

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и
аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук
(ГЕОХИ РАН)

ПРИНЯТО

Ученым советом ГЕОХИ РАН

Протокол № 8 от 22 октября 2014 г.



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ГЕОХИ РАН

Д.х.н. Колотов В.П.

22 октября 2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Проблемы современной радиохимии»

Направления подготовки: 04.06.01 - Химические науки

(указывается код и наименование направления подготовки)

Направленности (профили) подготовки: 02.00.14 «Радиохимия»

(наименование направленности подготовки)

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная

Вид итогового контроля: Зачет

(Зачет/Дифференцированный зачет/Экзамен)

Москва 2016

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень кадров высшей квалификации). Приказ Минобрнауки РФ №869 от 30 июля 2014г. (зарегистрирован в Минюсте России 20 августа 2014г., регистрационный № 33718).

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель курса: дать аспирантам, обучающимся по профилю (направленности) «Радиохимия» углубленное представление о ядерно-физических, химических и других свойствах радионуклидов, методов их получения, радиохимических методах переработки радиоактивных веществ, ядерной химии и использовании идей фундаментальной радиохимии в науке, технике и медицине.

Задачи дисциплины связаны с ознакомлением аспирантов со следующими вопросами: химия радиоактивных элементов, изотопов и веществ, законы их физико-химического поведения, химия ядерных превращений и сопутствующие физико-химические процессы, синтез меченых соединений, методы выделения, разделения и очистки радиоактивных элементов и изотопов, методы радиохимического анализа, химия ядерного топлива, научные основы радиохимической технологии и проблемы обращения с радиоактивными отходами, формы существования и миграции радионуклидов в природных средах, метод радиоактивных индикаторов, химические аспекты использования радионуклидов в биологии и медицине

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Проблемы современной радиохимии» входит в вариативную часть ООП и относится к числу обязательных дисциплин для обучения аспирантов, обучающихся по профилю 02.00.14 и направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальности.

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Знать: основные методы научно-исследовательской деятельности.

Уметь: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач

Владеть: навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.

Для освоения дисциплины «Радиохимия» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда дисциплин (разделов дисциплин), таких как: Общая неорганическая химия. Физическая химия. Аналитическая химия.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код компетенции	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p>Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p>Уметь: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач.</p> <p>Владеть: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>
УК-5	способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.	<p>Знать: содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда.</p> <p>Уметь: осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом.</p> <p>Владеть: приёмами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач.</p>
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p>Знать: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности</p> <p>Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования.</p>
ОПК-2	готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук	<p>Знать: основные принципы организации работы в коллективе и способы разрешения конфликтных ситуаций/</p> <p>Уметь: планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и</p>

		оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива.
ПК-3	способность и готовность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов в области радиохимии.	Знать: способность и готовность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов в области радиохимии. Владеть: методами планирования, подготовки, проведения научно-исследовательской работы по направленности (02.00.14 Радиохимия)

4. Структура и содержание дисциплины

Приведенная ниже таблица отражает распределение учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. Работа
				Лекц.	Сем.	Прак.	КСР.		
1.	Радиохимия	216	92	36	32	24	-	88	Экзамен (36)

Содержание разделов дисциплины:

Содержание раздела (темы)	Количество часов (лекции+семинары)
<i>Лекции/Семинары</i>	
1. Физические основы радиохимии <ol style="list-style-type: none"> Предмет радиохимии. Ранние и современные определения радиохимии. Основные этапы развития радиохимии и их характеристика. Общие свойства атомных ядер. Изотопия (включая систематику и распределение изотопов). Виды радиоактивного распада и его законы. Взаимодействие излучения с веществом. Основы дозиметрии. Методы обнаружения и измерения интенсивности радиоактивных излучений. Основные методы ядерной спектроскопии. Общие закономерности ядерных реакций. Энергетические эффекты, эффективное сечение. Основные типы ядерных реакций. Взаимодействие нейтронов с веществом. Реакция деления. Цепная ядерная реакция. Основные типы атомных реакторов. Понятие о термоядерных реакциях. Реакции 	6+4

<p>получения трансураниевых элементов с помощью нейтронов (реактор, водородная бомба) и ускоренных ионов.</p> <p>5. Пост-эффекты ядерных реакций и ядерных превращений. Эффект Мессбауэра. Применение его в химических исследованиях. Аннигиляция позитронов. Позитроний как объект химического исследования.</p>	
<p>2. Свойства и поведение изотопов средних и тяжелых элементов</p> <p>1. Явление изотопного обмена и его определение. Идеальный изотопный обмен. Классификация реакций идеального изотопного обмена. Движущая сила реакций идеального изотопного обмена. Динамический характер изотопного состава объектов радиохимии. Ядерно-физические и физико-химические аспекты поведения изотопов. Понятие идентичности физико-химического поведения изотопных атомов.</p> <p>2. Важнейшие термодинамические, термодинамические и кинетические особенности реакций изотопного обмена. Основной закон кинетики реакции идеального изотопного обмена и его особенности. Важнейшие кинетические характеристики реакций идеального изотопного обмена.</p>	4+2
<p>3. Состояние и распределение радионуклидов в различных фазах. Процессы фазообразования и коллоидообразования</p> <p>1. Сорбция, хемосорбция и хроматография в радиохимии. Процессы соосаждения. Их классификация. Соосаждение с изотопными носителями. Принцип действия изотопных носителей. Сокристаллизация и адсорбция микроконцентраций радионуклидов. Изоморфное соосаждение. Образование Гриммовских смешанных кристаллов. Аномальные смешанные кристаллы.</p> <p>2. Количественные характеристики распределения микрокомпонента между осадком и раствором. Работы Хлопина и Гана. Термодинамически равновесное распределение. Закон Хлопина. Константа Хлопина и коэффициент кристаллизации. Работы Ратнера. Истинный коэффициент кристаллизации. Распределение микрокомпонента между твердой фазой и расплавом</p> <p>3. Состояние радиоактивных элементов в крайне разбавленных растворах. Истинные и псевдорadioколлоиды, условия их образования. Особенности поведения радионуклидов в радиоколлоидах. Методы исследования. Значение и область применения.</p>	6+6
<p>4. Методы выделения, разделения и очистки радиоактивных элементов и изотопов.</p> <p>1. Экстракционные, сорбционные, электрохимические, хроматографические процессы разделения в радиохимии.</p>	2+2
<p>5. Химия радиоактивных элементов</p> <p>1. Уран. Распространенность в природе, изотопы урана. Важнейшие соединения урана, их получение и свойства, Химия урана в растворах.</p> <p>2. Химия трансураниевых элементов в водных растворах</p>	4+4
<p>6. Определение радиоактивных элементов и изотопов.</p> <p>1. Методы радиохимического анализа. Авторадиография.</p>	4+4

Аналитический контроль радиохимических производств. Радиохимические аспекты радиационной безопасности 2. Ядерная спектрометрия	
7. Научные основы технологии ядерного топлива	2+2
8. Проблемы обращения с радиоактивными отходами	2+2
9. Меченые соединения 1. Радиоактивные индикаторы в науке и технологии. Химические аспекты использования радионуклидов в биологии и медицине, радиофармацевтика	2+2
10. Формы существования и миграции радионуклидов в природных средах. 1. Естественные и техногенные радионуклиды в биосфере. Определение радионуклидов в объектах окружающей среды. Радиоактивное загрязнение окружающей среды и возможности современной радиохимии в области мониторинга. Реабилитация территорий, загрязненных радионуклидами.	4+4
Практические занятия	
1 Ознакомление с оборудованием и программным обеспечением для гамма-спектрометрии	2
2 Получение гамма-спектров реальных образцов, их обработка и интерпретация.	8
3 Ознакомление с оборудованием и программным обеспечением для альфа-спектрометрии	2
4 Особенности и способы подготовки мишеней для альфа спектрометрии	4
5 Получение альфа-спектров реальных образцов, их обработка и интерпретация.	8

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Основной контроль знаний осуществляется в процессе участия в практических занятиях (обсуждения, ответов на вопросы, выполнение расчетных заданий).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Бекман И.Н. Радиохимия в 2-х т. Т.1 Фундаментальная радиохимия М.: Юрайт, 2014, 473 с.

2. Бекман И.Н. Радиохимия в 2-х т. Т.2 Прикладная радиохимия и радиационная безопасность М.: Юрайт, 2014, 386 с.
3. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. Бином, 2006, 268 с.
4. Ан.Н.Несмеянов. Радиохимия. М.: Химия. 1985.
5. Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков Радиоактивность. М.: Лань. 2013, 304 с.
6. И. Хала, Дж. Навратил. Радиоактивность, ионизирующее излучение и ядерная энергетика. Пер. с англ./под ред. Б.Ф. Мясоедова, С.Н. Калмыкова. М.: ЛКИ, 2013. 432 с.

Дополнительная литература

1. Ядерная энциклопедия Автор: Ярошинская А.А. Издательство: Благотворительный фонд Ярошинской Год: 1996 Страниц: 656
2. Химическая энциклопедия, Изд. БРЭ, т.т. 1-5, 1988-1998
3. Modelling in Aquatic Chemistry. OECD Publications, 1997, 724 pp.
4. The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements (Set Vol.1-6), Ed.: L.R. Morss, N. Edelstein, J. Fuger, J.J. Katz. Springer Netherlands, 2011.

Периодическая литература

Журналы «Радиохимия», "Radiochemical and nuclear chemistry", "Radiochimica Acta"

Интернет-ресурсы

1. <http://profbeckman.narod.ru/>
2. <http://beckuniver.ucoz.ru/>
3. <http://radiochemistry-msu.ru>
4. <https://thereda.com/en/>
5. <http://www.oecd-nea.org/dbtdb/>

7. Образовательные технологии

Кроме очных лекций проводятся практические занятия на базе аналитических лабораторий ГЕОХИ, используется самостоятельная работа и выполнение расчетных заданий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии:

- Персональный компьютер (или ноутбук) с необходимым программным обеспечением для работы устройства, а также для демонстрации презентаций MS PowerPoint.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.1. Радиохимическая лаборатория ГЕОХИ РАН имеет лицензию на право работ с радиоактивными веществами по второму классу. Лаборатория оснащена необходимыми приборами и оборудованием:

- приборы: гамма-спектрометр (Canberra) и полупроводниковый (HPGe) детектор, альфа-спектрометр (Canberra)
- лабораторное оборудование: центрифуги разного типа, микроволновые системы разложения проб, дистилляторы, весы технические, весы аналитические, лабораторная посуда, химические реактивы, растворы радионуклидов.

8.2. Лекционная аудитория, оборудованная проекционным оборудованием и доступом в сеть «Интернет».

9. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

9.1. Форма контроля знаний:

9.1.1. Текущий контроль знаний в течение всего курса осуществляется с помощью контрольных вопросов, заданий для расчетно-графических работ.

9.1.2. Зачет по дисциплине в конце курса обучения, который проходит в виде собеседования по реферату, подготовленному аспирантом по предложенной преподавателем теме заранее.

9.2. Планируемые результаты обучения, характеризующие этапы формирования компетенции, критерии, показатели и средства их оценивания.

9.2.1. Этапы формирования универсальной компетенции - УК-1:

9.2.1. Этапы формирования универсальной компетенции - УК-1:

Планируемые результаты обучения		Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).	
Критерии и показатели оценивания результатов обучения	1	неудовлетворительно	Отсутствие знаний
	2	неудовлетворительно	Фрагментарные представления о методах критического анализа и оценках современных научных достижений, а также о методах генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач
	3	удовлетворительно	Неполные представления о методах критического анализа и оценках современных научных достижений, а также о методах генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач
	4	хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представлений о методах критического анализа и оценках современных научных достижений, а также о методах генерирования новых идей при решении исследовательских и

			практических задач
	5	отлично	Сформированные систематические представления о методах критического анализа и оценках современных научных достижений, а также о методах генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач

Планируемые результаты обучения			Уметь: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач (УК-1).
Критерии и показатели оценивания результатов обучения	1	неудовлетворительно	Отсутствие умений
	2	неудовлетворительно	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач
	3	удовлетворительно	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач
	4	хорошо	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы анализа альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач
	5	отлично	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач

Планируемые результаты обучения			Владеть: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).
Критерии и показатели оценивания результатов обучения	1	неудовлетворительно	Отсутствие навыков
	2	неудовлетворительно	Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач
	3	удовлетворительно	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач
	4	хорошо	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач
	5	отлично	Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач

9.2.2. Этапы формирования универсальной компетенции - УК-5

Планируемые результаты обучения		Знать: содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда. (УК-5).	
Критерии и показатели оценивания результатов обучения	1	неудовлетворительно	Отсутствие знаний
	2	неудовлетворительно	Допускает существенные ошибки при раскрытии содержания процесса целеполагания, его особенностей и способов реализации.
	3	удовлетворительно	Демонстрирует частичные знания содержания процесса целеполагания, некоторых особенностей профессионального развития и самореализации личности; указывает способы реализации, но не может обосновать их использования в конкретных ситуациях.
	4	хорошо	Демонстрирует знания сущности процесса целеполагания, отдельных особенностей процесса и способов его реализации, характеристик профессионального развития личности, но не выделяет критерии выбора способов целереализации при решении профессиональных задач..
	5	отлично	Раскрывает полное содержание процесса целеполагания, всех его особенностей, аргументировано обосновывает критерии выбора способов профессиональной и личностной целереализации при решении профессиональных задач..

Планируемые результаты обучения		Уметь: осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом. (УК-5).	
Критерии и показатели оценивания результатов обучения	1	неудовлетворительно	Не готов и не умеет осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом.
	2	неудовлетворительно	Готов осуществлять личностный выбор в конкретных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, но не умеет оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом.
	3	удовлетворительно	Осуществляет личностный выбор в конкретных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивает некоторые последствия

			принятого решения, но не готов нести за него ответственность перед собой и обществом.
	4	хорошо	Осуществляет личный выбор в стандартных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивает некоторые последствия принятого решения и готов нести за него ответственность перед собой и обществом.
	5	отлично	Умеет осуществлять личный выбор в различных нестандартных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом.

Планируемые результаты обучения			Владеть: приёмами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач. (УК-5).
Критерии и показатели оценивания результатов обучения	1	неудовлетворительно	Отсутствие навыков
	2	неудовлетворительно	Владеет отдельными приёмами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных профессиональных задач, допуская ошибки при выборе приёмов и технологий их реализации.
	3	удовлетворительно	Владеет отдельными приёмами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных профессиональных задач, давая не полностью аргументированное обоснование предлагаемого варианта решения.
	4	хорошо	Владеет приёмами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных профессиональных задач, полностью аргументируя предлагаемые варианты решения.
	5	отлично	Демонстрирует владение системой приёмов и технологий целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению нестандартных профессиональных задач, полностью аргументируя выбор предлагаемого варианта решения.

9.2.3. Этапы формирования общепрофессиональной компетенции - ОПК-1:

Планируемые результаты обучения			Знать: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности (ОПК-1).
Критерии и показатели оценивания	1	неудовлетворительно	Отсутствие знаний
	2	неудовлетворительно	Фрагментарные представления о современных способах использования информационно-

результатов обучения			коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности.
	3	удовлетворительно	В целом успешные, но не систематические представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности.
	4	хорошо	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности.
	5	отлично	Сформированные представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности используемые в практике научных исследований химической направленности.

Планируемые результаты обучения			Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования. (ОПК-1) .
Критерии и показатели оценивания результатов обучения	1	неудовлетворительно	Отсутствие умений
	2	неудовлетворительно	Фрагментарное использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи
	3	удовлетворительно	В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи.
	4	хорошо	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использования умения выбирать и применять экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи..
	5	отлично	Сформированное умение выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи

9.2.4. Этапы формирования общепрофессиональной компетенции - ОПК-2:

Планируемые результаты обучения			Уметь: планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива (ОПК-2) .
Критерии и показатели	1	неудовлетворительно	Отсутствие умений
	2	неудовлетворительно	Фрагментарное использование разделения

оценивания результатов обучения			научной работы на составные части, отсутствие умения оптимизировать распределение обязанностей между членами команды
	3	удовлетворительно	В целом успешное, но не систематическое использование умения планировать научную работу и формировать команду с адекватным распределением обязанностей между членами коллектива
	4	хорошо	Сформированное умение составления плана научной работы, схем взаимодействия при решении исследовательских и практических задач с оценкой их сильных и слабых сторон, но наличие определенных затруднений с формированием команды
	5	отлично	Сформированное умение составления плана научной работы с выделением параллельно и последовательно выполняемых стадий с оптимальным распределением обязанностей между членами коллектива.

9.2.5. Этапы формирования профессиональной компетенции - ПК-3:

Планируемые результаты обучения			Знать: способность и готовность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов в области радиохимии. (ПК-3).
Критерии и показатели оценивания результатов обучения	1	неудовлетворительно	Отсутствие знаний
	2	неудовлетворительно	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области радиохимии
	3	удовлетворительно	Неполные представления о современном состоянии науки в области радиохимии
	4	хорошо	Сформированные представления, но содержащие отдельные пробелы представления о современном состоянии науки в области радиохимии
	5	отлично	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области радиохимии

Планируемые результаты обучения			Владеть: методами планирования, подготовки, проведения научно-исследовательской работы по направленности (02.00.14 Радиохимия) (ПК-3).
Критерии и показатели оценивания результатов обучения	1	неудовлетворительно	Отсутствие навыков
	2	неудовлетворительно	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения научно-исследовательской работы
	3	удовлетворительно	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения научно-исследовательской работы
	4	хорошо	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения методов планирования,

			подготовки и проведения научно-исследовательской работы
	5	отлично	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения научно-исследовательской работы

9.2.5. Оценочные средства (в виде устных вопросов, тем расчетно-графических работ, тем реферата).

9.2.5.1. Перечень примерных вопросов для текущего контроля знаний

Физические основы радиохимии. Элементы общей радиохимии. Химия радиоактивных элементов.

- 1 История научных открытий, приведших к созданию радиохимии. Роль русских ученых.
- 2 Радиоактивность (α , β , E-захват, изомерный переход). Закон радиоактивного распада.
- 3 Взаимодействие излучения с веществом. Регистрация излучений.
- 4 Типы ядерных реакций. Общие закономерности ядерных реакций. Получение быстрых заряженных частиц.
- 5 Эффект Мессбауэра. Применение его в химических исследованиях.
- 6 Изотопный обмен. Значение процессов изотопного обмена для теоретической и прикладной радиохимии и смежных с ней областей знаний.
- 7 Особенности поведения радиоактивных веществ (коллоидообразование, адсорбция, соосаждение).
- 8 Разделение, выделение и концентрирование радионуклидов: экстракционные методы.
- 9 Разделение, выделение и концентрирование радионуклидов: сорбционные методы.

Химия радиоактивных элементов. Химические процессы, инициированные ядерными превращениями.

- 1 Естественные и искусственные радиоактивные элементы. Степени окисления элементов и их устойчивость, важнейшие химические формы, практическое использование.
- 2 Актиниды и периодическая система Д.И. Менделеева.
- 3 Изотопы урана. Разделение изотопов урана. Важнейшие соединения урана, их получения и свойства.
- 4 Изотопы плутония. Валентные состояния плутония.
- 5 Химические изменения при изомерном переходе.
- 6 Химические изменения при процессах β -распада.
- 7 Реакция (η , γ). Ее особенности. Эффект Сцилларда-Чалмерса. Реакции «горячих» атомов.
- 8 Процессы β -распада атомов в составе молекулярных систем как основа метода синтеза новых химических форм радиоактивных элементов и меченых соединений.
- 9 Химические изменения при рациональном захвате нейтрона как основа метода обогащения искусственных радионуклидов и синтеза меченых соединений.

Научные основы технологии ядерного горючего

- 1 Переработка урановых руд и их комплексное использование. Физические и химические методы обогащения, вскрытие урановых руд.
- 2 Основные химические реакции, используемые при разделении урана, нептуния, плутония и продуктов деления.
- 3 Типы ядерных реакций. Цепные реакции. Принцип действия ядерного реактора. Ядерное топливо, замедлители, теплоносители.
- 4 Реакторы. Материалы, применяемые в качестве замедлителей, теплоносителей, отражателей и деталей конструкций.
- 5 Осадительные процессы переработки топлива в целях получения плутония: лантансульфатный, фторидный, висмутфосфатный.
- 6 Экстракционно-хроматографические методы - основа технологических процессов безотходных производств.
- 7 Переработка облученного ядерного топлива сухими методами. Процессы разделения, основанные на различной летучести фторидов, экстракция из расплавов жидкими металлами и солями.
- 8 Новые виды ядерных топлив. Реакторы на быстрых нейтронах.
- 9 Радиохимические аспекты ядерной трансмутации.

Прикладная радиохимия. Проблемы обращения с радиоактивными отходами.

- 1 Формы существования и миграции радионуклидов в природных средах. Естественные и техногенные радионуклиды в биосфере.
- 2 Методы диагностики материалов. Нейтронные методы исследования материалов. Методы, основанные на использовании ионных пучков.
- 3 Основы метода радиоактивных индикаторов. Применение радиоактивных изотопов в аналитической, органической и физической химии.
- 4 Меченые соединения. Получение и идентификация меченых соединений. Процессы авторадиолиза.
- 5 Принципы радиозэкологического мониторинга территорий, загрязнённых радионуклидами.
- 6 Радионуклиды, применяемые в ядерной медицине.
- 7 Понятие радиофармацевтического препарата (РФП). Классификация и контроль качества РФП.
- 8 Позитронно-эмиссионная томография.
- 9 Циклотронные и реакторные нуклиды. Радиохимические аспекты производства радионуклидов для ядерной медицины.

9.2.5.2. Список домашних заданий:

1. Самостоятельно предложить задачи и провести расчёт кинетики радиоактивного распада смесей радионуклидов и генетически связанных радионуклидов.
2. Самостоятельно предложить задачи и провести расчёт изотопных эффектов
3. Самостоятельно предложить задачи и провести расчет химических равновесий с использованием специализированного программного обеспечения.

9.2.5.3. Список примерных тем для рефератов

1. Технеций: синтез и свойства
2. Основные вопросы радиофармацевтики
3. Спектрометрические методы идентификации и определения радионуклидов
4. Современные методы переработки отработанного ядерного топлива
5. Методы инкорпорирования радиоактивных отходов в минералоподобные матрицы

10. ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности 02.00.14 «Радиохимия» по химическим и техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие разделы науки: радиохимия, ядерная физика, радиохимическая технология.

Программа разработана экспертным советом по химии (по неорганической химии) Высшей аттестационной комиссии Минобразования России при участии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, С.-Петербургского государственного университета, Института физической химии РАН, Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, РНЦ "Курчатовский институт" и НПО "Радиевый институт" им. В.Г. Хлопина.

I. Физические основы радиохимии

История научных открытий конца XIX и начала XX века, приведших к созданию радиохимии и ядерной физики как самостоятельных разделов химии и физики. Роль русских ученых в создании и развитии радиохимии.

Предмет радиохимии. Ранние и современные определения радиохимии. Основные этапы развития радиохимии и их характеристика.

Общие свойства атомных ядер. Изотопия (включая систематику и распределение изотопов). Радиоактивность (альфа, бета, К - захват, изомерный переход). Законы распада. Взаимодействие излучения с веществом. Основы дозиметрии. Методы обнаружения и измерения интенсивности радиоактивных излучений. Основные методы ядерной спектроскопии.

Получение быстрых заряженных частиц. Источники нейтронов. Общие закономерности ядерных реакций. Энергетические эффекты, эффективное сечение. Основные типы ядерных реакций. Взаимодействие нейтронов с веществом. Реакция деления. Цепная ядерная реакция. Основные типы атомных реакторов. Понятие о термоядерных реакциях. Реакции получения трансурановых элементов с помощью нейтронов (реактор, водородная бомба) и ускоренных ионов.

Пост-эффекты ядерных реакций и ядерных превращений. Эффект Мессбауэра. Применение его в химических исследованиях. Аннигиляция позитронов. Позитроний как объект химического исследования.

II. Общая радиохимия

1. Свойства и поведение изотопов средних и тяжелых элементов

Динамический характер изотопного состава объектов радиохимии. Ядерно-физические и физико-химические аспекты поведения изотопов. Понятие идентичности физико-химического поведения изотопных атомов.

2. Процессы изотопного обмена

Явление изотопного обмена и его определение. Идеальный изотопный обмен. Классификация реакций идеального изотопного обмена. Движущая сила реакций идеального изотопного обмена.

Важнейшие термохимические, термодинамические и кинетические особенности этих реакций. Основной закон кинетики реакции идеального изотопного обмена и его особенности. Важнейшие кинетические характеристики реакций идеального изотопного обмена.

Основные моменты экспериментального изучения реакций изотопного обмена.

Значение процессов изотопного обмена для теоретической и прикладной радиохимии и смежных с ней областей знаний.

3. Процессы распределения радионуклидов между различными фазами

3.1. Распределение между жидкой и твердой фазами.

Сорбция, хемосорбция и хроматография в радиохимии.

Процессы соосаждения. Их классификация. Соосаждение с изотопными носителями. Принцип действия изотопных носителей. Сокристаллизация и адсорбция микроконцентраций радионуклидов. Изоморфное соосаждение. Образование Гриммовских смешанных кристаллов. Аномальные смешанные кристаллы.

Количественные характеристики распределения микрокомпонента между осадком и раствором. Работы Хлопина и Гана. Термодинамически равновесное распределение. Закон Хлопина. Константа Хлопина и коэффициент кристаллизации. Работы Ратнера. Истинный коэффициент кристаллизации. Распределение микрокомпонента между твердой фазой и расплавом.

3.2. Адсорбция радионуклидов.

Правила адсорбции Панета-Фаянса и Гана. Классификация процессов адсорбции на ионных кристаллах. Первичная потенциал-образующая и первичная обменная адсорбция, вторичная адсорбция, их закономерности. Зависимость первичной и вторичной адсорбции от свойств ионов, рН раствора. Внутренняя адсорбция. Ионно-обменная адсорбция.

3.3. Электрохимия радиоактивных элементов.

Приложимость уравнения Нернста к сильно разбавленным растворам. Критический потенциал выделения и методы его определения. Электролиз микроконцентраций элементов. Факторы, влияющие на процесс электролиза веществ, находящихся в микроконцентрациях. Кинетика процесса электроосаждения. Электрохимические методы изучения свойств радиоактивных элементов в растворах.

3.4. Состояние радионуклидов в разбавленных жидких, твердых и газообразных средах.

Состояние радиоактивных изотопов в растворах. Ионное, молекулярное и коллоидное состояние. Доказательства существования радионуклидов в различных состояниях. Методы исследования состояния радионуклидов.

4. Экстракция в радиохимии

Проведение экстракции и реэкстракции. Кинетика экстракции. Коэффициент распределения и константа экстракции. Механизм экстракционного процесса и влияние различных факторов на экстракционное равновесие. Извлекаемая и экстрагируемая доли. Экстракционное разделение смесей радионуклидов. Коэффициенты разделения элементов и выбор оптимальных условий разделения. Лабораторные и промышленные экстракторы. Многостадийность экстракционных процессов. Применение экстракции для выделения и концентрирования радионуклидов. Получение радионуклидов без носителей. Переработка ядерного горючего. Выделение плутония и регенерация урана. Разделение продуктов деления (осколочные радионуклиды).

5. Процессы радиоколлоидообразования

Состояние радиоактивных элементов в крайне разбавленных растворах. Истинные и псевдордиоколлоиды, условия их образования. Особенности поведения радионуклидов в радиоколлоидах. Методы исследования. Значение и область применения.

III. Химия радиоактивных элементов

Возможность изучения химии радиоактивного элемента по поведению любого из его изотопов, как следствие идентичности физико-химических свойств изотопов. Сохранение индивидуальных свойств элементов при предельно малых концентрациях. Особенности поведения радиоактивных элементов, связанные с малыми концентрациями (невозможность образования самостоятельных твердых фаз и протекания реакций с участием нескольких частиц, содержащих радиоактивный элемент, сдвиги потенциалов выделения и т.д.).

Электронная структура тяжелых элементов и возможность дальнейшего расширения периодической системы. Естественные и искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, полоний, астат, радон, франций, радий, актиний, торий, протактиний, уран, нептуний, плутоний и трансплутониевые элементы. История открытия, положение в периодической системе, электронная структура, основные изотопы, методы выделения из природных объектов или получения с помощью ядерных реакций, методы идентификации, физические и химические свойства. Работы Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна) в области синтеза и идентификации сверхтяжелых элементов.

Степени окисления элементов и их устойчивость, важнейшие химические формы, их получение и анализ, практическое использование.

1. Уран. Распространенность в природе, изотопы урана. Важнейшие соединения урана, их получение и свойства

Гидриды: методы получения, физические и химические свойства.

Галогениды: методы получения, состав и кристаллическая структура, термодинамические свойства, химические реакции.

Оксиды: методы получения, области существования индивидуальных фаз. Химические реакции.

Соли урана и уранила: сульфаты, оксалаты, ацетаты, фосфаты, нитраты, галогенацетаты и др.

2. Химия урана в растворах

Состояния окисления, устойчивые в водных растворах, окислительно-восстановительные реакции, влияние температуры и кислотности на скорости окислительно-восстановительных реакций. Комплексообразование урана и гидролиз его солей в водных растворах. Химия урана в неводных растворах. Комплексообразование с органическими лигандами.

3. Химия трансурановых элементов в водных растворах

Окислительно-восстановительные реакции, комплексообразование, гидролиз.

IV. Химические процессы, инициированные ядерными превращениями.

1. Химические следствия радиоактивного распада

Химические изменения при изомерном переходе. Явление ядерной изомерии. История открытия. Причины явления. Различные виды превращений изомерных ядер. Методы идентификации изомерных состояний. Внутренняя конверсия, последующие процессы, развивающиеся в электронных оболочках, при изомерных переходах. Механизм химических изменений при изомерных переходах атомов в составе молекулярных систем. Разделение ядерных изомеров.

Химические изменения при процессах бета-распада. Процессы, происходящие при бета-превращениях атомов (изменение зарядового состояния, радиоактивная отдача, ионизация и возбуждение электронных оболочек вследствие внезапного изменения заряда ядра).

Процессы бета- распада атомов в составе молекулярных систем как основа метода синтеза новых химических форм радиоактивных элементов и меченых соединений. Особенности последствий процессов бета- распада трития в составе молекулярных систем и их использование для получения промежуточных реакционноспособных частиц (карбениевые ионы, их кремниевые и германиевые аналоги, ионы-карбеноиды, карбены, нитрены и т.д.). Значение новых методов получения и исследования реакции этих частиц для развития кинетики химических реакций в органической и неорганической химии.

2. Химические изменения при искусственно вызываемых ядерных превращениях

Реакция (n, α) . Ее особенности. Энергия связи нейтрона с ядром и α - кванты захвата. Энергия отдачи при эмиссии α - квантов захвата. Эффект Сцилларда-Чалмерса. Возникновение «горячих» атомов. Удержание, его причины и виды. Реакции «горячих» атомов. Основные идеи теории упругих и неупругих соударений и теории «горячей» зоны. Химические изменения при рациональном захвате нейтрона как основа метода обогащения искусственных радионуклидов и синтеза меченых соединений.

V. Научные основы технологии ядерного горючего

Переработка урановых руд и их комплексное использование. Физические и химические методы обогащения, вскрытие урановых руд. Сорбционно-экстракционные методы извлечения урана из растворов и пульп. Промышленное получение металлического урана, его сплавов, оксидов, тетрафторида и гексафторида.

Основные химические реакции, используемые при разделении урана, нептуния, плутония и продуктов деления. Главнейшие окислители и восстановители, применяемые в технологии урана, нептуния и плутония.

Основы ядерно-энергетического цикла. Типы ядерных реакций. Нейтронные реакции. Замедление нейтронов. Особенности реакций с медленными и быстрыми нейтронами. Деление ядер тяжелых элементов. Распределение продуктов деления по массам и зарядам. Цепные реакции. Принцип действия ядерного реактора. Ядерное горючее, замедлители, теплоносители.

Реакторы. Конструкционные особенности реакторов на быстрых и тепловых нейтронах. Вещества и материалы, применяемые в качестве замедлителей, теплоносителей, отражателей и деталей конструкций.

Тепловыделяющие элементы на основе металлов: урана, тория. Керамические твэлы, оболочки твэлов из алюминия, магния, циркония и их сплавов. Конструкция твэлов.

Переработка облученного ядерного горючего. Подготовительные процессы при переработке ядерного горючего, «охлаждение», механическая обработка, растворение оболочек твэлов из различных материалов и сплавов.

Общие принципы построения технологических схем при переработке ядерного горючего.

Осадительные процессы переработки горючего с целью получения плутония: лантансульфатный, фторидный, висмутфосфатный. Поведение осколков деления на отдельных стадиях процесса осаждения.

Общие принципы построения технологических схем при переработке ядерного горючего.

Экстракционно-хроматографические методы – основа технологических процессов безотходных производств. Химия процессов экстракции урана и трансураниевых элементов кислородсодержащими органическими растворителями, фосфорорганическими соединениями и аминами. Экстракция хелатов. Разделение урана и трансураниевых элементов ионообменными методами.

Переработка облученного ядерного горючего сухими методами.

Процессы разделения, основанные на различной летучести фторидов, экстракция из расплавов жидкими металлами и солями. Окислительное шлакование. Электрорафинирование.

VI. Проблемы обращения с радиоактивными отходами

Формы существования и миграции радионуклидов в природных средах. Естественные и техногенные радионуклиды в биосфере. Продукты деления, методы их выделения, переработка и использование. Источники образования жидких, твердых и газообразных отходов. Хранение и переработка высокоактивных жидких отходов. Очистка жидких отходов низкого и среднего уровня активности. Определение радионуклидов в объектах окружающей среды. Радиоактивное загрязнение окружающей среды и возможности современной радиохимии в области мониторинга. Реабилитация территорий, загрязненных радионуклидами.

Радиохимические аспекты ядерной трансмутации.

VII. Прикладная радиохимия

1. Меченые соединения

Получение и идентификация меченых соединений. Химические, физико-химические, ядерно-химические и биохимические методы синтеза. Процессы автордиолиза. Химия ультра-короткоживущих биогенных радионуклидов. Радиохимические аспекты позитронно-эмиссионной томографии.

2. Радиоактивные индикаторы в науке и технологии

Основы метода радиоактивных индикаторов. Применение радиоактивных изотопов в аналитической, органической и физической химии. Исследование структуры и структурных изменений химических соединений. Определение давления пара труднолетучих веществ. Исследование равновесий. Изучение кинетики и катализа. Исследование процессов миграции (диффузии, электролитической проводимости, термической диффузии и т.п.). Корреляционные и изотопные эффекты. Химические аспекты использования радионуклидов в биологии и медицине.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ листа изменений или наименование элемента приложения	№ протокола Ученого Совета (секции Уч. Совета)	Дата заседания Ученого Совета (секции Уч. Совета)	Всего листов в документе	Подпись зам. директора по научной работе
	Рабочая программа обсуждена и принята на заседании Ученого совета ГЕОХИ РАН, протокол № 8	22 октября 2014 года	21	
--	Обновленный текст программы принят на заседании Ученого совета РАН, Протокол №11(8)	28 декабря 2016 года	21	