

**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

«01» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Б1.В.ДВ.1(2)

Направление подготовки: 18.06.01 Химическая технология

Направленность подготовки: Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная, заочная

Вариативная часть ООП (дисциплины по выбору)

Трудоёмкость в зачётных единицах: 6

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

Санкт-Петербург
2020

Рабочая программа дисциплины «Методы радиохимии для изучения механизма химических процессов» разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, Уровень высшего образования - Подготовка кадров высшей квалификации, Направление подготовки 18.06.01 - Химическая технология, утвержденного Приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 года № 883 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 25.08.2014 регистрационный № 33815) с изменениями и дополнениями от 30 апреля 2015 и учебным планом программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ИХС РАН по направлению подготовки кадров высшей квалификации 18.06.01 - Химическая технология.

1. Цели изучения дисциплины.

Дисциплина «Методы радиохимии для изучения механизма химических процессов» является дисциплиной по выбору в курсе обучения аспирантов, проходящих подготовку по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. 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. Формируемые учебной дисциплиной знания, умения, навыки

| Код компетенции | Знания, умения, владения | |
|--|--------------------------|--|
| 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 | <i>Знать</i> | Современную литературу и современные научные достижения в области радиохимии |
| | <i>Уметь</i> | - Использовать различные информационные ресурсы, в т.ч. из сети «Интернет», для получения научных данных в области химии; -Генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач |
| | <i>Владеть</i> | Современными способами проведения критического анализа современных научных достижений |
| ОПК – 2 Владение культурой научного исследования в области химических технологий, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий | <i>Знать</i> | Технику безопасности при работе с радиоактивными источниками |
| | <i>Владеть</i> | Современными способами обработки результатов |
| ОПК-3 Способность и готовность к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований | <i>Знать</i> | Методы получения радиоактивных изотопов и области их применения в синтезе сложных органических и неорганических соединений |
| | <i>Уметь</i> | Выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач |
| | <i>Владеть</i> | Методом меченых атомов и его разновидностями: методом стабильных атомов и методом радиоактивных индикаторов |
| ПК-1 Способность и готовностью к проведению научных исследований в области конструкционных и/или функциональных силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. | <i>Знать</i> | Теоретические основы методов радиохимии, основанных на явлении радиоактивности и радиоактивных свойствах элементов |
| | <i>Уметь</i> | определять область применимости методов радиохимии в собственных химических исследованиях |

3. 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 |

4. Содержание дисциплины

| | Изучаемый вопрос | Кол-во часов |
|----|--|--------------|
| 1. | <p>Предмет и задачи радиохимии. Вводная лекция. 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.</p> | 1 |
| 2. | <p>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.</p> | 20 |
| 3. | <p>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.</p> | 20 |
| 4. | <p>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.</p> | 20 |
| 5. | <p>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.</p> | 20 |
| 6. | <p>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.</p> | 20 |
| 7. | <p>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.</p> | 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. Определение поверхности осадков и размера частиц и др. | 20 |
| 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 |

7. Форма итогового контроля

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.

8. 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.

9. 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, мебелью, компьютерами с доступом к Интернет.