

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Трудового Красного Знамени
Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова
Российской академии наук
(ИХС РАН)**

199034, Санкт-Петербург
наб. Макарова д. 2
тел.: (812) 328-07-02
факс: (812) 328-22-41
E-mail: ichsran@isc.nw.ru

ИНН 7801019101
КПП 780101001
ОГРН 1037800041399

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИХС РАН, д.т.н.



И.Ю. Кручинина

«30» декабря 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**«МЕТОДЫ РАДИОХИМИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМА ХИМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ»**

Б1.В.ДВ.2(2)

Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки

Направленность подготовки: Физическая химия

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная

Вариативная часть ООП (дисциплины по выбору)

Трудоёмкость в зачётных единицах: 6

Форма промежуточной аттестации: **дифференцированный зачет**

Санкт-Петербург
2020

Рабочая программа дисциплины (модуля) (РП) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, на основании ООП ВО и учебных планов ИХС РАН по направлению подготовки: 04.06.01 Химические науки
направленность подготовки: Физическая химия

1. Цели изучения дисциплины

Дисциплина «Методы радиохимии для изучения механизма химических процессов» является дисциплиной по выбору в курсе обучения аспирантов, проходящих подготовку по специальности 02.00.04 – физическая химия. Цель дисциплины – знакомство с теоретическими основами радиоактивности и радиоактивных свойств элементов и экспериментальными методами, использующими эти свойства для качественного и количественного анализа и исследований в неорганической, координационной, органической и аналитической химии.

2. Задачи изучения дисциплины

- знание техники безопасности при работе с радиоактивными источниками;
- понимание теоретических основ методов радиохимии, основанных на явлении радиоактивности и радиоактивных свойствах элементов;
- овладение методом меченых атомов и его разновидностями: методом стабильных атомов и методом радиоактивных индикаторов.
- применение метода радиоактивных индикаторов в химических исследованиях.

Аспирант должен знать:

- метод получения радиоактивных изотопов
- процессы изотопного обмена
- процессы бета-распада атомов в молекулярных системах как метод синтеза сложных органических и неорганических соединений без носителя.
- контроль радиохимической чистоты исходных радиоактивных изотопов и меченых соединений.

В итоге, аспирант должен научиться использовать методы радиохимии в своих исследованиях в неорганической, органической аналитической и других областях химии.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

3.1. Учебная дисциплина (модуль) «Методы радиохимии для изучения механизма химических процессов» относится к Вариативной части Блока 1 «Дисциплины(модули)» и является дисциплиной осваиваемой аспирантами по выбору.

3.2. Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц (з.е.) или 216 академических часов (час), в том числе:

- 22 час аудиторных занятий и 194 часа самостоятельной работы.

3.3. Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при изучении дисциплин:

- общая химия;
- неорганическая химия;

- органическая химия;
- физическая химия;
- аналитическая химия;
- физико-химические методы анализа.

4. Формируемые учебной дисциплиной компетенции, знания, умения и навыки

В ходе освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

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

ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникативных технологий

ПК-1: Способность и готовность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов в области неорганической, физической и коллоидной химии и технологии силикатных и тугоплавких неорганических материалов

ПК-4: способность получать, обрабатывать, анализировать, систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования, выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач.

В результате освоения дисциплины аспирант должен

Знать:

- Современную литературу и современные научные достижения в области радиохимии (УК-1);
- технику безопасности при работе с радиоактивными источниками (ОПК-1);
- теоретические основы методов радиохимии, основанных на явлении радиоактивности и радиоактивных свойствах элементов (ПК-1);
- методы получения радиоактивных изотопов и области их применения в синтезе сложных органических и неорганических соединений (ПК-4).

Уметь:

- определять область применимости методов радиохимии в собственных химических исследованиях (ПК-1);

Владеть:

- методом меченых атомов и его разновидностями: методом стабильных атомов и методом радиоактивных индикаторов (ПК-4).

5. Объем дисциплины по видам учебной работы

Структура и распределение учебного времени

номер раздела, темы	Тема, раздел дисциплины	Объем учебного времени, отведенный на освоение дисциплины ак.час/з.е.				
		Аудиторные занятия			Самостоятельная работа	Всего по разделам
		всего	в т.ч. лекции	в т.ч. семинар/ практ. занятия		
1	Предмет и задачи радиохимии. Вводная лекция.	1	1			1
2	Метод меченых атомов и его разновидности	2	1	1	18	20
3	Метод радиоактивных индикаторов в химических исследованиях	2	1	1	18	20
4	Методы получения радиоактивных изотопов	2	1	1	18	20
5	Процессы изотопного обмена	2	1	1	18	20
6	Процессы бета-распада атомов в молекулярных системах как метод синтеза сложных органических и неорганических соединений без носителя.	2	1	1	18	20
7	Контроль радиохимической чистоты исходных радиоактивных изотопов и меченых соединений	2	1	1	18	20
8	Применение радиоактивных изотопов в неорганической и физической химии	2	1	1	18	20
9	Радиоактивные изотопы в аналитической химии	2	1	1	18	20
10	Применение радиоактивных изотопов в органической химии	2	1	1	18	20
11	Применение радиоактивных изотопов в медицине	2	1	1	18	20
Итоговый контроль (в том числе подготовка к зачету)		1	1		14	15
Итого по дисциплине		22	12	10	194	216 / 6

Содержание дисциплины

	Изучаемый вопрос	Кол-во часов
1.	Предмет и задачи радиохимии. Вводная лекция.	1

	Предмет радиохимии. История развития, ее особенности и значение в создании и развитии новых методов исследования. Явление изотопии. Общехимические свойства изотопных частиц. Термодинамическое поведение изотопных частиц. Критерий идентичности термодинамического поведения изотопных частиц. Расчет констант равновесия реакций изотопного обмена. Кинетическое поведение изотопных частиц. Положения теории абсолютных скоростей реакций. Кинетические изотопные эффекты.	
2.	Метод меченых атомов и его разновидности (метод стабильных атомов и метод радиоактивных индикаторов). Фундаментальная основа метода меченых атомов. Суть метода. Сравнительные характеристики методов стабильных атомов и радиоактивных индикаторов. Методы регистрации стабильных меченых соединений. Методы регистрации излучений радиоактивных изотопов. Факторы, влияющие на эффективность регистрации.	20
3.	Метод радиоактивных индикаторов в химических исследованиях. Фундаментальные основы и особенности метода радиоактивных индикаторов. Возможности и ограничения метода. Пределы обнаружения радиоактивного нуклида и элемента, меченного этим нуклидом. Уравнение радиоактивного распада. Радиационно-химический выход. Факторы, влияющие на степень разложения изучаемого меченого соединения.	20
4.	Методы получения радиоактивных изотопов. Получение радиоактивных изотопов методом нейтронного облучения в ядерном реакторе. Получение радиоактивных изотопов на циклотроне. Реакция деления. Получение изотопов естественно-радиоактивных элементов. Метод изотопного обмена. Другие методы.	20
5.	Процессы изотопного обмена. Классификация реакций изотопного обмена. Причины протекания изотопного обмена. Особенности реакций идеального изотопного обмена. Основное уравнение кинетики реакций идеального изотопного обмена. Основы экспериментальных методов исследования изотопного обмена. Степень изотопного обмена.	20
6.	Процессы бета-распада атомов в молекулярных системах как метод синтеза сложных органических и неорганических соединений без носителя. Явление бета-распада. Первичные устойчивые молекулярные образования. Получение новых соединений радиоактивных элементов. Особенности бета-распада трития. Неустойчивые первичные молекулярные образования. Использование бета-распада трития для получения новых соединений. Ядерно-химический метод генерирования реакционноспособных частиц.	20
7.	Контроль радиохимической чистоты исходных радиоактивных изотопов и меченых соединений. Понятие радиохимической чистоты. Методы контроля радиохимической чистоты изотопов. Период полураспада. Спектры излучений. Контроль радиохимической чистоты меченых соединений. Понятие удельной активности и ее использование для контроля радиохимической чистоты меченых соединений. Явление саморадиолиза.	20
8.	Применение радиоактивных изотопов в неорганической и физической химии. Изучение строения соединений. Принцип неравноценности химических связей, атомов и групп при изучении структуры соединений. Изучение вопросов гомогенного и гетерогенного равновесия. Изучение вопросов катализа.	20

	Определение поверхности осадков и размера частиц и др.	
9.	Радиоактивные изотопы в аналитической химии. Классификация радиоаналитических методов. Радиохимические методы: метод изотопного разбавления, радиоиндикаторные методы. Сущность метода изотопного разбавления. Нахождение массовой активности. Радиоиндикаторные методы: радиоизотопный стехиометрический метод, метод радиометрического титрования, метод комплексообразования. Ядро-физические методы: методы активационного анализа, радиометрический анализ. Разновидности метода активационного анализа (абсолютный метод активационного анализа, относительный метод активационного анализа).	20
10.	Применение радиоактивных изотопов в органической химии. Изучение реакций нуклеофильного и электрофильного замещения. Изучение механизмов химических реакций (гомолитические реакции, перегруппировки, полимеризация и др.). Радиохроматографический метод в изучении механизмов химических реакций. Изучение кинетики органических реакций. Кинетический изотопный обмен в изучении кинетики реакций. Метод Неймана.	20
11.	Применение радиоактивных изотопов в медицине. Радионуклидная диагностика как составная часть ядерной медицины. Основные диагностические методы и их возможности. Предмет радиофармацевтики. Понятие радиофармацевтического препарата. Требования к меченым соединениям, используемым в качестве радиофармацевтического препарата. Период полураспада радионуклида и эффективный период полувыведения из организма. Пути локализации препарата после введения в организм человека и животных. Выбор положения метки в молекуле с учетом метаболизма.	20
	Итоговый контроль (в том числе подготовка к зачету)	15
	ВСЕГО:	216

6. Форма промежуточной аттестации

Проверка усвоения материала курса осуществляется посредством проведения зачета. На дифференцированном зачете задаются 2 вопроса из программы прочитанного курса.

Контрольные вопросы

1. Предмет радиохимии. История развития, ее особенности и значение в создании и развитии новых методов исследования.
2. Явление изотопии. Общехимические свойства изотопных частиц. Термодинамическое поведение изотопных частиц. Кинетическое поведение изотопных частиц. Кинетические изотопные эффекты.
3. Фундаментальная основа метода меченых атомов. Суть метода. Сравнительные характеристики методов стабильных атомов и радиоактивных индикаторов.
4. Методы регистрации стабильных меченых соединений. Методы регистрации излучений радиоактивных изотопов. Факторы, влияющие на эффективность регистрации.
5. Фундаментальные основы и особенности метода радиоактивных индикаторов. Возможности и ограничения метода. Пределы обнаружения радиоактивного нуклида и элемента, меченного этим нуклидом.
6. Уравнение радиоактивного распада. Радиационно-химический выход. Факторы, влияющие на степень разложения изучаемого меченого соединения.

7. Получение радиоактивных изотопов методом нейтронного облучения в ядерном реакторе. Получение радиоактивных изотопов на циклотроне. Реакция деления. Получение изотопов естественно-радиоактивных элементов. Метод изотопного обмена. Другие методы.
8. Классификация реакций изотопного обмена. Причины протекания изотопного обмена. Особенности реакций идеального изотопного обмена. Основное уравнение кинетики реакций идеального изотопного обмена.
9. Основы экспериментальных методов исследования изотопного обмена. Степень изотопного обмена.
10. Явление бета-распада. Первичные устойчивые молекулярные образования. Получение новых соединений радиоактивных элементов. Особенности бета-распада трития. Неустойчивые первичные молекулярные образования. Использование бета-распада трития для получения новых соединений. Ядерно-химический метод генерирования реакционноспособных частиц.
11. Понятие радиохимической чистоты. Методы контроля радиохимической чистоты изотопов. Период полураспада. Спектры излучений.
12. Контроль радиохимической чистоты меченых соединений. Понятие удельной активности и ее использование для контроля радиохимической чистоты меченых соединений. Явление саморадиолиза.
13. Применение радиоактивных изотопов в неорганической и физической химии. Изучение строения соединений. Принцип неравноценности химических связей, атомов и групп при изучении структуры соединений.
14. Классификация радиоаналитических методов. Радиохимические методы: метод изотопного разбавления, радиоиндикаторные методы. Сущность метода изотопного разбавления. Нахождение массовой активности.
15. Радиоиндикаторные методы: радиоизотопный стехиометрический метод, метод радиометрического титрования, метод комплексообразования. Ядро-физические методы: методы активационного анализа, радиометрический анализ. Разновидности метода активационного анализа (абсолютный метод активационного анализа, относительный метод активационного анализа).
16. Изучение реакций нуклеофильного и электрофильного замещения. Изучение механизмов химических реакций (гомолитические реакции, перегруппировки, полимеризация и др.). Радиохроматографический метод в изучении механизмов химических реакций.
17. Радионуклидная диагностика как составная часть ядерной медицины. Основные диагностические методы и их возможности. Предмет радиофармацевтики. Понятие радиофармацевтического препарата. Требования к меченым соединениям, используемым в качестве радиофармацевтического препарата.

Результаты зачета определяются оценками **«отлично»**, **«хорошо»**, **«удовлетворительно»**, **«неудовлетворительно»** :

- для оценки **«отлично»** - наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительных источников информации;

- для оценки **«хорошо»** - наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;

- для оценки «удовлетворительно» - наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;
- для оценки «неудовлетворительно» - наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Медведев, В. П. Физические основы радиохимии : учебное пособие / В. П. Медведев, А. В. Очкин, М. А. Семенов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 188 с. — ISBN 978-5-7262-1524-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75979>
2. Давыдов, Ю. П. Основы радиохимии : учебное пособие / Ю. П. Давыдов. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 317 с. — ISBN 978-985-06-2395-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/65268>
3. Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения : учебное пособие / Г. Готтштайн ; под редакцией В. П. Зломанова ; перевод с английского К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 403 с. — ISBN 978-5-00101-446-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94155>
4. Бекман И.Н. Радиохимия в 2-х томах. Том 1. Фундаментальная радиохимия: Учебник и практикум для вузов – Москва: Изд-во «Юрайт», 2020 –473 с.
5. Бекман И.Н. Радиохимия в 2-х томах. Том 2. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность: Учебник и практикум для вузов – Москва: Изд-во «Юрайт», 2020 –386 с.

Дополнительная литература

1. Э.Э. Лорд, А.Л. Маккей, С. Ранганатан Новая геометрия для новых материалов. Москва, Фихматлит, 2010 г.
2. Вилков Л. В., Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. М.: Изд-во МГУ. Ч. 1: 1987.
3. Вилков Л. В., Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии. Резонансные методы исследования. Ч. 2: 1989.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-технической базой, обеспечивающей проведение занятий, являются аудитории ИХС РАН (конферен-зал и выставочный зал), которые оснащены видеопроекционным оборудованием для презентаций, экраном, WiFi, компьютером с доступом к сети Интернет, а также помещение для самостоятельной работы, оснащенное компьютерами с доступом в Интернет.