопов методом ионного обмена. Практические вопросы разделения и выделения изотопов с помощью ионного обмена.

Тема 1.9. Экстракционные методы в радиохимии

Общие представления и основные закономерности. Факторы, влияющие на процесс экстракции. Нейтральные, кислотные и основные экстрагенты. «Зеленые» экстракционные технологии. Кинетика процессов экстракции.

Раздел 2. Химия радиоактивных элементов

Тема 2.1. Радиоактивные элементы в природе

Свойства и характеристики представителей естественных радиоактивных семейств: актиний, франций, радий, астат, радон, висмут, полоний.

Тема 2.2. Химия технеция

Технеций: ядерные свойства. Простые и сложные соединения: гидриды, оксиды, сульфиды, галогениды, металлоорганические соединения. Кластерные соединения. Химия растворов. Применение технеция. Технеций в окружающей среде. Методы определения и разделения технеция.

Тема 2.3. Актиний и актиниды

Возникновение актиноидной гипотезы (Бор, Сиборг). Общая характеристика гипотезы. Характеристика электронных структур элементов. Химические и физические доказательства актиноидного характера элементов с порядковыми номерами 90-104 (изменение устойчивости валентных состояний, кристаллографические данные об актиноидном сжатии, спектры поглощения растворов, магнитная восприимчивость и др.). Особенности первых членов ряда (торий, уран). “Уранидная ” и “торидная” гипотеза (Гайсинский, Захариазен). Современные данные о состояниях окисления актинидных элементов. Трансактиниды. Их место в периодической таблице элементов. Электронные конфигурации. Экспериментально доказанные и предсказанные химические свойства трансактинидов. О границах периодической системы. Синтез сверхтяжелых элементов.

Тема 2.4. Химия урана и трансурановых элементов

Ядерные свойства. Разделение изотопов, выделение изотопов, образующихся при радиоактивном распаде. Простые и сложные соединения: гидриды, карбиды, силициды, халькогениды, галогениды. Химия растворов. Состояния окисления. Термодинамические параметры. Электродные потенциалы.

Распространенность в природе: минералы, экономически рентабельные месторождения, низкосортные месторождения. Получение и очистка. Предварительное концентрирование. Извлечение из руд. Переработка урановой руды в ядерное топливо.

Раздел 3. Прикладная радиохимия

Тема 3.1. Радиоактивные индикаторы в химических исследованиях

Основные направления использования радионуклидов для анализа вещества. Преимущества использования радионуклидов в химическом анализе. Определение малого содержания вещества по известной удельной активности, метод изотопного разбавления, анализ, основанный на использовании избытка осадителя, радиометрическое титрование. Активационный анализ.

Определение растворимости малорастворимых веществ. Определение давлений насыщенных паров. Определение коэффициентов диффузии в твердых телах (метод снятия слоев) и в жидкостях (капиллярный метод). Определение состава и констант образования комплексных ионов. Использование радиоактивных индикаторов в химической кинетике

(определение констант скоростей обратимых реакций при равновесии, кинетический изотопный метод М.Б.Неймана). Использование радионуклидов в электрохимии (изучение адсорбции на электроде, определение чисел переноса).

Синтез меченых органических соединений (прямой химический синтез, специфические радиохимические методы, биосинтез). Основные типы задач, решаемых с помощью радиоактивных индикаторов в органической химии. Изучение с использованием радионуклидов механизмов органических реакций; идентификация места разрыва или образования химических связей.

Тема 3.2. Основы химии ядерного топливного цикла

Место радиохимии в технологии производства и переработки ядерных материалов. Химия ядерного горючего. Основы ядерного топливного цикла. Преимущества и недостатки различных ЯТЦ. Химия продуктов деления. Отработанное ядерное топливо. Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива. Технология обезвреживания радиоактивных отходов: сбор, транспортировка, очистка, переработка, хранение.

Роль радиохимии в поддержании водно-химического режима теплоносителя на АЭС. Контроль и очистка от радиоактивных загрязнений теплоносителя на АЭС. Радиоактивные продукты коррозии и проблемы дезактивации.

Нанотехнологии в ядерной энергетике.

Тема 3.3. Применение радиохимических методов при мониторинге окружающей среды

Радиоэкологические последствия эксплуатации радиационно-опасных объектов. Радиоэкологические проблемы, обусловленные естественными радионуклидами в неядерных областях. Исследование форм нахождения, миграционного поведения техногенных радионуклидов в окружающей среде. Радиационный мониторинг. Особенности объектов исследования. Отбор и первичная обработка проб. Учет потерь летучих веществ. Растворение анализируемых проб. Выделение и радиохимическая очистка исследуемых элементов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Общая радиохимия							
1.1	Предмет радиохимии	2						Аналитический обзор
1.2	Поведение изотопных частиц	1						Экспресс-опрос
1.3	Процессы изотопного обмена	1		2				Диалог вопрос-ответ
1.4	Состояние радионуклидов в растворах	2						Экспресс-опрос
1.5	Распределение микроколичеств радиоактивных изотопов между твердой и жидкой фазами	2					2	Контрольная работа
1.6	Адсорбция радиоактивных веществ	2					2	Контрольная работа
1.7	Электрохимические методы в радиохимии	2		2				Диалог вопрос-ответ, решение задач
1.8	Ионообменные методы в радиохимии	2		2				Диалог вопрос-ответ, решение задач
1.9	Экстракционные методы в радиохимии	2		2				Диалог вопрос-ответ, решение задач
2	Химия радиоактивных элементов							

2.1	Радиоактивные элементы в природе			2				Диалог вопрос-ответ
2.2	Химия технеция	2		2				Диалог вопрос-ответ
2.3	Актиний и актиниды	2						Экспресс-опрос
2.4	Химия урана и трансурановых элементов	2						Экспресс-опрос
3	Прикладная радиохимия							
3.1	Радиоактивные индикаторы в химических исследованиях	2					2	Аналитический обзор
3.2	Основы химии ядерного топливного цикла	4 (ДО)						Эвристический диалог
3.3	Применение радиохимических методов при мониторинге окружающей среды	2		2				Тематическая презентация
	Итого	30		14			6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы:

1. Бекман И.Н. Радиохимия: учебник и практикум для вузов: [в 2 т.]. Т. 1: Фундаментальная радиохимия. – Москва : Юрайт, 2020. – 473 с.
2. Бекман И.Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия: учебник для бакалавриата и магистратуры / 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2018. – 409 с.
3. Вдовенко В.Н. Современная радиохимия. – М.: Атомиздат, 1969. – 544 с.
4. Гергалов В.И. Радиохимия. В 2 ч. Ч. 1 Радиоактивность и защита от ионизирующих излучений. – Мн., 2015. – 119 с.
5. Давыдов Ю.П. Основы радиохимии. – Мн., 2014. – 318 с.
6. Егоров Ю.В., Н.Д. Бетенеков, Пузако В.Д. Методы концентрирования и разделения радионуклидов / 2-е изд. – Москва : Юрайт, 2018. – 129 с.
7. Несмеянов А.Н. Радиохимия. – М.: Химия, 1978. – 559 с.
8. Нефедов В.Д., Текстер Е.Н., Торопова М.А. Радиохимия: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1987. – 272 с.
9. Химические проблемы атомной энергетики: [в 3 т.] / [авт. Л.Н. Москвин и др.]. Т.2: Радиохимический анализ и радиохимические технологии. – Санкт-Петербург, 2013. – 282 с.
10. Adloff Jean-Pierre. Fundamentals of Radiochemistry. – Boca Raton; London; New York: CRC Press, 2018. – 414 p.
11. Radiochemistry and Nuclear Chemistry / by G. Chopin etc. – 4th ed. – Elsevier, 2013. – 858 p.

Перечень дополнительной литературы:

1. Бессонов В.А. Основы радиохимии: учебное пособие. – ОГТУАЭ, Обнинск, 2004. – 72 с.
2. Жерин И.И. Основы радиохимии, методы выделения и разделения радиоактивных элементов: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 196 с.
3. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н.. Радиоактивность окружающей среды. – М.: Бином. 2006. – 286 с.
4. Radioanalytical Chemistry / ed. V. Kahn. - USA : Springer. – 2007. – 481 с.
5. Химия актиноидов: В 3-х т. Т.1. Пер. с англ./ Под ред. Дж.Каца, Г.Сиборга, Л.Морсса. – М.: Мир 1991. – 525 с.
6. Химия актиноидов: В 3-х т. Т.2. Пер. с англ./ Под ред. Дж.Каца, Г.Сиборга, Л.Морсса. – М.: Мир 1997. – 664 с.
7. Химия актиноидов: В 3-х т. Т.3. Пер. с англ./ Под ред. Дж.Каца, Г.Сиборга, Л.Морсса. – М.: Мир 1999. – 670 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

1. Экспресс-опрос по темам «Поведение изотопных частиц», «Состояние радионуклидов в растворах», «Актиний и актиниды», «Химия урана и трансураниевых элементов».
2. Диалог вопрос–ответ по темам «Процессы изотопного обмена», «Электрохимические методы в радиохимии», «Ионообменные методы в радиохимии», «Экстракционные методы в радиохимии», «Химия технеция».
3. Эвристический диалог по теме «Основы химии ядерного топливного цикла».
4. Контрольные работы по темам «Распределение микроколичеств радиоактивных изотопов между твердой и жидкой фазами», «Адсорбция радиоактивных веществ».
5. Составление аналитического обзора по темам «Предмет радиохимии», «Радиоактивные индикаторы в химических исследованиях».
6. Подготовка тематической презентации по теме «Применение радиохимических методов при мониторинге окружающей среды».

При оценке в формате экспресс-опроса и диалога вопрос-ответ учитывается вовлеченность студента в беседу, наличие грамотной аргументации, привлечение знаний, полученных в ходе предыдущих лекционных занятий.

При проведении эвристического диалога будет соблюдаться формат "студент-преподаватель", в котором вопрошающая доминанта принадлежит обучающемуся, а не педагогу. Будут созданы условия для горизонтальных коммуникаций студентов. Студентам будет предоставлена возможность самим оценить уровень своих компетенций и наметить самостоятельную образовательную траекторию.

При оценивании аналитических обзоров и тематической презентации обращается внимание на самобытность (оригинальность) созданного образовательного продукта, содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию.

При оценивании контрольной работы учитывается полнота и логичность ответа, грамотность и стиль изложения, корректность оформления.

Форма текущей аттестации - экзамен. Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (приказ ректора БГУ от 18.05.2015 № 382-ОД);
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2013).

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование рейтинговой оценки за текущую успеваемость:

- ответы на семинарских занятиях – 30 %;
- участие в эвристическом диалоге и экспресс-опросах – 20 %.
- выполнение заданий (составление аналитических обзоров, тематической презентации, контрольные работы) – 50 %;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценка по текущей успеваемости составляет 50 %, экзаменационная оценка – 50 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

1. **Тема:** «Распределение микроколичеств радиоактивных изотопов между твердой и жидкой фазами», 2 часа
Задание 1. Рассмотреть особенности соосаждения радионуклидов с изотопными, специфическими и неспецифическими носителями, преимущества и недостатки их использования.
Задание 2. Рассмотреть условия применения уравнения Гендерсона-Кречека и Дернера-Госкинса.
Перечень средств диагностики:
Контрольная работа.
2. **Тема:** «Адсорбция радиоактивных веществ», 2 часа
Задание 1. Рассмотреть виды адсорбции радионуклидов: первичную обменную и первичную потенциалобразующую, вторичную обменную и внутреннюю.

Задание 2. Охарактеризовать методы разграничения различных видов соосаждения.

Перечень средств диагностики:

Контрольная работа.

3. **Тема:** «Радиоактивные индикаторы в химических исследованиях», 2 часа

Задание 1. Описать примеры использования метода радиоактивных индикаторов в аналитической химии (радиометрическое титрование, метод изотопного разбавления и др.).

Задание 2. Рассмотреть основные типы задач, решаемых с помощью радиоактивных индикаторов в органической химии.

Задание 3. Привести примеры использования радиоактивных индикаторов в других областях химии.

Перечень средств диагностики:

Составление аналитического обзора.

Примерная тематика семинарских занятий

1. Механизмы реакций изотопного обмена.
2. Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных элементов.
3. Разделение и выделение радиоизотопов методом экстракции.
4. Ионообменная хроматография в радиохимии.
5. Ядерные и химические свойства технеция. Методы определения и разделения технеция.
6. Свойства основных представителей радиоактивных семейств.
7. Исследование форм нахождения и миграционного поведения техногенных радионуклидов в окружающей среде.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

методы и приемы развития критического мышления, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

практико-ориентированный подход, который предполагает освоение дисциплины через решение практических задач.

При преподавании дисциплины используется образовательный модуль, созданный в **технологии подкастинга** и включающий лекции в виде аудио- и видеофайлов и тестовые задания к ним по теме «Основы химии ядерного топливного цикла».

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется:

1. Разработка и составления банка групповых или индивидуальных заданий; пояснение основных требований к их выполнению;

2. Использование современных информационных технологий: размещение в сетевом доступе комплекса учебных и учебно-методических материалов (программа учебной дисциплины, задания в тестовой форме, темы кратких рефератов, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов и др.).

Примерный перечень вопросов к экзамену

- Предмет, задачи, характерные особенности и этапы развития радиохимии.
- Общехимические свойства изотопных частиц. Термодинамическое и кинетическое поведение изотопных частиц.
- Классификация реакций изотопного обмена. Особенности и причины протекания реакций изотопного обмена.
- Механизмы реакций изотопного обмена. Области использования реакций изотопного обмена.
- Кинетика гомогенного изотопного обмена. Степень обмена.
- Первичная и вторичная обменная адсорбция. Внутренняя адсорбция.
- Первичная потенциалообразующая адсорбция.
- Состояние радиоактивных элементов в различных средах и методы его изучения.
- Факторы, влияющие на распределение компонентов между твердой и жидкой фазами.
- Закономерности соосаждения: правило Гана, закон Хлопина, уравнение Гендерсона-Кречека.
- Процессы соосаждения с изотопными, специфическими и неспецифическими носителями.
- Кинетика процессов соосаждения. Уравнение Дернера-Госкинса.

- Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных элементов.
- Применимость уравнения Нернста к случаю электрохимического осаждения микроколичеств вещества.
- Критический потенциал осаждения радиоактивных элементов: понятие, методы определения, влияние природы электрода на величину потенциала.
- Преимущества и недостатки электрохимических методов. Основные характеристики.
- Ионнообменные методы в радиохимии: физико-химические основы.
- Виды колоночной хроматографии. Комплексообразовательная хроматография в радиохимии.
- Иониты, применяемые в радиохимии, и их основные свойства.
- Мессбауэровская спектроскопия и ее применение в радиохимии.
- Основные характеристики процесса экстракции и ее применение в радиохимии. Нейтральные, кислотные и основные экстрагенты.
- «Зеленые» экстракционные технологии.
- Технеций: ядерные свойства. Простые и сложные соединения: гидриды, оксиды, сульфиды, галогениды, металлоорганические соединения. Кластерные соединения. Химия растворов.
- Применение технеция. Технеций в окружающей среде. Методы определения и разделения технеция.
- Актиниды. Общая характеристика гипотезы Сиборга. Свойства, характерные степени окисления, поведение в растворах.
- Нептуний: ядерные свойства. Простые и сложные соединения. Химия растворов.
- Методы определения и разделения нептуния.
- Плутоний: ядерные свойства. Простые и сложные соединения. Химия растворов.
- Методы определения и разделения плутония.
- Реакция деления: характеристики. Химия продуктов деления.
- Переработка урановой руды в ядерное топливо. Аффинаж урана.
- Радиохимическая переработка ОЯТ.
- Радиоактивные индикаторы в химических исследованиях.
- Нанотехнологии в ядерной энергетике.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Химия естественных радиоактивных элементов	Неорганической химии	Нет	Протокол № 4 от 09 ноября 2020 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на _____ / _____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры физической химии химического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № __ от ____ г.)

Заведующий кафедрой

доктор химических наук,

профессор _____

(ученая степень, ученое звание) (подпись)

О.И. Шадыро

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

доктор химических наук,

член-корр. НАН Беларуси _____

(ученая степень, ученое звание) (подпись)

Д.В. Свиридов

(И.О.Фамилия)