

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Российский химико-технологический университет имени  
Д.И. Менделеева»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке  
РХТУ им. Д.И. Менделеева



А.А. Щербина

«12» декабря 2022 г.

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

1.4.13. РАДИОХИМИЯ

Москва 2022 г

Программа составлена заведующим кафедрой химии высоких энергий и радиоэкологии, к.х.н. Магомедбековым Э.П.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии высоких энергий и радиоэкологии протокол №3 от «18» октября 2022 г.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

**Введение.** Атомы, молекулы ионы, радикалы, ион-радикалы, сверхвозбужденные состояния, плазма. Классификация возбужденных состояний. Времена жизни возбужденных состояний в газах и различных конденсированных фазах. Электрон в конденсированных средах, (формы стабилизации), фононы.

**1. Хроматография в радиохимии** Классификация хроматографических процессов по механизмам. Адсорбционная хроматография радиоактивных веществ. Ионообменная хроматография. Классификация ионитов и их основные физико-химические свойства: обменная емкость, механическая прочность, химическая и радиационная устойчивость, набухаемость и др. Кинетика ионного обмена. Определение полной обменной емкости радиохимическим методом. Равновесие при ионном обмене. Селективность ионитов. Изотермы сорбции и хроматографические зоны. Элюэнтный метод ионообменной хроматографии, его закономерности. Вытеснительный метод. Применение ионообменной хроматографии в радиохимии.

**2. Экстракция в радиохимии** Экстракция, основные понятия и определения. Изотерма экстракции и закон Берглю-Нернста. «Физическое» распределение. Классификация систем с химическим взаимодействием. Экстракция нейтральными органическими веществами. Образование координационных соединений (сольватов). Константа экстрагирования. Определение состава экстрагируемых соединений. Гидратно-сольватный механизм. Экстракция органическими основаниями и их солями. Константы экстрагирования: извлечение кислот, анионный обмен, экстракция металлов. Влияние высаливателей. Экстракция органическими кислотами и их солями. Типы экстрагентов. Реакция экстрагирования, рН полувыделения. Применение экстракции в радиохимии.

**3. Основы метода «меченых» атомов** Общие положения метода «меченых» атомов. Применение радионуклидов в качестве «меченых»

атомов. Выбор изотопов, их радиохимическая чистота, расчет необходимой активности. Синтез меченых соединений. Дозиметрия ионизирующих излучений (физическая, химическая). Радиоллиз в газовой фазе; цепные реакции. Радиоллиз воды и других неорганических жидкостей. Радиоллиз органических соединений; радиационная полимеризация (радиационная, ионная) и радиационно-химические процессы в полимерах (деструкция, сшивка, сополимеризация, прививка в полимерах). Радиационно-химические процессы в твердых телах (эффект клетки, радиоллиз нитратов, ШГК, стекол) и гетерогенных системах (катализ, коррозия, электрохимические процессы, радиоллиз адсорбционных веществ, кинетика растворения). Эффект мощности дозы.

**4. Радиоаналитические методы.** Радиоактивационный анализ, изотопное разведение, радиометрическая корректировка, радиометрическое титрование. Их достоинства и недостатки. Применение субстехиометрического выделения.

**5. Применение радионуклидов в физико-химических исследованиях**

Метод радиоактивных индикаторов. Радионуклиды как изотопные метки. Принципы применения и возможные ограничения. Изотопная геохимия. Космогенные радионуклиды. Радиоуглеродное датирование. Применение радионуклидов в аналитической химии. Активационный анализ. Применение радиоактивных индикаторов в неорганической и физической химии: определение произведения растворимости, определение давления насыщенных паров, определение коэффициентов диффузии и самодиффузии в твердых телах и в жидкостях.

## **Вопросы для кандидатского экзамена по научной специальности**

### **1.4.13. Радиохимия**

1. Химия высоких энергий, объекты исследования. Особенности процессов ХВЭ.

2. Излучения, их виды, характеристики, источники.

3. Стадии взаимодействия излучений со средой; факторы, играющие при этом главную роль.

4. Общие принципы взаимодействия излучений со средой (поглощение, рассеяние, количество передаваемой энергии). Многоканальность превращений.

5. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери, формула Бете.

6. Различия во взаимодействии тяжелых заряженных частиц и электронов со средой. Радиационные потери.

7. Закономерности процессов взаимодействия фотонов со средой.

8. Промежуточные частицы в процессах ХВЭ, их образование и характеристики.

9. Пространственные распределения промежуточных частиц в процессах ХВЭ.

10. Процессы, протекающие под действием излучений в твердых телах.

11. Ионизация. Превращения образующихся при этом электронов (термализация, сольватация).

12. Простой и диссоциативный захват электронов. Вторичное возбуждение.

13. Образование ионов в процессах ХВЭ и их превращения.

14. Образование возбужденных и сверхвозбужденных состояний в ХВЭ.

15. Превращения возбужденных состояний в ХВЭ. Диаграмма Яблонского.

16. Механизмы переноса энергии возбуждения. Донорно-акцепторные комплексы.

17. Свободные радикалы в ХВЭ и их реакции.

18. Методы исследования промежуточных частиц в ХВЭ (на примере ионов и радикалов).

19. Полное и частичное термодинамическое равновесие. Особенности описания кинетики процессов ХВЭ с учетом энергетических состояний реактантов.

20. Что такое радиохимия. Перечислить и кратко описать 4 раздела радиохимии.

21. Отличие радиохимии от радиационной химии.

22. Три особенности радиохимии, из которых вытекает необходимость работы с малыми концентрациями радионуклидов.

23. Перечислить сложности, возникающие при работе с микроконцентрациями радионуклидов.

24. Что такое соосаждение радиоактивных элементов? Механизмы процесса соосаждения.

25. Перечислить и дать характеристику трем видам носителей (что это такое, области применения, недостатки).

26. Что такое сокристаллизация? Перечислить четыре вида сокристаллизации и их особенности.

27. Подробно описать изоморфную сокристаллизацию (что такое изоморфные вещества, для чего используется изоморфная сокристаллизация, граница смешиваемости, величина  $D$  (коэффициента кристаллизации) для изоморфных веществ).

28. Подробно описать изодиморфную сокристаллизацию (граница смешиваемости).

29. Подробно описать образование кристаллов Гримма (граница смешиваемости).

30. Подробно описать аномально-смешанные кристаллы (для чего используются, граница смешиваемости).

31. Закон распределение вещества между двумя несмешивающимися фазами. Условия справедливости закона распределения. Для каких фаз справедлив данный закон.

32. Описать пути достижения равновесия по Хлопину с графиком достижения равновесия. Для каких фаз было подтверждено действие закона распределения.

33. Вывод уравнения Хлопина.

34. Вывод линейного закона распределения (Гендерсона – Кречека).

35. Вывод логарифмического закона распределения (Дёрнера-Госкинса).

36. Вывод уравнения первичной обменной адсорбции.

37. Вывод уравнения первичной обменной адсорбции с использованием величины  $\Gamma$  (число грамм-ионов компонента на единицу поверхности осадка) и связь его с уравнением Генри.

38. Классификация процессов адсорбции на полярных кристаллах А.П. Ратнера. Первичная обменная адсорбция (определение, особенности, какие ионы могут участвовать). Как обозначается и чему равен коэффициент адсорбции.

39. Первичная потенциалобразующая адсорбция (причины возникновения, сущность, уравнение Нернста).

### Рекомендуемая литература

#### Основная литература

1. Нефедов В.Д., Текстер Е.Н., Торопова М.А. Радиохимия. М.: Высшая школа. 1987. 272 с.

2. Радиохимия: лабораторный практикум: учебное пособие / Тюпина Е.А., Обручиков А.В., Очкин А.В. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2019. 96 с.

3. Химия радионуклидов: учебное пособие / В. М. Гелис, Э. П. Магомедбеков, А. В. Очкин. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. 143 с.

4. Начала радиационной химии. I. Элементарные процессы радиолиза: Учеб. пособие / В. М. Бяков, С. В. Степанов, Э. П. Магомедбеков. - М.: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2012. - 168 с.

5. Экспериментальные методы химии высоких энергий. Под редакцией Мельникова М. Я. М.: Изд-во МГУ, 2009.— 824с.

#### Дополнительная литература

1. Несмеянов А..Н. Радиохимия. М. Химия. 1972. 591 с.

2. Очкин А.В., Бабаев Н.С., Магомедбеков Э.П. Введение в радиоэкологию. Учебное пособие для вузов. М.: ИздАТ, 2003 200 с.

3. А. В. Очкин, Е. А. Тюпина. Лабораторный практикум по радиохимии: учеб. пособие. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. 64 с.

4. Руководство к практическим занятиям по радиохимии./ Под ред. Ан. Н. Несмеянова. М. Химия. 1980. 320 с.

5. Очкин А. В., Семенихин А. М., Тюпина Е. А.. Лабораторный практикум по радиоэкологии: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. 60 с.

6. Боева О.А. Применение изотопов в физико-химических исследованиях: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013. 139 с.