

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
Химический факультет

И.о. декана химического факультета,

/С.С.Карлов/

«20» января 2026 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В АСПИРАНТУРУ

Укрупненная группа научных специальностей

1.4. Химические науки

Перечень образовательных программ, на который осуществляется прием по данной программе:

104-01-00-141-хн, 104-01-00-142-хн-фмн, 104-01-00-143-хн, 04-01-00-144-хн-фмн, 104-01-00-146-хн, 104-01-00-147-хн, 104-01-00-149-хн, 104-01-00-1410-хн, 104-01-00-1411-хн, 104-01-00-1412-хн, 104-01-00-1413-хн, 104-01-00-1414-хн, 104-01-00-1415-хн, 104-01-00-1416-хн

Москва 2026

1. Краткое описание программы.

Программа вступительного испытания разработана в соответствии с требованиями действующих федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) 04.04.01 Химия, 04.04.02 Химия, физика и механика материалов и 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Программа вступительного испытания разработана для проведения конкурсного отбора абитуриентов, в рамках укрупненной группы научных специальностей: 1.4. Химические науки на химическом факультете, планирующих обучение по следующим программам высшего образования- программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре: 104-01-00-141-хн, 104-01-00-142-хн-фмн, 104-01-00-143-хн, 04-01-00-144-хн-фмн, 104-01-00-146-хн, 104-01-00-147-хн, 104-01-00-149-хн, 104-01-00-1410-хн, 104-01-00-1411-хн, 104-01-00-1412-хн, 104-01-00-1413-хн, 104-01-00-1414-хн, 104-01-00-1415-хн, 104-01-00-1416-хн.

Вступительное испытание в аспирантуру включает в себя три последовательных этапа. Проведение этапов может быть организовано как в течение одного дня, так и распределено на несколько дней — в соответствии с утверждённым расписанием.

Срок проведения вступительного испытания определяется правилами приема в аспирантуру.

В программе описаны формы проведения каждого этапа, их содержательное наполнение, список рекомендуемой литературы, а также методика оценивания результатов.

2. Критерии успешности прохождения этапов и вступительного испытания в целом.

За вступительное испытание в сумме может быть набрано 25 баллов, из них:

- за первый этап 10 баллов;
- за второй этап 10 баллов;
- за третий этап 5 баллов.

Прохождение вступительного испытания считается успешным, если абитуриент набрал в сумме не менее 16 баллов.

Прохождение каждого этапа считается успешным, если абитуриент набрал не менее:

- 6 баллов на первом этапе;
- 7 баллов на втором этапе;
- 3 баллов на третьем этапе

Для абитуриентов, участвовавших в конкурсе научного портфолио, действует следующее правило: победитель конкурса получает максимальный балл за вступительное испытание в целом (все три этапа); призёр конкурса получает максимальный балл за первый этап испытания, затем его ответ на 2-м этапе оценивается по обычным критериям в рамках общей шкалы; в случае успешного прохождения 2 этапа испытания, за 3 этап абитуриент также получает максимальный балл.

3. Место проведения вступительного испытания: Москва, улица Ленинские горы д.1, стр. 3, д.1, стр. 40, д. 1, стр.10, д.1, стр. 11Б.

4. Форма проведения и содержание этапов вступительного испытания.

Этап 1. Оценка компетенций в области научного письма и систематизации материала для диссертационных и публикационных работ: реферат по теме научной работы в аспирантуре (с приложением текста реферата и отзыва на реферат с оценкой

предполагаемого научного руководителя).

Форма проведения: первичное экспертное оценивание реферата проводится экзаменационной комиссией без участия абитуриента, на основании документов (реферата и отзыва предполагаемого научного руководителя), предоставленных в момент подачи документов.

Во время очной части этапа члены комиссии могут задать устные вопросы по теме реферата для оценивания компетенций абитуриента в области научного письма и систематизации материала для диссертационных и публикационных работ.

Содержание этапа: реферат позволяет понять основные задачи и перспективы развития темы будущей диссертационной работы. Реферат включает титульный лист, содержательную часть и список используемой литературы (от 5 до 10 наиболее значимых источников). Содержательная часть реферата включает следующие разделы:

- краткий анализ известных в настоящее время фактов в области исследования (не более 1500 слов);
- цель и задачи (не более 250 слов);
- методы, которые предполагается использовать при выполнении диссертации и их применимость к поставленным задачам (не более 500 слов);
- ожидаемая новизна (не более 150 слов);
- актуальность и практическая/теоретическая значимость (не более 200 слов);
- соответствие паспорту специальности (не более 150 слов).

К реферату прилагается отзыв предполагаемого руководителя. В отзыве к реферату предполагаемый научный руководитель дает характеристику работы и рекомендуемую оценку, которая может быть принята или изменена экзаменационной комиссией, в том числе в случае обнаружения использования искусственного интеллекта или оригинальности менее 75% по результатам проверки в системе «Антиплагиат. ВУЗ».

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

Этап 2. Оценка уровня знаний по научной специальности, по которой предполагается подготовить диссертацию: ответ на два теоретических вопроса по выбранной специальности.

Форма проведения: этап проводится очно, в устной форме, по экзаменационным билетам, и состоит из 2-х вопросов.

Абитуриенту предлагается два вопроса, отобранных из широкого круга тем, охватывающих фундаментальные положения и современные проблемы выбранной научной области.

Содержание этапа: данный этап предполагает проверку знаний по ключевым аспектам выбранной научной области. Примерные темы определяются программой аспирантуры, на которую поступающий сдает вступительный экзамен (Приложение 2).

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

Этап 3. Оценка уровня готовности к академической и научной коммуникации на иностранном языке (английский)

Форма проведения: очно, в устной и письменной формах.

Содержание этапа:

1. Письменный перевод со словарем оригинального научного текста по специальности с английского языка на русский. Использование электронных словарей не допускается. Объем текста 1500 печатных знаков, время выполнения – 30 минут.
2. Устное изложение содержания научно-популярного текста без словаря на английском языке. Объем текста 1500 печатных знаков, время на подготовку 5 – 7 минут.
3. Устная беседа с экзаменатором на английском языке по теме научной деятельности. Время выполнения – не более 5 минут. Экзаменатор задает вопросы и выслушивает ответы поступающего.

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

**Фонд оценочных средств
Шкала оценивания этапа 1.**

Реферат по теме научной работы в аспирантуре должен соответствовать следующим критериям.

1. Цель и задачи научной работы сформулированы четко;
2. Поставленные задачи научной работы соответствуют цели, поступающий может четко сформулировать их взаимосвязь;
3. Проведен анализ наиболее значимых известных в настоящее время фактов по теме научной работы, поступающий свободно владеет фактами в предполагаемой области научной работы в аспирантуре;
4. Анализ известных в настоящее время фактов соответствует цели и задачам научной работы, позволяет судить о новизне, актуальности и практической/теоретической значимости научной работы в аспирантуре, поступающий может четко сформулировать их взаимосвязь;
5. Методы, которые предполагается использовать при выполнении научной работы в аспирантуре, согласуются с целью и задачами, поступающий ориентируется в методах в предполагаемой области научной работы в аспирантуре;
6. Четко сформулирована новизна научной работы в аспирантуре;
7. Четко сформулирована актуальность научной работы в аспирантуре;
8. Четко сформулирована практическая/теоретическая значимость научной работы в аспирантуре;
9. Четко сформулировано соответствие тематики научной работы в аспирантуре паспорту выбранной поступающим специальности;
10. Все указанные в реферате источники релевантны.

Экзаменационная комиссия проводит экспертную оценку реферата, которая зависит от того, насколько реферат соответствует указанным выше критериям.

	0	Нет реферата, текст сгенерирован с использованием искусственного интеллекта, процент оригинальности после проверки в системе «Антиплагиат. ВУЗ» ниже 75%.
Минимальный уровень	1	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 1 из 10 критериев.
	2	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 2 из 10 критериев.
Низкий уровень	3	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 3 из 10 критериев.
	4	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 4 из 10 критериев.
Средний уровень	5	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 5 из 10 критериев.
	6	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 6 из 10 критериев.

Достаточный уровень	7	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 7 из 10 критериев.
	8	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 8 из 10 критериев.
Высокий уровень	9	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 9 из 10 критериев.
	10	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует всем 10 критериям. ИЛИ Победитель или призер Конкурса портфолио по укрупненной группе специальностей 1.4 Химические науки в году проведения вступительного испытания

Шкала оценивания этапа 2

	0	Нет ответа ни на один из теоретических вопросов.
Минимальный уровень знаний	1	Отсутствует ответ на один из двух заданных теоретических вопросов, фрагментарный ответ на второй теоретический вопрос, неспособность к анализу и сопоставлению сведений из различных разделов программы.
	2	Фрагментарные ответы на два заданных теоретических вопросов, или отсутствие ответа на один из двух теоретических вопросов и неполный ответ на второй теоретический вопрос, неспособность к анализу и сопоставлению сведений из различных разделов программы.
Низкий уровень знаний	3	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов, фрагментарный ответ на второй заданный теоретический вопрос, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
	4	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов, неполный ответ на второй заданный теоретический вопрос, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
Средний уровень знаний	5	Неполные ответы на заданные теоретические вопросы, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
	6	Неполный ответ на один из заданных теоретических вопросов, полный ответ на второй вопрос, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
Достаточный уровень знаний	7	Полные ответы на оба заданных теоретических вопроса, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
	8	Полные ответы на оба заданных теоретических вопроса, грамотные сопоставление и анализ сведений из различных разделов программы.
Высокий уровень знаний	9	Исчерпывающие ответы на все заданные вопросы, свободное владение материалом, имеются недочеты при сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
	10	Исчерпывающие ответы на все заданные вопросы, свободное владение материалом, грамотные

	<p>сопоставление и анализ сведений из различных разделов программы.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Победитель Конкурса портфолио по укрупненной группе специальностей 1.4 Химические науки в году проведения вступительного испытания</p>
--	---

Шкала оценивания этапа 3

	0	Отказ от ответа.
<p>Низкий уровень знаний</p> <p>Неудовлетворительно</p>	1	<p>1. Текст по специальности переведен не полностью и/или с искажениями смысла, не все термины переведены правильно, неправильно переведены грамматические конструкции, перевод не всегда соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. В переводе более четырех неточностей и/или более трех искажений смысла.</p> <p>2. Текст понят не полностью. Не выделены основные положения текста. Лексические и грамматические ошибки не позволяют понять смысл высказывания.</p> <p>3. Фрагментарные знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Непонимание вопросов экзаменаторов, неумение дать развернутый ответ. Речь с большим количеством лексических и грамматических ошибок, искажающих смысл высказывания.</p>
	2	<p>1. Текст по специальности переведен не полностью и/или с искажениями смысла, не все термины переведены правильно, неправильно переведены грамматические конструкции, перевод не всегда соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. В переводе более четырех неточностей и/или более трех искажений смысла.</p> <p>2. Текст понят не полностью. Не выделены основные положения текста. Лексические и грамматические ошибки не позволяют понять смысл высказывания.</p> <p>3. Фрагментарные знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Непонимание вопросов экзаменаторов, неумение дать развернутый ответ. Речь с большим количеством лексических и грамматических ошибок, искажающих смысл высказывания.</p>

<p>Средний уровень знаний</p> <p>Удовлетворительно</p>	<p>3</p>	<p>1. Текст по специальности переведен не полностью и/или с искажениями смысла, не все термины переведены правильно, плохо подобраны эквиваленты слов, не все грамматические конструкции переведены правильно, перевод не всегда соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. Допускаются 3-4 лексические неточности или неточности перевода грамматических конструкций и /или два-три искажения смысла.</p> <p>2. Текст понят не полностью. Выделены не все основные положения текста. Лексические и грамматические ошибки искажают смысл высказывания.</p> <p>3. Неполные знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Неполное понимание вопросов экзаменаторов, неумение дать развернутый ответ. Речь с большим количеством лексических и грамматических ошибок, искажающих смысл высказывания.</p>
<p>Достаточный уровень знаний</p> <p>Хорошо</p>	<p>4</p>	<p>1. Текст по специальности переведен полностью, перевод сделан без искажений смысла, термины переведены правильно, в основном найдены правильные эквиваленты слов, грамматические конструкции переведены правильно, перевод соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. Текст соответствует норме перевода. Допускаются две-три лексические неточности или неточности перевода грамматических конструкций.</p> <p>2. Текст понят правильно. Выделены все основные положения текста. Речь беглая, но встречаются лексические и грамматические ошибки, не искажающие смысл высказывания.</p> <p>3. Успешное следование нормам, принятым в научном общении, знание особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Адекватное понимание вопросов экзаменатора и развернутые ответы на них. Речь беглая, с небольшим количеством лексических и грамматических ошибок, не искажающих смысл высказывания.</p>

<p>Высокий уровень знаний</p> <p>Отлично</p>	<p>5</p>	<p>1. Текст по специальности переведен полностью, перевод сделан без искажений смысла, термины переведены правильно, найдены правильные эквиваленты слов, грамматические конструкции переведены без ошибок, перевод соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. Текст соответствует норме перевода. Допускается одна лексическая или грамматическая неточность.</p> <p>2. Текст понят правильно. Выделены все основные положения текста. Речь беглая, без лексических и грамматических ошибок.</p> <p>3. Успешное следование нормам, принятым в научном общении, знание особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Адекватное понимание вопросов экзаменатора и развёрнутые ответы на них. Речь беглая, без лексических и грамматических ошибок.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Победитель или призер Конкурса портфолио по укрупненной группе специальностей 1.4 Химические науки в году проведения вступительного испытания</p>
--	----------	--

ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Этап 1. Оценка компетенций в области научного письма и систематизации материала для диссертационных и публикационных работ: реферат по теме научной работы в аспирантуре (с приложением текста реферата и отзыва на реферат с оценкой предполагаемого научного руководителя).

Этап 2. Оценка уровня знаний по научной специальности, по которой предполагается подготовить диссертацию (Ответ на два теоретических вопроса по выбранной специальности). Примеры вопросов приведены в Приложении 2.

Этап 3. Оценка уровня готовности к академической и научной коммуникации на иностранном языке (английский)

1. Письменный перевод со словарем оригинального научного текста.

The branch of science called thermodynamics deals with systems that are able to transfer thermal energy into at least one other form of energy (mechanical, electrical, etc.) or into work. The laws of thermodynamics were developed over the years as some of the most fundamental rules which are followed when a thermodynamic system goes through some sort of energy change.

One cannot help noting that the laws of thermodynamics are considered to be fairly easy to state and understand, the impact they have being easy to underestimate. Among other things, they put constraints on how energy can be used in the universe. It would be very hard to overemphasize how significant this concept is. The consequences of the laws of thermodynamics touch on almost every aspect of scientific inquiry in some way.

The laws of thermodynamics do not particularly concern themselves with the specific how and

why, which makes sense for laws that had been formulated before the atomic theory was fully adopted. They do deal with the total of energy and heat transitions within a system and do not take into account the specific nature of heat transference on the atomic or molecular level.

The Zeroth law is a sort of transitive property of thermal equilibrium. The transitive property of mathematics says that if $A = B$ and $B = C$, then $A = C$. The same is sure to be true of thermodynamic systems that are supposed to be in thermal equilibrium.

2. Устное изложение содержания научно-популярного текста без словаря на английском языке.

Nobel Prize in Chemistry Goes to Discovery of ‘Genetic Scissors’ Called CRISPR/Cas9

This year’s Nobel Prize in Chemistry was awarded for the discovery of the CRISPR/Cas9 gene editing system, which has — for the first time — enabled scientists to make precise changes in the long stretches of DNA that make up the code of life for many organisms, including people. The prize was shared by Emmanuelle Charpentier, a microbiologist and director of the Berlin-based Max Planck Unit for the Science of Pathogens, and Jennifer A. Doudna, a professor and biochemist at the University of California, Berkeley. The scientists will split the prize money of 10 million Swedish kronor, or a little more than \$1.1 million.

This CRISPR tool, often described as “genetic scissors”, has been used by plant researchers to develop crops that withstand pests and drought, and it could transform agriculture. In medicine, the method is involved in clinical trials of new cancer therapies. And researchers are trying to employ it to cure certain inherited diseases. “It is being used all over science”, says Claes Gustafsson, chair of the Nobel Committee for Chemistry.

Nearly a decade ago Charpentier discovered a previously unknown molecule, tracrRNA, in bacteria. She learned that this molecule was part of an immune system in the microbes that helps them fight off viruses by cleaving viral DNA. The mechanism the microbes use to do so is called CRISPR. At about the same time, Doudna was mapping the cas proteins, a series of enzymes associated with CRISPR that snip apart DNA at specific spots. The two scientists began collaborating in 2011, after meeting at a conference in Puerto Rico where they went to a café in San Juan and talked about the overlap in their work.

3. Устная беседа с экзаменатором на английском языке по теме научной деятельности.

Примерные варианты тем для беседы

1. What scientific issues are within the scope of your project/diploma?
2. What aspects of your research turned out to be most challenging? And why?
3. What problems did you encounter and how did you address them?
4. Did the results/data obtained at each step of your work conform to your expectations?
5. What does the relevance of your scientific work consist in?
6. To what extent are the data obtained valid?
7. What are the fundamental laws and principles underlying your research?
8. What are the methods you are going to use in achieving your future goals?
9. Do you consider your work essential? Why? What is its scientific and practical importance?
10. What tasks are you planning to solve during your research?
11. Have you ever been puzzled by the results obtained?
12. Why would you like to enter postgraduate studies?

13. Do you combine work with studies?

**Примерные темы для вступительного испытания по программе
Неорганическая химия (104-01-00-141-хн)**

1. Основные понятия квантовой механики, применяемые для описания двух- и многоатомных молекул: волновая функция, стационарное уравнение Шредингера, положительное и отрицательное перекрывание, водородоподобные орбитали, орбитальная аппроксимация.

Молекулярные орбитали как линейная комбинация атомных орбиталей (МО-ЛКАО). Симметрия и форма орбиталей. Типы химической связи. Основы теорий кристаллического поля и поля лигандов. Энергия стабилизации кристаллическим полем и катионное распределение. Эффект Яна-Теллера.

Ионная модель строения кристаллов, константа Маделунга, энергия ионной решетки. Цикл Борна-Габера. Зонная структура кристаллов, уровень Ферми. Ван-дер-Ваальсово взаимодействие.

2. Первый и второй законы термодинамики. Равновесие, химический потенциал. Энергия Гиббса. Правило фаз. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем.

Гомогенный и гетерогенный катализ. Примеры важнейших промышленных каталитических процессов. Ферменты. Ингибирование химических реакций.

Электрохимические свойства растворов. Сопряженные окислительно-восстановительные пары. Электродный потенциал. Окислительно-восстановительные реакции и их направление. Уравнение Нернста. Диаграммы Латимера и Фроста. Электролиз.

Теория электролитической диссоциации. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Водородный показатель рН, шкала рН. Кислоты и основания, суперкислоты. Протолитическая теория Бренстеда— Лоури. Сопряженные кислоты и основания. Гидролиз. Кислоты и основания Льюиса.

3. Интерметаллические соединения (ИМС). Факторы, определяющие состав и структуру ИМС: электрохимический, размерный, электронная концентрация. Важнейшие структурные типы ИМС, полиэдры Франка- Каспера. Валентные соединения, соединения Курнакова, фазы Лавеса, электронные соединения, фазы Цинтля. Свойства ИМС и их связь с электронной структурой. Периодический закон. Строение Периодической системы. Основные закономерности в изменении свойств элементов по группам и периодам, диагональное сходство. Особенности s, p, d и f элементов.

Положение s-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления.

Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Металлы и неметаллы. Характерные степени окисления, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства основных классов соединений.

Положение d-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления.

Комплексы d-элементов: общие понятия, номенклатура, изомерия, термодинамическая и кинетическая устойчивость. Химическая связь в комплексных

соединениях, теория кристаллического поля. Понятие о механизмах реакций комплексных соединений. Полиядерные комплексы, кластеры, гетерополисоединения.

Положение f-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Сходство и отличие 4f и 5f элементов.

Основные методы разделения и очистки веществ. Элементы и их применение в промышленности и технике. Представление о биологической роли элементов и их токсичности.

4. Основные методы синтеза неорганических соединений. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез. Твердофазный синтез и его особенности; использование механохимической активации. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Фотохимические и электрохимические методы синтеза.

Основные методы исследования неорганических соединений. Методы изучения кристаллического строения твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Брэгга. Электронная микроскопия: принципы и возможности сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии. Спектральные методы: колебательная спектроскопия, ИК- и КР-спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), масс-спектрометрические методы. Локальный рентгеноспектральный анализ, атомно-эмиссионная спектроскопия.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. М.Е. Тамм, Ю.Д. Третьяков. Неорганическая химия. Т. 1. Физико- химические основы неорганической химии. - М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 240 с.
2. А.В. Шевельков, А.А. Дроздов, М.Е. Тамм. Неорганическая химия. М.: Лаборатория знаний. 2021.
3. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Неорганическая химия. Т. 2. Химия непереходных элементов. Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 368 с.
4. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Неорганическая химия. Т. 3. Химия переходных элементов. Кн. 1. Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр «Академия», 2007. - 352 с.
5. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Неорганическая химия. Т. 3. Химия переходных элементов. Кн. 2. Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр «Академия», 2007. - 400 с.
6. Д. Шрайвер, П. Эткинс. Неорганическая химия. М.: Мир. 2004.
7. Дж. Хьюи. Неорганическая химия, Л., Химия, 1986.
8. Арутюнян Н.А. Теория и практика создания функциональных металлических материалов / Н.А. Арутюнян, С.Ф. Дунаев. – М.: «Сам Полиграфист», 2022
9. В.В. Скопенко, А.Ю. Цивадзе, Л.И. Савранский, А.Д. Гарновский. Координационная химия. М.: Академкнига, 2007.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Н.С. Ахметов. Общая и неорганическая химия. – М.: Высш.школа, 2001

2. А. Драго. Физические методы в химии, М., Мир, 1981.
3. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения. В 2 частях. М. Мир, 1988.
4. Соколовская Е.М. Металлохимия / Е.М. Соколовская, Л.С. Гузей. – М.: Изд-во МГУ, 1986

**Примерные темы для вступительного испытания по программе
Аналитическая химия (104-01-00-142-хн-фмн)**

1. ВВЕДЕНИЕ

Предмет аналитической химии. Место и роль аналитической химии среди других научных дисциплин. Аналитическая химия и аналитическая служба. Аналитические задачи: обнаружение, идентификация, определение, тестирование веществ.

Виды химического анализа: качественный, количественный, полуколичественный; изотопный, элементный, структурный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый; макро-, микро-, ультрамикрoанализ; локальный, неразрушающий, дистанционный, непрерывный, внелабораторный (полевой); целевой (таргетный, направленный), нецелевой (нетаргетный, ненаправленный).

Химические, физические и биологические методы аналитической химии. Методы обнаружения, идентификации, разделения и концентрирования, определения; гибридные и комбинированные методы.

2. РЕАКЦИИ И ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Равновесные и неравновесные процессы. Использование законов термодинамики (химическое равновесие) и кинетики для описания и управления реальными гомогенными и гетерогенными системами. Химический потенциал, закон действующих масс. Общая схема равновесий в растворах: сольватация, ионизация, диссоциация, ионная и молекулярная ассоциация, полимеризация, поликонденсация частиц, комплексообразование, окисление-восстановление, гетерогенные процессы. Количественные характеристики равновесий: термодинамическая, концентрационные и условные константы, степень образования (молярная доля) компонента. Коэффициенты активности. Теория Дебая–Хюккеля и ее ограничения. Расчет активностей и равновесных концентраций компонентов. Буферность систем (рН, рМ и редокс буферы).

Кисотно-основное равновесие. Современные представления о кислотах и основаниях. Протолитическая Теория Брэнстеда–Лоури. Использование протолитической теории для описания равновесий в растворах и расплавах кислот и оснований. Влияние свойств растворителя (донорно-акцепторных, диэлектрической проницаемости, автопротолиза); их классификация. Константы кислотности и основности. Кисотно-основные буферные растворы. Расчет рН растворов сильных и слабых кислот и оснований, амфолитов, смесей кислот или оснований, буферных смесей. Способы повышения чувствительности и избирательности анализа с использованием протолитических равновесий.

Комплексообразование. Теория Льюиса–Пирсона. Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Классификация комплексных соединений по характеру взаимодействия металл–лиганд, по однородности лиганда и центрального иона (комплексообразователя). Комплексные соединения в растворе. Ступенчатое комплексообразование; константы устойчивости. Кинетика реакций комплексообразования; инертные и лабильные комплексы. Использование кинетической устойчивости комплексных

соединений в химическом анализе. Влияние комплексообразования на растворимость соединений, кислотно-основное равновесие, окислительно-восстановительный потенциал систем, стабилизацию различных степеней окисления элементов. Способы повышения чувствительности и избирательности анализа с использованием комплексных соединений.

Окислительно-восстановительное равновесие. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы, их связь. Методы измерения потенциалов. Смешанный потенциал. Направление и константы равновесия окислительно-восстановительных реакций. Управление реакциями с помощью изменения концентраций реагирующих веществ, pH, конкурирующих реакций с окисленной и восстановленной формами. Механизм окислительно-восстановительных реакций. Каталитические, автокаталитические, сопряженные и индуцированные окислительно-восстановительные реакции. Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе. Методы предварительного окисления и восстановления определяемых веществ. Способы повышения чувствительности и избирательности анализа с использованием окислительно-восстановительных реакций.

Процессы осаждения–растворения. Равновесия в системе жидкость–твердая фаза. Осадки и их свойства. Константы равновесия (термодинамическое и реальное произведение растворимости); растворимость. Схема образования осадка. Кристаллические и аморфные осадки. Зависимость структуры осадка от его индивидуальных свойств и условий осаждения. Зависимость формы осадка от скорости образования и роста первичных частиц. Влияние температуры, ионной силы, конкурирующих реакций, природы растворителя, размеров частиц осадка, модификации осадка на растворимость. Механизм образования и свойства кристаллических и аморфных осадков. Гомогенное осаждение. Условия полного осаждения и растворения осадков. Старение осадка. Причины загрязнения осадка. Классификация различных видов соосаждения. Особенности образования коллоидно-дисперсных систем. Коллоидные системы. Использование коллоидных систем в химическом анализе. Способы повышения чувствительности и избирательности анализа с использованием гетерогенных реакций.

Органические реагенты в химическом анализе. Теоретические основы взаимодействия органических реагентов с ионами металлов. Функционально-аналитические группы. Влияние структуры органических реагентов на их свойства. Основные типы соединений, образуемых с участием органических реагентов. Хелатный эффект; хелаты, внутрикомплексные соединения; факторы, определяющие устойчивость хелатов. Важнейшие органические аналитические реагенты для разделения, обнаружения, определения ионов металлов, маскирования и демаскирования. Органические реагенты для органического анализа.

3. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Гравиметрические методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Методы осаждения и отгонки, прямые и косвенные гравиметрические методы. Требования, предъявляемые к осаждаемой и гравиметрической формам. Выбор условий осаждения. Этапы определения. Важнейшие неорганические и органические осадители. Термогравиметрия. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Аппаратная реализация методов. Точность,

чувствительность и избирательность гравиметрических методов, объекты и области рутинного и характерного применения.

Титриметрические методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Классификация методов. Выражение концентраций растворов в титриметрии. Кривые титрования. Точка эквивалентности, конечная точка титрования. Расчет молярной массы эквивалента в разных методах титрования. Способы пробоотбора и пробоподготовки, первичные и вторичные стандарты. Способы титрования: кислотно-основное титрование в водных и неводных средах; окислительно-восстановительное титрование; комплексометрическое титрование, использование аминополикарбоновых кислот (комплексометрия). Универсальные и специфические индикаторы, индикаторные погрешности. Инструментальные варианты титриметрии. Способы обнаружения конечной точки титрования. Аппаратная реализация методов. Точность, чувствительность и избирательность титриметрических методов, объекты и области рутинного и характерного применения.

Кинетические методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Индикаторная реакция и индикаторное вещество. Каталитические и некаталитические кинетические методы. Методы определения индикаторных веществ. Дифференциальный и интегральный варианты методов. Способы определения определяемого вещества по данным кинетических измерений. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Аппаратная реализация методов. Точность, чувствительность и избирательность кинетических методов, объекты и области применения.

Электрохимические методы. Электрохимическая реакция. Электрохимическая ячейка, основные процессы, протекающие на электродах в электрохимической ячейке. Кинетика электрохимических процессов. Неравновесные явления в растворах электролитов. Поляризационная кривая. Классификация электрохимических методов. Основные конструкционные узлы электрохимических приборов.

Потенциометрия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Равновесные электрохимические системы и их характеристики. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Обратимые и необратимые электрохимические системы. Ионметрия. Мембранное равновесие и мембранный потенциал. Типы ионоселективных электродов и их характеристики. Потенциометрическое титрование с неполяризованными и поляризованными электродами. Кривые титрования. Зависимость формы кривой и скачка потенциалов от различных факторов. Титрование в водных и неводных средах. Аппаратная реализация методов. Точность, чувствительность и избирательность потенциометрических методов, объекты и области рутинного и характерного применения.

Кулонометрия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Условия проведения кулонометрических измерений. Прямая потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование, его возможности и преимущества. Определение электроактивных и электронеактивных компонентов. Способы электрогенерирования кулонометрических титрантов. Аппаратная реализация методов. Точность, чувствительность и избирательность кулонометрических методов, объекты и области рутинного и характерного применения.

Вольтамперометрия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Явления поляризации и перенапряжения. Кривые поляризации. Обратимые и необратимые электродные процессы. Зависимость величины диффузионного тока от концентрации деполяризатора (уравнение Гейровского–Ильковича). Характеристики вольтамперограмм, используемые для изучения и определения органических и неорганических соединений. Варианты вольтамперометрии: импульсные (нормальный и дифференциальный), переменноточковый (с фазовой и временной селекцией аналитического сигнала), инверсионные (вольтамперометрия и хронопотенциометрия). Их особенности, Метрологические характеристики, возможности и ограничения методов. Амперометрическое титрование (кривые титрования, выбор потенциала, электроды). Особенности амперометрического титрования с одним и двумя поляризованными электродами. Аппаратная реализация методов. Точность, чувствительность и избирательность вольтамперометрических методов, объекты и области рутинного и характерного применения.

4. ФИЗИЧЕСКИЕ (ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ) МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Кондуктометрия. Прямая низкочастотная кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Использование кондуктометрических датчиков в хроматографии и других методах анализа. Аппаратная реализация методов. Точность, чувствительность и избирательность кондуктометрических методов, объекты и области рутинного и характерного применения.

ОПТИЧЕСКАЯ АТОМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Атомные спектры эмиссии, поглощения и флуоресценции. Резонансное поглощение. Самопоглощение, ионизация. Аналитические линии. Зависимость аналитического сигнала от концентрации. Основные конструкционные узлы оптических приборов для оптической атомной спектроскопии.

Атомно-эмиссионная спектроскопия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Индуктивно-связанная плазма, испарение, атомизация, ионизация пробы в индуктивно-связанной плазме. Возбуждение проб в пламени, в дуговом и искровом разрядах. Регистрация спектров. Качественный и количественный анализ. Физические и химические помехи. Внутренний стандарт. Подавление мешающих влияний матрицы и сопутствующих элементов. Способы подготовки пробы. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки, стандартные образцы. Точность, чувствительность и избирательность атомно-эмиссионной спектроскопии, объекты и области рутинного и характерного применения.

Атомно-абсорбционная спектрометрия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Источники излучения. Пламенная атомизация. Электротермическая атомизация; типы электротермических атомизаторов, кварцевая ячейка. Регистрация спектров. Физические и химические помехи. Способы подготовки пробы. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки, стандартные образцы. Точность, чувствительность и избирательность атомно-абсорбционной спектроскопии, объекты и области рутинного и характерного применения.

РЕНТГЕНОВСКАЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Основные свойства и характеристики рентгеновского излучения и электронного пучка. Спектры излучения, поглощения и флуоресценции и их связь со строением атома. Дифракция рентгеновских лучей. Эмиссия фотоэлектронов, фотоэлектронный спектр. Способы измерения аналитического сигнала. Основные конструкционные узлы приборов для рентгеновской и электронной спектроскопии.

Методы рентгеноспектрального анализа: рентгеноэмиссионный, рентгенофлуоресцентный, рентгеноабсорбционный, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Качественный и количественный анализ. Природа флуоресцентного рентгеновского излучения. Выход флуоресценции и его зависимость от атомного номера элемента. Факторы, определяющие интенсивность рентгенофлуоресцентной линии. Рентгенофлуоресцентный анализ с полным внешним отражением. Аппаратная реализация методов. Типы рентгеновских спектрометров. Сравнительная характеристика методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки, стандартные образцы. Точность, чувствительность и избирательность рентгеноспектрального анализа, объекты и области рутинного и характерного применения.

Рентгеновская фотоэлектронная и Оже-электронная спектроскопия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Качественный и количественный анализ. Возможности неразрушающего контроля. Метрологические характеристики, достоинства и ограничения методов. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки, стандартные образцы. Точность, чувствительность и избирательность рентгеновской фотоэлектронной и Оже-электронной спектроскопии, объекты и области рутинного и характерного применения.

МЕТОДЫ МИКРОСКОПИИ, ЛОКАЛЬНОГО АНАЛИЗА И АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ

Классификация, основы, достоинства и области применения. Понятия продольной и поперечной локальности. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Методы, используемые в локальном анализе: масс-спектрометрия, рентгеноспектральный микроанализ, рентгеноэлектронная спектроскопия, Оже-электронная спектроскопия, методы ИК-спектроскопии поверхности, люминесцентные методы микроанализа, ядерный микроанализ. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность методов локального анализа и методов анализа поверхности, объекты и области рутинного и характерного применения.

Микроскопия в аналитической химии. Микроспектроскопия. Многоволновые, мультиспектральные, полноспектральные и гиперспектральные измерения. Дистанционные методы спектроскопического анализа; применение их в микроаналитической химии, сенсорах, дистанционном анализе.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Молекулярные спектры поглощения, испускания; электронно-колебательно-вращательные (электронные), колебательно-вращательные (колебательные) и вращательные спектры. Основные законы светопоглощения и испускания. Рассеяние света, его виды. Поляризация и оптическая активность. Способы монохроматизации светового потока. Способы измерения аналитического сигнала. Дифференциальная спектроскопия; производная

спектроскопия. Основные конструкционные узлы оптических приборов для оптической молекулярной спектроскопии.

Спектрофотометрия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Методические особенности эксперимента. Возможности анализа многокомпонентных систем. **Спектроскопия диффузного отражения**. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Методические особенности эксперимента. Точность, чувствительность и избирательность спектрофотометрии и спектроскопии диффузного отражения, объекты и области рутинного и характерного применения.

Люминесцентные методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Виды люминесценции, флуоресценция и фосфоресценция. Основные характеристики люминесценции (спектры поглощения и возбуждения люминесценции, времена жизни возбужденных состояний, квантовый и энергетический выходы люминесценции). Закономерности молекулярной люминесценции (закон Стокса–Ломмеля, правила Каши и Левшина, закон Вавилова). Тушение люминесценции. Качественный и количественный анализ. Аппаратная реализация методов. Методические особенности эксперимента. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность люминесцентной спектроскопии, объекты и области рутинного и характерного применения.

Абсорбционная ИК-спектроскопия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Метод Фурье-спектрометрии. Качественная интерпретация спектров и количественный анализ: идентификация веществ, структурно-групповой и молекулярный анализ, определение строения индивидуальных соединений. Методические особенности эксперимента, особенности анализа проб в различном агрегатном состоянии. Спектроскопия с нарушенным полным внутренним отражением. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность ИК-спектроскопии, объекты и области рутинного и характерного применения.

Рамановская спектроскопия (спектроскопия комбинационного рассеяния, КР), сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Качественный и количественный анализ. Качественная интерпретация спектров и количественный анализ: идентификация веществ, структурно-групповой и молекулярный анализ, определение строения индивидуальных соединений. Методические особенности эксперимента. Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность КР спектроскопии, объекты и области рутинного и характерного применения.

Нефелометрия и турбидиметрия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Качественный и количественный анализ. Методические особенности эксперимента. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность люминесцентной спектроскопии, объекты и области рутинного и характерного применения.

МЕТОДЫ МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ЯДЕР И ЭЛЕКТРОНОВ

Магнитно-дипольные переходы. Механизмы релаксации: спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. Гиромагнитное отношение. Основные конструкционные узлы приборов для ЯМР и ЭПР спектроскопии.

ЯМР-спектроскопия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Магнитный момент ядра и его взаимодействие с магнитным полем; реализация магнитного резонанса; химический сдвиг и спин–спиновое взаимодействие. Классы соединений, пригодные для анализа методами ЯМР; применение в структурных исследованиях. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Методические особенности эксперимента. Точность, чувствительность и избирательность спектроскопии ЯМР, объекты и области рутинного и характерного применения.

ЭПР-спектроскопия, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения.: положение резонансного сигнала и g-фактора; электрон-ядерное и электрон-электронное взаимодействие и сверхтонкая структура спектра ЭПР; классы соединений, пригодные для анализа методами ЭПР. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Методические особенности эксперимента. Точность, чувствительность и избирательность спектроскопии ЭПР, объекты и области рутинного и характерного применения.

ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И РАДИОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Элементарные частицы. Основные виды радиоактивного распада и ядерных излучений. Основные конструкционные узлы приборов для ядерно-физических и радиохимических методов.

Активационный анализ. Нейтронно-активационный анализ, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Основные виды взаимодействия нейтронов с атомными ядрами. Источники нейтронов. Нейтронно-активационный анализ на тепловых, резонансных и быстрых нейтронах. Особенности и источники погрешностей при облучении нейтронами. Основные особенности методов, основанных на активации заряженными частицами и гамма-активационного анализа. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность активационного анализа, объекты и области рутинного и характерного применения.

Радиохимические методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Методы радиоактивных индикаторов и изотопного разбавления. Аппаратная реализация методов. Способы пробоотбора и пробоподготовки, стандартные образцы. Точность, чувствительность и избирательность радиохимических методов, объекты и области рутинного и характерного применения.

МЕТОДЫ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

Атомная масс-спектрометрия. Основные способы образования атомных ионов: в индуктивно-связанной плазме, тлеющем разряде, вакуумной искре и др. Энергия ионизации.

Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Индуктивно-связанная плазма, испарение, атомизация, ионизация пробы в индуктивно-связанной плазме. Основные конструкционные узлы масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой; аппаратная реализация методов. Масс-сепараторы в атомной масс-спектрометрии: квадрупольный, магнитосекторный, времяпролетный; разрешение масс-сепараторов; достоинства и недостатки, принципы выбора. Интерференции в ИСП-МС: причины возникновения, методы компенсации и устранения. Коллизионно-реакционные интерфейсы и ячейки. Масс-спектрометры с тройным

квадруполем. ИСП-МС с лазерной абляцией. Практическое применение ИСП-МС: качественный и количественный анализ; анализ форм существования элементов. ИСП-МС в сочетании с газовой и жидкостной хроматографией. Способы пробоотбора и пробоподготовки, стандартные образцы. Точность, чувствительность и избирательность методов атомной масс-спектрометрии, объекты и области рутинного и характерного применения.

Молекулярная масс-спектрометрия. Основные способы образования молекулярных ионов: электронная ионизация, химическая ионизация, ионизация при атмосферном давлении (электрораспыление, химическая ионизация, фотоионизация), ионизация под действием излучения лазера и др. Методы фрагментации молекул. Аппаратная реализация источников ионизации. Достоинства и недостатки различных методов ионизации. Разрешение масс-сепараторов в молекулярной масс-спектрометрии.

Масс-спектрометрия низкого разрешения, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Основные конструкционные узлы масс-спектрометра низкого разрешения и аппаратная реализация методов: масс-сепараторы (квадруполи, линейные ионные ловушки, квадрупольные ионные ловушки); масс-спектрометры с тройным квадруполем; гибридные масс-спектрометры низкого разрешения. Особенности масс-спектрометров для газовой и жидкостной хроматографии. Качественный и количественный анализ. Способы пробоотбора и пробоподготовки, стандартные образцы. Точность, чувствительность и избирательность методов молекулярной масс-спектрометрии низкого разрешения, объекты и области рутинного и характерного применения.

Масс-спектрометрия высокого разрешения, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Основные конструкционные узлы масс-спектрометра высокого разрешения и аппаратная реализация методов: (масс-сепараторы: времяпролетные, орбитальные ионные ловушки, ячейки ионного циклотронного резонанса); детекторы. Гибридные масс-спектрометры высокого разрешения. Прямой ввод и сочетание с газовой и жидкостной хроматографией. Качественный анализ: установление брутто-формулы и структуры молекул. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность методов молекулярной масс-спектрометрии высокого разрешения, объекты и области рутинного и характерного применения.

5. БИОХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Биохимические методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Каталитические и аффинные взаимодействия. Иммунизация биологических молекул. Ферментативные индикаторные реакции. Химическая природа и структура ферментов. Сущность иммунных методов. Аптасенсоры. Сущность ПЦР-анализа. Регистрация аналитического сигнала в биохимических методах. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность биохимических методов, объекты и области рутинного и характерного применения.

Биологические методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Индикаторные организмы, их типы. Аналитический сигнал и способы его регистрации. Определение физиологически неактивных соединений (химико-биологические методы). Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

6. 6. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Основные понятия. Теория равновесной хроматографии. Классификация хроматографических методов по применяемым фазам, механизмам разделения и технике эксперимента. Методы получения хроматограмм (фронтальная, элюентная и вытеснительная хроматография). Эффективность и селективность хроматографического разделения. Основные параметры удерживания веществ. Концепция теоретических тарелок и ее недостатки. Уравнение Ван Деемтера. Общие подходы к оптимизации процесса хроматографического разделения веществ. Способы осуществления хроматографического процесса. Особенности наполненных, капиллярных и PLOT-колонок. Способы элюирования веществ. Основные способы ввода пробы, комбинированные методы. Основные конструкционные узлы оптических приборов для хроматографии.

ГАЗОВАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ

Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Изотермы адсорбции. Адсорбенты, газы-носители и требования к ним. Химическое и адсорбционное модифицирование поверхности адсорбента. Основные типы неподвижных фаз. Влияние температуры на удерживание и разделение. Газовая хроматография с программированным подъемом температуры. Принципы выбора начальной и конечной температуры и скорости нагрева. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

Газо-жидкостная хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Требования к носителям и неподвижным жидким фазам. Основные типы неподвижных фаз. Проблемы деструкции неподвижных фаз при высокой температуре и пути ее устранения. Влияние природы жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Основные типы детекторов, их достоинства, недостатки и области применения. Требования к детекторам и их основные характеристики. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения (идентификация веществ, анализ сложных смесей, объектов окружающей среды). Понятие о двумерной газовой хроматографии, ее достоинства и недостатки. Парофазный анализ, техника эксперимента, достоинства и недостатки. Варианты газовой хроматографии с предварительной термодесорбцией. Понятие о реакционной и пиролизической газовой хроматографии.

Сверхкритическая флюидная хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Особенности и отличия от газовой и жидкостной хроматографии. Основные типы подвижных фаз. Детекторы. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

ЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ

Высокоэффективная жидкостная хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Требования к неподвижной и подвижной фазам. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения. Элюирующая сила подвижных фаз. Влияние рН на удерживание веществ. Разновидности метода в зависимости от полярности неподвижной фазы: нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Понятие о хроматографии гидрофильных взаимодействий. Основные типы неподвижных фаз. Типы и варианты модифицированных силикагелей, их достоинства и недостатки. Принципы выбора условий разделения. Детекторы, их основные характеристики, области применения. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения (анализ сложных смесей).

Ионообменная хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Основные закономерности ионного обмена. Неорганические и органические ионообменники и их свойства. Комплексообразующие ионообменники. Кинетика и селективность ионного обмена. Влияние природы и состава элюента на селективность разделения веществ. Концентрирование и разделение неорганических и органических ионов. Детекторы. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

Ионная хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Основные типы подвижных фаз, их особенности и области применения. Требования к сорбентам, их строение и классификация. Варианты ионной хроматографии с подавлением фоновой электропроводности и без нее. Типы устройств подавления электропроводности, их основные характеристики. Понятие о «безреагентной» хроматографии. Кондуктометрический детектор, принцип его работы. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

Ион-парная хроматография, сущность и принцип, достоинства и ограничения. Основные модели (механизмы) удерживания. Роль неподвижной фазы и вводимого в элюент противоиона. Типы противоионов и закономерности удерживания веществ. Детекторы. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Достоинства и недостатки метода. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

Аффинная хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Адсорбенты. Условия проведения процесса разделения. Детекторы. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

Эксклюзионная хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Особенности механизма удерживания молекул. Характеристики сорбентов и подвижных фаз.

Гель-хроматография (гельпроникающая или гельфильтрационная) в органическом и неорганическом анализе. Механизм разделения веществ. Характеристика гелей. Детекторы. Аппаратная реализация. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

Тонкослойная (планарная) хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Основные формулы и характеристики. Аппаратная реализация. Способы получения планарных хроматограмм (восходящий, нисходящий, круговой, двумерный). Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы. Требования к проведению анализа и хранению пластин для анализа. Реагенты для проявления хроматограмм. Понятие о двумерной тонкослойной хроматографии. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения. Особенности бумаги как неподвижной фазы. Требования к проведению анализа. Подвижные фазы. Детектирование и подходы к количественному анализу. Область применения.

ЭЛЕКТРОМИГРАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

Варианты электромиграционных методов: капиллярный зонный электрофорез; мицеллярная и микроэмульсионная электрокинетическая хроматография; капиллярный гель-электрофорез; изотахофорез; электрофокусирование в капиллярах. Причины высокой эффективности разделения. Аппаратная реализация. Сущность и принципы, значение, достоинства и ограничения. Особенности механизма разделения молекул и типы подвижных фаз. Достоинства и недостатки методов. Особенности детектирования. Понятие о проведении анализа на микрочипе. Строение микрочипов, достоинства и недостатки. Способы пробоотбора и пробоподготовки. Точность, чувствительность и избирательность, объекты и области рутинного и характерного применения.

7. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ

Процессы и реакции, лежащие в основе методов разделения и концентрирования в аналитической химии. Классификация методов разделения и концентрирования по природе процессов, числу и природе фаз, природе матрицы и концентрата. Термодинамические и кинетические характеристики разделения и концентрирования. Количественные параметры разделения и концентрирования: коэффициент распределения, степень извлечения, коэффициенты разделения и концентрирования. Сочетание разделения и концентрирования с методами определения. Принципы выбора метода.

Сорбционные методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Сорбенты, классификация по механизму взаимодействия вещества с сорбентом, способу осуществления процесса, геометрическим признакам неподвижной фазы. Количественное описание сорбционных процессов. Аппаратная реализация. Области рутинного и характерного применения.

Экстракционные методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Экстракция как процесс и метод. Закон распределения. Основные количественные характеристики. Способы осуществления экстракции. Требования к экстрагентам и растворителям. Классификация экстракционных процессов по типу используемого

экстрагента, типу образующихся соединений, технике осуществления. Основные типы соединений, используемых в экстракции. Аппаратная реализация. Области рутинного и характерного применения.

Методы осаждения и соосаждения, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Использование неорганических и органических осадителей и соосадителей для разделения и концентрирования элементов. Виды соосаждения. Основные типы коллекторов. Органические соосадители. Аппаратная реализация. Области рутинного и характерного применения.

Испарение, сублимация и родственные методы, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Классификация методов. Испарение, сублимация или отгонка, отгонка после химических превращений. Аппаратная реализация. Области рутинного и характерного применения.

Препаративная хроматография, сущность и принцип, значение, достоинства и ограничения. Аппаратная реализация. Области рутинного и характерного применения.

8. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ХЕМОМЕТРИКА

Химический анализ как метрологическая процедура. Аналитический сигнал. Способы представления зависимости аналитический сигнал — содержание определяемого компонента. Основные характеристики аналитических методов: точность, правильность, прецизионность, чувствительность селективность, избирательность, прослеживаемость.

Погрешности, способы их классификации, основные источники погрешностей в химическом анализе. Систематические погрешности в химическом анализе. Способы проверки правильности. Контрольный опыт как метрологическое понятие. Случайные погрешности в химическом анализе. Генеральная и выборочная совокупности результатов химического анализа. Закон нормального распределения. Статистика малых выборок. Прецизионность. Статистическая обработка результатов серийных анализов. Законы распространения систематических и случайных погрешностей. Погрешности отдельных стадий анализа и конечного результата. Применение дисперсионного анализа для оценки погрешностей отдельных стадий и операций химического анализа.

Неопределенность измерений как мера оценки аналитических методов, сравнение и взаимосвязь с теорией и практикой точности измерений.

Чувствительность, способы ее выражения. Коэффициент чувствительности, предел обнаружения, предел определения, их статистическая оценка. Применение регрессионного анализа для построения градуировочных зависимостей. Обработка нелинейных зависимостей в химическом анализе. Обработка спектральной информации. Аппроксимация экспериментальных зависимостей, ее основные разновидности. Дифференцирование и интегрирование экспериментальных данных. Фурье-преобразование, его использование. Корреляционный анализ; использование корреляционного анализа для проверки независимости двух аналитических методик.

Метод и методика. Продолжительность (экспрессность), трудоемкость, стоимость, приборное обеспечение методики анализа; результат химического анализа как показатель качества. Арбитражный анализ. Принципы унификации и стандартизации аналитических

методов. Метрологическое обеспечение контроля состава веществ и материалов. Стандартные образцы. Аттестация и стандартизация методик. Аккредитация аналитических лабораторий.

Хеометрика в аналитической химии и химическом анализе, математические методы изучения и моделирования химических явлений в области химического анализа, получение химико-аналитических данных с помощью математических методов обработки и добычи данных (глубинного анализа данных). Базы данных и знаний, принципы их построения и использования в химическом анализе, поисковые системы информации, обнаружение знаний в базах данных при помощи хеометрических методов. Математическое планирование и оптимизация аналитического эксперимента. Использование дисперсионного и многомерного регрессионного анализа. Многомерные данные в химическом анализе. Векторы и матрицы аналитических сигналов (признаков); факторный анализ. Хеоминформатика.

8. АНАЛИЗ ОБЪЕКТОВ

Основные задачи анализа, аналитический цикл. Выбор метода и схемы анализа, отбор пробы, подготовка пробы (разложение, разделение, концентрирование и другие операции), получение аналитической формы, измерение аналитического сигнала, обработка результатов измерений. Определение суммарных показателей (ХПК, БПК и др.). Скрининг. Тест-методы. Аналитический мониторинг, принципы, методы, организация, задачи. Аналитическая химия элементов. Основные методы выделения и определения элементов и изотопов элементов.

Автоматизация лабораторного анализа и производственного контроля; периодического, дискретного анализа и непрерывного анализа в потоке. Автоматизированные приборы, системы и комплексы, автоматы-анализаторы для лабораторного и производственного анализа, роботы. Микрофлюидные чипы и микроаналитические системы полного анализа.

Сенсоры в химическом анализе, их связь с информационными технологиями. Понятие сенсора и трансдюсера, другие основные понятия сенсоров. Техническое и приборное обеспечение сенсоров. Сенсоры для качественного и количественного анализа. Классификация сенсоров по принципу действия (химические, физические, физико-химические, биологические). Биосенсоры, молекулярное и биомолекулярное распознавание. Оптические (хеом- и биосенсоры), электрохимические, пьезоэлектрические (включая кварцевые микровесы), электрические сенсоры, термические, термометрические сенсоры; масс-сенсоры, микроэлектронные датчики для биомедицинских исследований. Мультиплексные сенсоры, наносенсорика. Аналитические возможности, области применения.

Теория и практика пробоотбора и пробоподготовки. Представительность пробы; взаимосвязь с объектом и методом анализа. Генеральная, лабораторная и анализируемая пробы. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ; токсичных и радиоактивных проб устройства и приемы, используемые при этом; первичная обработка и хранение проб; дозирующие устройства. Основные способы перевода пробы в форму, необходимую для данного вида анализа: растворение в различных средах; спекание, сплавление, разложение под действием высоких температур, давления, излучения, ультразвука, высокочастотного разряда; комбинирование

различных приемов; особенности разложения органических соединений. Способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.

Основные объекты анализа, особенности, виды анализа таких объектов и соответствующие методы и задачи их анализа. Анализ *in situ* и *in vivo*. Контроль и мониторинг производства.

Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, атмосферные осадки, почвы, донные отложения, флора. **Объекты экологического контроля** Промышленные, технологические и бытовые *отходы*.

Геологические объекты, минеральное промышленное сырье.

Неорганические соединения. Чистые и сверхчистые вещества и материалы; определение в них примесных и легирующих микроэлементов. Минеральные удобрения. Послойный и локальный анализ.

Металлы, сплавы и другие продукты металлургической промышленности. Определение черных, цветных, редких, благородных металлов и анализ их сплавов. Анализ неметаллических включений и определение газообразующих примесей в металлах. Контроль производства. **Материалы атомной промышленности. Другие промышленные материалы. Композиционные и наноматериалы**

Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения; органические материалы, полимерные материалы. Углеводородное сырье, нефтепродукты.

Биомедицинские объекты. Биологические и живые объекты, лекарственное сырье и фармацевтические препараты, медицинские объекты, объекты клинической лабораторной диагностики; объекты криминалистической экспертизы; пищевое сырье и продукты питания. Санитарно-гигиенический контроль.

Специальные объекты и задачи анализа: газы, токсичные и радиоактивные вещества, наркотики, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, космические объекты, археологические объекты и объекты культурного наследия.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Основы аналитической химии (в 2-х книгах) (под ред. Ю.А. Золотова). М.: Академия, 2014, 400 с.
2. Основы аналитической химии. Практическое руководство (под ред. Ю.А. Золотова). М.: Высшая школа, 2018, 462 с.
3. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы (под ред. Ю.А. Золотова). М.: Высшая школа, 2020, 413 с.
4. Аналитическая химия (под ред. А. А. Ищенко) А.А. Гречников, Л.А. Грибов, Ю.А. Ефимова и др. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2019, 470 с.
5. Методы и достижения современной аналитической химии (под ред. В.И. Вершинина), 2-е изд., Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Лань, 2021, 588 с.
6. Аналитическая химия. Методы идентификации и определения веществ (под ред. Л.Н. Москвина), 4-е изд., Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Лань, 2022, 584 с.

7. Кристиан Г.. Аналитическая химия. в 2 х т., пер. с англ., М. : Бином. Лаборатория Знаний, 2023. - 1127 с.
8. Бёккер Ю. Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза. Пер. с нем. М.: Техносфера, 2023. 472 с.
9. Снайдер Л. Р., Киркленд Д.Д., Долан Д.У. Введение в современную жидкостную хроматографию. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2020. – 960 с.
10. Пупышев А.А., Суриков В.Т. Пупышев А.А., Суриков В.Т. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Образование ионов. 2-е издание, исправленное и дополненное. LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 389 с.
11. Экман Р., Зильберинг Е., Вестман-Бринкмальм Э., Край А. Масс-спектрометрия: аппаратура, толкование и приложения Москва: Техносфера, 2022, 368 с.
12. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды Москва: Техносфера, 2013, 632 с.
13. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии Изд. второе, переработанное и дополненное. М: Техносфера, 2015, 704 с.
14. Лаваньини И., Маньо Ф., Сералья Р., Тральди П. Количественные методы в масс-спектрометрии Москва: Техносфера, 2008., 176 с.
15. Ефимова А.И., Зайцев В.Б., Казанцев Д.В., Болдырев Н.Ю. Современная инфракрасная спектроскопия: основы, методы, приборная база: учебное пособие для вузов. СПб: Лань, 2023. — 356 с.
16. Отто М. Современные методы аналитической химии, 5-е издание. М.: Техносфера, 2021, 656 с.
17. Другов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе, 6-е изд., М: Лаборатория знаний, 2020, 858 с.
18. Изотопная масс-спектрометрия легких газообразующих элементов / Под ред. В.С. Севастьянова; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В. . Вернадского РАН. — 2011, 240 с.
19. Внелабораторный химический анализ. Под ред. Ю.А.Золотова. М.: Наука, 2010. 564 с.
20. Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ М.: Техносфера, 2009, 784 с.
21. Ганеев А.А., Шолупов С.Е., Пупышев А.А., Большаков А.А., Погарев С.Е. Атомно-абсорбционный анализ. Учебное пособие. СПб.: «Лань», 2011. 304 с.
22. Метрологическая прослеживаемость в химических измерениях (под ред. В.Б. Барановской, И.В. Болдырева) М.: Техносфера, 2022. – 106 с.
23. Дворкин В.И. Метрология и обеспечение качества химического анализа. 2-е изд., М.: Техносфера, 2023. – 318 с.
24. Криштал М. М., Ясников И. С., Полуниин В. И., Филатов А. М., Ульяенков А. Г. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ Москва: Техносфера 2009, 208 с.
25. Бёккер Ю. Спектроскопия. М.: Техносфера, 2009, 528 с.
26. Кельнер Р. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. Пер. с англ. М: Мир, 2004, 608 с.
27. Юинг Г. Инструментальные методы химического анализа. Пер. с англ. М.: Мир, 1989.

28. Пупышев А.А., Данилова Д.А. Атомно-эмиссионный спектральный анализ с индуктивно связанной плазмой и тлеющим разрядом по Гримму. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002. 202 с.
29. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгено-спектрального флуоресцентного анализа. М. Химия 1982.
30. Эгертон Р.Ф. Физические принципы электронной микроскопии М.: Техносфера, 2010, 304 с.
31. Ревенко А.Г. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов. Новосибирск: ВО "Наука", 1994. 264 с.
32. Дерффель К. Статистика в аналитической химии (пер. с нем.) М.: Мир. 1994.
33. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии (пер. с англ.) М.: Химия. 1984.
34. Шараф М.А., Иллмен Л., Ковальски Б.Р. Хемометрика (пер. с англ). Л.: Химия. 1989.
35. Морф В. Принципы работы с ионоселективными электродами. М.: Мир, 1985.
36. —Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М.: Техносфера, 2009, 368 с.
37. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. В двух книгах. М: Химия, 1978. 477, 338 с.
38. Лёвшин Л.В., Салецкий А.М., «Оптические методы исследования молекулярных систем. Молекулярная спектроскопия», М.: МГУ, 1994
39. Бенуэлл К., Основы молекулярной спектроскопии М.: Мир, 1985
40. Нолтинг Б. Новейшие методы исследования биосистем – М.: Техносфера, 2005. – 256 с.
41. Проблемы аналитической химии. Т.12: Биохимические методы анализа (ферментативный анализ, биосенсоры, иммуноанализ). (Под ред. Дзантиева Б.Б.). М.: Наука, 2010. 391 с.
42. Тернер Э. Биосенсоры: Основы и приложения (пер. с англ.). М.: Мир. 1992.
43. Тельдеши Ю.. Радиоаналитическая химия. Пер. со словац. М.: Энергоатомиздат. 1987.
44. Сысоев А.А., Изотопная масс-спектрометрия, 1993.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Ганеев А.А., Зенкевич И.Г., Карцова Л.А., Москвин Л.Н., Родинков О.В. Аналитическая химия. Методы разделения веществ и гибридные методы анализа. 3-е изд., Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Лань, 2022, 332 с.
2. Зенкевич И. Г., Ермаков С. С., Карцова Л. А. и др. Аналитическая химия. Химический анализ : учебник для вузов, 2-е изд., стер. , Санкт-Петербург: Лань, 2022, 444 с.
3. Долгоносов А. М., Рудаков О. Б., Прудковский А. Г. Колоночная аналитическая хроматография: практика, теория, моделирование. 3-е изд., Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Лань, 2022, 468 с
4. Аналитический контроль благородных металлов. Коллективная монография (под ред. Ю.А. Карпова, В.Б. Барановской, Л.П. Житенко), Москва: Техносфера, 2019. – 400 с.
5. Галль, Л. Н. Физические основы масс-спектрометрии и ее применение в аналитике и биофизике / Л. Н. Галль. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2010, 161 с.
6. Тахистов В.В., Пономарев Д.А. Органическая масс-спектрометрия. СПб.: ВВМ, 2005, 345 с
7. Майер В.Р. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография, М: Техносфера, 2017, 408 с

8. Карпов Ю.А., Савостин А.П., Сальников В.Д. Аналитический контроль в металлургическом производстве. М.: Академкнига, 2006, 352 с.
9. Цизин Г.И., Статкус М.А. Сорбционное концентрирование микроэлементов в динамических условиях. М.: ЛЕНАНД, 2016. 480 с.
10. Конюхов, В. Ю. Хроматография: учебник. Санкт-Петербург : Лань, 2012. 224 с.
11. Нестеренко П., Джонс Ф., Полл Б. Высокоэффективная комплексообразовательная хроматография ионов металлов. Москва: Техносфера, 2013 - 312 с.
12. Жуховицкий, С. М. Яновский, И. А. Ревельский. Хромадистилляция и хроматография: монография. Москва: Техносфера, 2021, 288 с.
13. Хенке, Х. Жидкостная хроматография. Москва : Техносфера, 2009, 264 с.
14. Сычев, С. Н. Высокоэффективная жидкостная хроматография: аналитика, физическая химия, распознавание многокомпонентных систем: учебное пособие Санкт-Петербург: Лань, 2013, 256 с.
15. Майер Вероника Р. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография. 5-е изд., Москва: Техносфера, 2019, 408 с.
16. Дятлов В. А., Серегина Т. С., Семикин В. В. Фурье ИК-спектроскопия многокомпонентных систем: учебно-методическое пособие. Москва : РТУ МИРЭА, 2022, 79 с.
17. Барановская В.Б., Кошель Е.С. Дуговой атомно-эмиссионный анализ редкоземельных металлов и их оксидов Москва: Техносфера, 2020. – 132 с.
18. Купцов А.Х., Жижин Г.Н. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров Москва: Техносфера, 2013, 696 с.
19. Карпов Ю.А., Савостин А.П., Глинская И.В. Методы пробоотбора и пробоподготовки. Курс лекций. Изд-во МИСиС. 2001.
20. Кузьмин Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. М.: Наука, 1988.
21. Сабадвари Ф., Робинсон А. История аналитической химии. (пер. с англ). М.: Мир, 1984.
22. Рамендик Г.И. Элементный масс-спектральный анализ твердых тел. М.: Химия. 1993.
23. Терек Т., Мика Й., Гегуш Э. Эмиссионный спектральный анализ (в 2-х частях, пер. с англ.) М.: Мир. 1982.
24. Брицке М.Э. Атомно-абсорбционный спектрохимический анализ. М.: Химия. 1982.
25. Головина А.П., Левшин Л.В. Химический люминесцентный анализ неорганических веществ. М.: Химия, 1978.
26. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. М.: Мир, 1986.
27. Шпигун О.А., Золотов Ю.А. Ионная хроматография. М.: Изд-во МГУ. 1990.
28. Гольдберг К.А., Вигдергауз М.С. Введение в газовую хроматографию. М.: Химия. 1990.
29. Даванков В.А., Навратил Дж., Уолтон Х. Лигандообменная хроматография. М.: Мир, 1989.
30. Березкин В.Г., Бочков А.С. Количественная тонкослойная хроматография. Инструментальные методы. М.: Наука, 1980.
31. Макроциклические соединения в аналитической химии. Под ред. Золотова Ю.А. и Кузьмина Н.М. М.: Наука, 1993.
32. Перес-Бендито Д., Сильва М. Кинетические методы в аналитической химии. М.: Мир, 1991.

33. Бонд А.М. Современные полярографические методы в аналитической химии. Пер. с англ. М.: Мир, 1984.
34. Никольский Б.П., Матерова Е.А. Ионоселективные электроды. Л.: Химия, 1980.
35. Иоффе Б.В., Зенкевич И.Г., Кузнецов М.А., Берштейн И.Я. Новые физико-химические методы исследования органических соединений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984.
36. Хмельницкий Р.А., Бродский Е.С. Хромато-масс-спектрометрия. М.: Химия, 1983.
37. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок. М.: Мир, 1989.
38. Плинер Ю.Л., Кузьмин Н.М. Метрологические проблемы аналитического контроля качества металлопродукции. М.: Metallurgia. 1989.
39. Карпов Ю.А., Гиммельфарб Ф.А., Савостин А.П., Сальников В.Д. Аналитический контроль металлургического производства. Учебник для вузов М.: «Металлургия», 1995г. , 400 стр.
45. Пабло Г. Этчегоин, Эрик К. Ле Ру, Юлинг Ванг. Поверхностно-усиленная рамановская спектроскопия (SERS): аналитические, биофизические и биомедицинские приложения; ред. оригинального изд. С. Шлюкер ; пер. с англ., М: Техносфера, 2017., 331с.
46. Пробоподготовка в микроволновых печах. Теория и практика (под ред. Г.М. Кингстона и Л.Б. Джесси . пер. с англ) М.:Мир. 1991.
47. Лебстнер Л. Буйташ П. Химия в криминалистике. М.: Мир. 1990.
48. Каплан Б.Я., Филимонов Л.Н., Майоров И.А. Метрология аналитического контроля производства в цветной металлургии. М.: Metallurgia, 1989.
49. Горелик Д.О., Конопелько Л.А., Панков Э.Д. Экологический мониторинг (в 2- х томах) СПб. Крисмас. 1998.
50. Москвин Л.Н., Царицына Л.Г. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Л.: Химия. 1991.

**Примерные темы для вступительного испытания по программе
Органическая химия (104-01-00-143-хи)**

1. ВВЕДЕНИЕ.

Органическая химия и ее место среди других химических дисциплин, связь с другими науками. Органические соединения в природе.

Состав и строение органических соединений. Структурные формулы. Гомология. Изомерия. Принципы рациональной номенклатуры и заместительной номенклатуры ИЮПАК.

Типы химических связей в органических соединениях. Физические характеристики связей: энергия, длина, полярность, поляризуемость.

Основные понятия стереохимии. Два типа пространственной изомерии: диастереомерия и энантиомерия. Хиральность, условия для ее возникновения. Оптическая активность соединений с хиральными молекулами. Энантиомеры, рацематы.

Способы изображения пространственного строения молекул: клинообразные проекции, формулы Ньюмена и проекционные формулы Фишера, правила работы с ними. Абсолютная и относительная конфигурация. Конформация, ее отличие от конфигурации. Конформеры.

Асимметрический атом. Органические соединения с одним асимметрическим атомом углерода. Принципы R,S-номенклатуры. Соединения с двумя асимметрическими атомами. Понятие о мезо-формах. Трео-, эритро-номенклатура как способ отображения относительной конфигурации диастереомеров с двумя асимметрическими атомами. Энантиомеры с осью

хиральности на примере алленов и о-замещенных бифенилов. Плоскостная хиральность на примере пара-циклофанов.

Электронные (индуктивный и мезомерный) и пространственные эффекты в молекулах органических соединений.

Классификация реагентов и реакций. Механизмы органических реакций. Понятие о промежуточных частицах, переходном состоянии, энергетическом профиле реакции и ее энергетическом балансе. Кинетический и термодинамический контроль реакций.

Пространственный аспект протекания органических реакций: диастереоселективные и энантиоселективные реакции. Энантиомерный избыток как количественная характеристика энантиоселективности процесса.

Основы метода молекулярных орбиталей (МО) для молекул органических соединений, содержащих π -связи. Молекулярные π -орбитали этилена, 1,3-бутадиена и высших полиенов, бензола, радикала, аниона и катиона аллильного типа, 2,4-пентадиенильного радикала. Принцип жестких и мягких кислот и оснований (ЖМКО).

2. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.

Общая характеристика физико-химических методов, основанных на взаимодействии излучения с веществом. Спектральные и дифракционные методы.

Колебательная спектроскопия: природа ИК-спектров, характеристические частоты поглощения. КР-спектроскопия. Возможности ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье. Представления о технике эксперимента и методах приготовления проб в ИК-спектроскопии.

Функциональный анализ на основе характеристических частот: алканы – характеристичность колебаний связей С-Н, нехарактеричность колебаний связей С-С; алкены – характеристические частоты, зависимость частоты валентного колебания С=C от различных факторов; алкины, ароматические соединения – характеристические частоты, форма колебаний ароматического кольца, деформационные колебания С-Н; карбонильные соединения – характеристические частоты, влияние сопряжения связей С=О с другими кратными связями.

Электронная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях: природа спектров, типы электронных переходов, понятие о хромофорных группах. Применения электронной спектроскопии в органической и элементоорганической химии.

Спектроскопия ЯМР. Магнитные свойства атомных ядер. Ансамбль ядер в статическом магнитном поле. Ядерные зеемановские уровни, их населенности, условие резонанса, макроскопическое намагничивание. Регистрация спектров ЯМР в режиме непрерывной развертки и в импульсном режиме.

Магнитное экранирование ядер. Константа экранирования и химический сдвиг. Эталонирование спектров. Условия получения спектров высокого разрешения. Прямое и косвенное спин-спиновое взаимодействия. Релаксация, времена спин-решеточной и спин-спиновой релаксации. Относительные интенсивности сигналов.

Шкала химических сдвигов ^1H в органических соединениях. Химические сдвиги ^{13}C для органических молекул.

Влияние физических факторов на экранирование ядер: диамагнитный и парамагнитный вклады в константу экранирования, влияние магнитной анизотропии, эффект кольцевого тока,

влияние электрического поля и межмолекулярных взаимодействий, изотопные эффекты.

Химические сдвиги и строение молекул. Характеристичность химических сдвигов, эмпирические правила их оценки по аддитивным схемам.

Химическая и магнитная эквивалентность ядер, симметрия и хиральность – их проявления в спектрах ЯМР. Выявление гомотопных, энантиотопных и диастереотопных групп по спектрам ЯМР.

Константы косвенного спин-спинового взаимодействия (КССВ) ${}^nJ_{HH}$ и строение молекул. Спектры ЯМР первого порядка. Спиновые системы AX, AX₂, AX_n, AMX. Простые правила мультиплетности. Спектры ЯМР с магнитно неэквивалентными ядрами AA₁XX₁ и AA₁MM₁X. Отклонения от правил первого порядка для сильно связанных систем. Спектры АВ и АВХ. Спин-спиновое взаимодействие ¹H с другими ядрами. Относительный знак КССВ.

Геминальные ${}^2J_{HH}$, вицинальные ${}^3J_{HH}$ и дальние КССВ Н-С-Н. Зависимость вицинальных КССВ от двугранного угла (кривая Карплуса) и ее использование в конформационном анализе. Константы ССВ ¹³C-¹H. Двойной гомоядерный и гетероядерный резонанс.

Масс-спектрометрия, области ее применения. Типы масс-спектрометров, основные узлы прибора. Разрешающая способность. Масс-спектры положительных и отрицательных ионов. Масс-спектрометрия высокого разрешения. Способы ионизации. Молекулярный ион и его фрагментация. Вид масс-спектра. Хромато-масс-спектрометрия.

Методы установления элементного состава соединения в спектре на основании данных по природному содержанию стабильных изотопов элементов по кластеру пика молекулярного иона.

3. АЛКАНЫ.

Природа С-С и С-Н связей, sp³-гибридизация атома углерода. Понятие о конформациях алканов. Конформации этана, пропана и бутана. Проекционные формулы Ньюмена. Энергетическая диаграмма конформационного состояния молекулы алкана.

Природные источники алканов. Методы синтеза алканов из алкенов, алкинов, алкилгалогенидов, металлоорганических соединений, альдегидов, кетонов и карбоновых кислот.

Химические свойства алканов. Галогенирование алканов. Механизм реакции. Регионаправленность галогенирования разветвленных алканов. Относительная стабильность алкильных радикалов. Способы регистрации алкильных радикалов (ЭПР, ЯМР). Сульфохлорирование и нитрование алканов. Термический и каталитический крекинг алканов.

Поведение алканов в суперкислой среде, ион метония. Ионные реакции алканов: дейтериеводородный обмен и галогенирование в суперкислой среде.

4. АЛКЕНЫ.

Природа двойной углерод-углеродной связи, sp²-гибридизация атома углерода. Геометрическая изомерия. Цис, транс- и Z, E-номенклатура. Ряд стабильности алкенов, выведенный на основе теплот гидрирования.

Методы синтеза алкенов из алкилгалогенидов и спиртов. Стереоселективное

восстановление алкинов. Синтез алкенов термоллизом четвертичных аммониевых солей (Гофман), *N*-оксидов третичных аминов (Коуп) и ксантогенатов (Чугаев). Методы регио- и стереоселективного создания C=C связи на базе илидов фосфора (методы Виттига и Водсворта-Хорнера-Эммонса). Региоселективный синтез алкенов из тозилгидразонов (Шапиро). Стереоселективное восстановление алкинов. Восстановление карбонильных соединений по Мак-Мурри.

Гетерогенное гидрирование, катализаторы процесса (металлы, оксиды, смешанные оксиды). Формы катализаторов: мелкодисперсные металлы (черни, катализатор Ренея), коллоидные системы (никель P1 и P2), нанесенные катализаторы. Гидрирование при высоком и низком давлении. Зависимость скорости и стереохимии процесса гидрирования от природы катализатора и строения субстрата. Селективность гидрирования. Понятие о гаптофильности. Побочные реакции в процессе гидрирования C=C-связей: гидрогенолиз простых связей C-N, C-O, C-Cl. Использование гидрогенолиза в синтетических целях. Каталитические яды. Гомогенное гидрирование алкенов. Катализаторы и механизм процесса.

Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора к алкенам (гидроборирование). Механизм и стереохимия. Селективные гидроборирующие агенты (дисиамил- и тексилбораны, 9-BBN). Обратимость гидроборирования, изомеризация алкильных групп. Синтез алканов, спиртов, алкилгалогенидов с помощью бороорганических соединений. Восстановление функциональных групп дибораном. Ограничения методов гидрирования и гидроборирования, связанные с наличием функциональных групп в молекуле.

Электрофильное присоединение к алкенам галогенов и галогеноводородов. Механизм реакции. Образование “мостиковых” интермедиатов. Стереохимия и региоселективность присоединения. Правило Марковникова. Реакции сопряженного присоединения, перегруппировки алкильных катионов. Гидратация алкенов. Условия и практическое применение. Гидроксимеркурирование алкенов как метод синтеза спиртов (механизм и стереохимия). син-Гидроксилирование алкенов до диолов. Реагенты гидроксилирования. Механизм син-гидроксилирования. Эпоксидирование алкенов перкислотами. Эпоксидирующие агенты: надуксусная, трифторнадуксусная, *m*-хлорнадбензойная (MCPBA) кислоты, диоксираны. Понятие об энантиоселективном эпоксидировании трет-бутилгидропероксидом в присутствии титанового темплата (Шарплесс). Кислотный и основной катализ гидролиза эпоксидов (оксиранов). Каталитическое окисление этилена в ацетальдегид (Вакер-процесс). Реакции гидроформилирования алкенов. Понятие о метатезисе алкенов.

Озонолиз алкенов, механизм реакции. Окислительное и восстановительное расщепление озонидов.

Радикальные реакции алкенов. Присоединение бромистого водорода, сероводорода и тиолов по кратной связи. Аллильное галогенирование по Циглеру, механизм реакции.

Карбены - частицы с двухкоординированным углеродом. Методы генерирования карбенов и дигалокарбенов. Строение синглетных и триплетных карбенов. Присоединение этих частиц к алкенам. Стереохимия присоединения. Понятие о карбеноидах. Присоединение карбеноидов к C=C связи.

Каталитическая полимеризация алкенов на катализаторах Циглера-Натта.

5. АЛКАДИЕНЫ.

Типы диенов. Сравнение устойчивости диенов разных типов.

1,3-Алкадиены. Методы синтеза сопряженных диенов. Крекинг алканов, дегидратация диолов. Кросс-сочетание как метод синтеза 1,3-диенов. Строение бутадиена-1,3, сопряжение двойных связей. π -МО 1,3-бутадиена.

Галогенирование и гидрогалогенирование 1,3-диенов. МО-аллильной системы. Аллильное участие, аллил-катион. 1,2- и 1,4-Присоединение электрофильных агентов к 1,3-диенам. Понятие о кинетическом и термодинамическом контроле реакций электрофильного присоединения к 1,3-диенам. Особенности химических свойств 1,5-диенов (перегруппировка Коупа).

Понятие о синхронном процессе и перициклических реакциях. Концепция сохранения орбитальной симметрии и теория граничных орбиталей. Понятие о ВЗМО и НСМО реагента и симметрия этих орбиталей. Классификация МО по числу узлов: топология Хюккеля и Мебиуса. Орбитальный контроль в электроциклических реакциях замыкания и раскрытия цикла, инициируемых термически и фотохимически. Стереохимические правила для электроциклических реакций.

Реакции циклоприсоединения и их классификация. Контроль орбитальной симметрии в термических и фотохимических реакциях [4+2]- и [2+2]-циклоприсоединения.

Реакция Дильса-Альдера ([4+2]-циклоприсоединение) как метод создания шестичленного цикла. Диен и диенофил. *o*-Хинодиметаны в качестве диенов, их генерирование. Типы реакции Дильса-Альдера: карбо-реакция, гетеро-реакция, 1,4-циклоэлиминирование. Ретро-реакция. Катализ в реакции Дильса-Альдера.

Стереохимия реакции Дильса-Альдера, эндо-правило. Региоселективность циклоприсоединения в случае несимметричных диенов и диенофилов. Региоселективность гетеро-реакции.

Понятие о еновой реакции Альдера.

Полимеризация алкенов и диенов (ионный, радикальный и координационный механизм). Стереорегулярные полимеры. Изопреновый каучук.

Аллены и кумулены: особенности пространственного строения, изомеризация. Гидрирование. Электрофильное присоединение к алленам: гидратация, присоединение хлороводорода.

6. АЛКИНЫ.

Природа тройной связи, *sp*-гибридизация. Методы синтеза алкинов. Электрофильное присоединение к алкинам. Галогенирование и гидрогалогенирование алкинов. Механизм и стереохимия реакции. Восстановление алкинов до цис- и транс-алкенов. Гидратация алкинов. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов в реакциях электрофильного присоединения. Нуклеофильное присоединение спиртов, синтез виниловых эфиров.

СН-кислотность терминальных алкинов. Получение литиевых, натриевых, магниевых и медных производных алкинов-1. Их применение для синтеза высших алкинов. Конденсация алкинов-1 с альдегидами и кетонами по Фаворскому. Получение пропаргилового спирта и бутин-2-диола-1,4 по Реппе.

Гидроборирование алкинов, синтез альдегидов.

Ацетилен-алленовая перегруппировка. Смещение тройной связи в концевое положение алкина. Окислительная конденсация терминальных алкинов в присутствии солей меди. Кросс-сочетание арилгалогенидов с терминальными алкинами (Соногашира).

Циклоолигомеризация алкинов.

7. ГАЛОГЕНАЛКАНЫ, НУКЛЕОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ У НАСЫЩЕННОГО АТОМА УГЛЕРОДА.

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода как метод создания связей углерод-углерод, углерод-галоген, углерод-азот, углерод-фосфор.

Классификация механизмов нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода (SN1- и SN2-механизмы). Основные характеристики бимолекулярного и мономолекулярного механизмов.

Зависимость механизма реакции от структуры исходного соединения. Понятие нуклеофильности и факторы, определяющие нуклеофильность реагента. Принцип ЖМКО. Роль растворителя в SN1- и SN2-процессах.

Реакции нуклеофильного замещения SN2-типа. Кинетика, стереохимия.

Примеры реакций: получение аминов, нитрилов, эфиров карбоновых кислот, простых эфиров, тиоэфиров, алкилгалогенидов, нитросоединений и других классов органических соединений. Амбидентные анионы. Кинетика и стереохимия SN2-реакций. Влияние строения радикала, уходящей группы исходного субстрата и природы растворителя на скорость реакции. Межфазный катализ в SN2-процессах.

Методы синтеза алкилгалогенидов (алкилхлоридов, бромидов, иодидов и фторидов) из спиртов, алкенов, алканов, других алкилгалогенидов, алкилсульфонатов и др.

Реакции SN1 типа. Кинетика, стереохимия. Зависимость SN1-процесса от природы радикала, уходящей группы и растворителя. Карбокатионы, факторы, влияющие на их устойчивость. Перегруппировки карбокатионов.

Электрофильный катализ в SN1-реакциях. Понятие о ионных парах. Типы ионных пар и их роль в реакциях нуклеофильного замещения.

Внутримолекулярная радикальная циклизация алкил- и алкенилгалогенидов под действием трибутилловогидрида.

8. МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ.

Литий- и магнийорганические соединения, их получение из органогалогенидов и металла. Использование магния Рике для синтеза магнийорганических соединений. Получение литийорганических соединений реакцией органогалогенидов и оловоорганических соединений с литийалкилами. Замещение атома водорода органических субстратов на литий (реакция металлизации). Шкала СН-кислотности углеводов.

Строение литийорганических соединений: кластеры. Строение магнийорганических соединений. Равновесие Шленка.

Реакции литий- и магнийорганических соединений с водой, кислородом, диоксидом углерода, альдегидами, кетонами, сложными эфирами, нитрилами, эпоксидами, орто-эфирами, третичными амидами.

Получение алкилбензолов по Вюрцу-Фиттигу и бифенилов по Ульману.

Медьорганические реагенты в синтезе. Получение литий-диалкилкупратов. Их строение. Купраты низшего порядка: гомокупраты Гилмана, гетерокупраты. Купраты высшего порядка: цианокупраты. Реакция литий-диалкилкупратов с альдегидами. Реакции с галогенопроизводными различных типов, 1,1-дигалогенидами, ацилгалогенидами, оксиранами, α,β -непредельными альдегидами и кетонами. Стереоселективность сочетания с 1-алкенилгалогенидами.

Смешанные купраты типа $[R_1R_2Cu]Li$ на основе алкилацетиленидов, алкоксидов и тиолятов меди. Их получение и использование в синтезе.

Реакции кросс-сочетания магний-, цинк-, олово- и борорганических соединений с органогалогенидами, катализируемые комплексами палладия (Кумада, Негиши, Стилле, Сузуки). Окислительное присоединение и восстановительное элиминирование как элементарные акты в реакциях кросс-сочетания. Сочетание арилиодидов с терминальными алкинами (Соногашира).

9. СПИРТЫ И ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ.

Одноатомные спирты. Методы их получения из алкенов, алкилгалогенидов, карбонильных соединений, карбоновых кислот, сложных эфиров, оксиранов. Свойства спиртов. Спирты как слабые ОН-кислоты. Спирты как основания Льюиса.

Замещение гидроксильной группы спиртов на галоген под действием галогеноводородов, галогенидов и оксогалогенидов фосфора. Реагенты регио- и стереоселективного замещения гидроксила на галоген. Дегидратация спиртов, образование алкенов и простых эфиров.

Нуклеофильные свойства спиртов. Получение и использование эфиров неорганических кислот (серной и фосфористой) в органическом синтезе. Перегруппировка триалкиловых эфиров фосфористой кислоты в эфиры алкилфосфоновых кислот (Арбузов) как последовательность двух реакций нуклеофильного замещения.

Окисление первичных и вторичных спиртов до альдегидов и кетонов. Реагенты окисления на базе соединений хрома(VI), механизм реакции. Окисление с помощью диметилсульфоксида: превращение спиртов и тозилатов в альдегиды и кетоны. Методы Моффетта (дициклогексилкарбодиимид) и Сверна (трифторуксусный ангидрид). Синтез ароматических альдегидов из бензилгалогенидов через четвертичные аммониевые соли (Соммле).

Дегидратация спиртов как метод получения простых эфиров. Двухатомные спирты. Методы получения. Свойства вицинальных диолов.

Дегидратация до диенов. Пинакон-пинаколиновая перегруппировка. Окислительное расщепление вицинальных диолов (иодная кислота, тетраацетат свинца).

Простые эфиры. Методы синтеза: реакция Вильямсона, алкоксимеркурирование алкенов, межмолекулярная дегидратация спиртов. Синтез 1,4-диоксана и тетрагидрофурана из диолов. Кислотное расщепление простых эфиров. Образование гидроксипероксидов простых эфиров. Комплексы простых эфиров с кислотами Льюиса, соли триалкилоксония. Синтез краун-эфиров, их применение в органическом синтезе.

Оксираны. Методы их получения. Раскрытие оксиранового цикла под действием нуклеофильных реагентов. (Механизм реакций, кислотный и основной катализ).

Тиолы. Получение и важнейшие свойства: кислотность, нуклеофильность, отношение к

окислителям. Тиоэфиры, получение солей сульфония. Илиды серы и их реакция с альдегидами (Кори-Чайковский).

10. РЕАКЦИИ ЭЛИМИНИРОВАНИЯ.

Реакции β -элиминирования. Классификация механизмов β -элиминирования. Региоселективность E2 элиминирования. Правила Зайцева и Гофмана. Факторы, определяющие направление элиминирования. Стереохимия E2 элиминирования: син- и анти-процессы. Конкуренция E1 и SN1, E2 и SN2 реакций. Факторы, влияющие на эту конкуренцию. Использование реакций элиминирования в синтетической практике для получения алкенов, алкинов и диенов.

11. АРОМАТИЧНОСТЬ. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ.

Промышленные и лабораторные методы получения ароматических углеводородов. Каталитический риформинг нефтяного сырья и выделение аренов из продуктов коксования каменного угля. Лабораторные методы: реакция Вюрца-Фиттига, тримеризация моно- и дизамещенных алкинов.

Строение бензола. Формула Кекуле. Современные представления о строении бензола. Молекулярные орбитали бензола. Аннулены (ароматические и неароматические). Концепция ароматичности. Правило Хюккеля для простых моноциклических аннуленов. Конденсированные ароматические углеводороды: нафталин, фенантрен, антрацен, азулен. Гетероциклические пяти- и шестичленные ароматические соединения (пиррол, фуран, тиофен, пиридин) и их бензо-производные. Критерии ароматичности: квантовохимический (сравнение величин энергии делокализации на один p-электрон), термодинамический (теплоты гидрирования), структурный и магнитный. Понятие об антиароматичности. Антиароматичность на примерах циклобутадиена, аниона циклопропена, катиона циклопентадиенилия.

Ароматические катионы и анионы C3-C9 и методы генерирования этих ионов. Концепция ароматичности для заряженных частиц.

Каталитическое гидрирование аренов. Восстановление бензола и его производных по Бёрчу, восстановление по Бёрчу нафталина. Окисление алкилбензолов и конденсированных аренов до карбоновых кислот, альдегидов, кетонов.

Свободно-радикальное галогенирование алкилбензолов.

12. РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ В АРОМАТИЧЕСКОМ РЯДУ.

Классификация реакций ароматического электрофильного замещения.

Общие представления о механизме реакций ароматического электрофильного замещения, кинетический изотопный эффект. Представление о σ - и π -комплексах.

Изотопный обмен водорода как простейшая реакция электрофильного замещения. Аренониевые ионы как модель переходного состояния реакции электрофильного замещения. Постулат Хэммонда. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения.

Индуктивные и мезомерные эффекты заместителей. Факторы парциальных скоростей. Согласованная и несогласованная ориентация.

Нитрование ароматических соединений. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и замещенных бензолов. Нитрование бифенила, нафталина и

других аренов. Получение полинитросоединений. Понятие об ипсо-атаке и ипсо-замещении в реакции нитрования.

Сульфирование ароматических соединений. Сульфирующие агенты. Механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль в реакциях сульфирования на примере сульфирования фенола и нафталина. Превращения сульфогруппы.

Галогенирование (хлорирование и бромирование) бензола и замещенных производных бензола. Галогенирующие агенты. Галогенирование конденсированных аренов и бифенила. Механизм реакции и природа электрофильного агента галогенирования. Иодирование аренов. Производные поливалентного иода. Введение фтора в ароматические соединения.

Реакции алкилирования аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты, механизм реакции. Полиалкилирование. Реакции изомеризации в процессах алкилирования по Фриделю-Крафтсу. Синтез диарилметанов и триарилметанов.

Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования в о- и п-положения. Электрофильное формилирование аренов: реагенты формилирования, механизм реакций и применение их в органическом синтезе.

13. НУКЛЕОФИЛЬНОЕ АРОМАТИЧЕСКОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ.

Общие представления о механизме ароматического нуклеофильного замещения.

Механизм присоединения-отщепления (S_NAr). Примеры S_NAr реакций и активирующее влияние электроноакцепторных заместителей. Анионные σ -комплексы Мейзенгеймера и их строение. Использование S_NAr реакций в органическом синтезе.

Механизм отщепления-присоединения на примере превращения галогенбензолов в фенолы и ароматические амины. Методы генерирования и фиксации дегидробензола. Строение дегидробензола.

$S_N1(Ar)$ -Механизм ароматического нуклеофильного замещения в реакциях гидролиза катионов арендиазония. Механизм $SRN1$ в ароматическом ряду и область его применения. Инициирование ион-радикальной цепи.

14. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ.

Методы синтеза альдегидов и кетонов из алкенов (озонолиз), алкинов (гидроборирование, реакция Кучерова), спиртов (окисление) и производных карбоновых кислот (на основе металлоорганических соединений). Пиролиз солей карбоновых кислот. Гидроформилирование алкенов. Промышленное получение уксусного альдегида (Вакер-процесс) и формальдегида. Ацилирование и формилирование аренов.

Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе воды, спиртов и тиолов (кислотный и основной катализ). Защита карбонильной группы.

Альтернирование донорных и акцепторных атомов в алифатической цепи (Зеебах). Обращение полярности карбонильного атома углерода (концепция $Umpolung$). Неустойчивость ацил-анионов. Бензоиновая конденсация, использование литиевых солей 1,3-дителианов и присоединение альдегидов к α,β -непредельным карбонильным соединениям (Штеттер) для реализации $Umpolung$. Применение 1,3-дителианов для синтеза альдегидов и кетонов. Ацетиленид-ион как синтетический эквивалент ацил-аниона (реакция Кучерова).

Получение бисульфитных производных, циангидринов (оксинитрилов) и ацетиленовых спиртов. Взаимодействие карбонильных соединений с аммиаком (уротропин), первичными и вторичными аминами. Енамины, их получение и алкилирование. Оксимы, гидразоны, арилгидразоны. Реакции карбонильных соединений с металлоорганическими реагентами.

Кето-енольная таутомерия кетонов. Енолы кетонов в реакциях галогенирования, изотопного обмена и рацемизации хиральных кетонов. Кислотный и основной катализ этих реакций.

Енолят-ионы. Методы генерирования енолятов с помощью алкоголятов и амидов щелочных металлов. Применение пространственно затрудненных амидов. Получение енолятов из силиловых эфиров енолов (Сторк) и α,β -непредельных альдегидов и кетонов. Строение енолятов (олигомерные структуры). Кинетически- и термодинамически контролируемые процессы енолизации, условия их осуществления.

Алкилирование енолятов. Влияние полярности растворителя на региоселективность процесса (О- и С-алкилирование). Принцип ЖМКО. Равновесие между α,β - и β,γ -енонами. Алкилирование и ацилирование енолят-ионов. Использование формильных (гидроксиметиленовых) производных для региоселективного алкилирования кетонов.

Кето-енольная таутомерия 1,3-дикетонов и 1,3-кетозэфиров на примере ацетилацетона и ацетоуксусного эфира. Нитрозирование кетонов и реакция с диоксидом селена.

Взаимодействие карбонильных соединений с илидами фосфора (реакция Виттига). Область применения реакции Виттига в органическом синтезе. Механизм и стереохимия реакции. Методы получения илидов фосфора. Реакция Водсворта-Хорнера-Эммонса на примере использования триэтилового эфира фосфонуксусной кислоты.

Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов и алканов. Реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена. Восстановительная димеризация кетонов до вицинальных диолов. Реакции гидридного переноса. Восстановление по Меервейну-Понндорфу-Верлею. Диспропорционирование альдегидов по Канниццаро (механизм). Перекрестная реакция Канниццаро. Восстановительное аминирование карбонильных соединений. Взаимодействие альдегидов и кетонов с формиатом аммония (Лейкарт).

Восстановление альдегидов и кетонов комплексными гидридами алюминия и бора: алюмогидрид лития, борогидрид натрия, алкоксиалюмогидриды. Хемоселективность восстановления алкоксигидридами алюминия. Понятие о супергидридах (гидриды бора): L- и LS-селектриды как стереоселективные восстановители.

Окисление карбонильных соединений. Аутоокисление. Окисление кетонов перекислотами по Байеру-Виллигеру. Стереоселективность реакции.

Альдольная конденсация, ее механизм. Внутри- и межмолекулярная реакции. Дегидратация альдолей как метод синтеза α,β -ненасыщенных карбонильных соединений. Перекрестная альдольная конденсация ароматических альдегидов или формальдегида с алифатическими альдегидами и кетонами. Региоселективное получение литиевых енолятов (применение пространственно затрудненных оснований) и их использование в направленной альдольной конденсации. Конденсация силиловых эфиров енолов с альдегидами и кетонами (Мукайма).

Конденсация альдегидов (кетонов) и соединений с “активной метиленовой группой”

(Кневенагель).

Аминометилирование альдегидов и кетонов по Манниху. Реакция альдегидов и кетонов с цинковыми производными сложных эфиров (Реформатский). Бензоиновая конденсация ароматических альдегидов, область применения и механизм реакции. Сопряженное присоединение енолятов к α,β -енонам (реакция Михаэля).

α,β -Непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление аллиловых спиртов и др. Сопряжение карбонильной группы с двойной углерод-углеродной связью. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, триалкилборанов, диалкил- и диарилкупратов, аминов, цианистого водорода, галогенородов. Эпоксидирование α,β -непредельных кетонов по связи C=C.

Сопряженное присоединение енолятов к α,β -непредельным альдегидам и кетонам. Реакция Михаэля, механизм. Доноры и акцепторы Михаэля. Катализаторы реакции, ее обратимость. Ретро-реакция. Енамины как доноры Михаэля. Термическая реакция Михаэля. Основания Манниха и другие синтетические эквиваленты акцепторов Михаэля.

Реакции аннелирования. Вариант Робинсона. Применение β -хлоркетонв и оснований Манниха. Енамины в реакциях аннелирования.

Спиро-аннелирование через эпоксиды (с помощью илидов серы).

15. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ.

Получение карбоновых кислот окислением спиртов, альдегидов, алкенов, алкилбензолов. Гидролиз нитрилов и других производных карбоновых кислот. Синтезы на основе металлоорганических соединений. Синтезы на основе малонового эфира. Промышленное получение муравьиной и уксусной кислот.

Строение карбоксильной группы. Образование ассоциатов. Диссоциация карбоновых кислот, зависимость константы диссоциации от природы заместителей.

Реакции карбоновых кислот. Декарбоксилирование, пиролиз солей, галогенирование по Геллю-Фольгарду-Зелинскому. Электролиз солей карбоновых кислот (Кольбе), синтез алкилбромидов и иодидов по Хундиккеру. Непредельные карбоновые кислоты: акриловая, метакриловая, олеиновая, элаидиновая, их свойства и применение. Незаменимые жирные кислоты.

Производные карбоновых кислот: ангидриды, галогенангидриды, сложные эфиры, амиды, нитрилы, соли, их взаимопревращение.

Галогенангидриды. Получение с помощью галогенидов фосфора, тионилхлорида, оксалилхлорида. Свойства галогенангидридов: взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, гидразин, металлоорганические соединения). Восстановление до альдегидов (по Розенмунду и комплексными гидридами металлов). Взаимодействие галогенангидридов с диазометаном (реакция Арндта-Эйстера).

Сложные эфиры. Методы получения: этерификация карбоновых кислот (механизм), ацилирование спиртов и алкоголятов ацилгалогенидами и ангидридами, алкилирование карбоксилат-анионов, реакции кислот с диазометаном, алкоголиз нитрилов. Лактоны и методы их синтеза. Синтез ортоэфиров. Реакции сложных эфиров: гидролиз (механизм кислотного и основного катализа), аммонолиз, переэтерификация, реакции с металлоорганическими

соединениями, восстановление до спиртов и альдегидов.

Ангидриды. Методы получения: дегидратация кислот с помощью пентаоксида фосфора и фталевого ангидрида; ацилирование солей карбоновых кислот хлорангидридами. Реакции ангидридов кислот.

Кетены. Получение, свойства и применение в качестве ацилирующих агентов.

Нитрилы. Методы получения: дегидратация амидов кислот (с помощью P_2O_5 , $SOCl_2$, $POCl_3$), алкилирование амбидентного цианид-иона (использование межфазного катализа). Свойства нитрилов: гидролиз, восстановление комплексными гидридами металлов до аминов и альдегидов, взаимодействие со спиртами, аминами (синтез амидинов), магний- и литийорганическими соединениями.

Амиды. Методы получения: ацилирование аммиака и аминов, пиролиз карбоксилатов аммония, синтез из нитрилов, изомеризация оксимов по Бекману. Синтез циклических амидов (лактамов). Свойства: гидролиз, восстановление до аминов. Дегидратация амидов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса. Понятие о секстетных перегруппировках.

Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Механизм реакции. Перекрестная конденсация сложных эфиров с эфирами щавелевой, угольной кислот или с эфирами ароматических кислот. Внутримолекулярная конденсация сложных эфиров двухосновных кислот по Дикману. Конденсация кетонов со сложными эфирами как метод синтеза 1,3-дикетонов. Синтезы с ацетоуксусным эфиром. Ацилоиновая конденсация сложных эфиров. Применение триметилхлорсилана. Синтезы с малоновым и ацетоуксусными эфирами: получение карбоновых кислот и кетонов.

Синтез и свойства органических производных угольной кислоты – эфиров, хлорэфиров, карбаматов. Гуанидин, его основность. Ксантогенаты. Гетерокумулены: изоцианаты (получение), карбодимиды. Их свойства и использование в синтезе.

Двухосновные карбоновые кислоты. Методы синтеза: окислительное расщепление циклоалкенов и циклических кетонов, окисление полиалкилбензолов и конденсированных ароматических соединений. Главные представители: щавелевая, малоновая, янтарная, адипиновая, фталевая, терефталевая кислоты. Промышленные методы получения.

Особенности поведения щавелевой и малоновой кислот. Диэтилоксалат в сложноэфирной конденсации. Декарбоксилирование малоновой кислоты и ее использование в конденсациях с альдегидами (Кневенагель). Малоновый эфир и синтезы на его основе: алкилирование натриевого производного алкилгалогенидами и акцепторами Михаэля. Декарбоксилирование производных малонowego эфира в присутствии нуклеофильного катализатора (метод Крапчо). Ангидрид янтарной кислоты и его конденсация с ароматическими альдегидами (Перкин). Сукцинимид, *N*-бромсукцинимид, его применение в синтезе. Адипиновая кислота, ее практическое применение (наилон). Внутримолекулярная сложноэфирная конденсация (Дикман). Ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот как метод синтеза средних циклов и макроциклов.

Промышленные методы получения фталевой и терефталевой кислот, фталевого ангидрида. Фталимид: его получение, применение в синтезе первичных аминов и для создания защиты первичной амино-группы.

α,β -Непредельные карбоновые кислоты, методы их синтеза: дегидратация β -

гидроксикислот, конденсации Перкина (синтез коричных кислот) и Кневенагеля, реакция Виттига. Свойства α,β -непредельных карбоновых кислот: реакции присоединения по двойной связи $C=C$ (включая реакцию Михаэля), изомеризация малеиновой и fumarовой кислот. Стереохимия присоединения галогена и гидроксирования по Прилежаеву (перкислоты) и по Вагнеру (перманганат).

Бromo- и иодолактонизация непредельных карбоновых кислот в присутствии основания.

Малеиновый ангидрид, ацетилендикарбоновая кислота и ее диметилловый эфир как диенофилы.

16. НИТРОСОЕДИНЕНИЯ.

Алифатические и ароматические нитросоединения. Их получение из алкилгалогенидов (амбидентный характер нитрит-иона) и нитрованием аренов. Строение нитро-группы (мезомерия).

СН-Кислотность и таутомерия нитроалканов. Восстановление в амины. Нитроновые кислоты и применение их солей в конденсации с альдегидами (Анри). Восстановление нитроаренов в кислой и щелочной среде. Промежуточные продукты восстановления нитрогруппы (нитрозосоединения, арилгидроксиламины, азокси-, азо-, гидразосоединения). Селективное восстановление нитрогруппы в динитроаренах. Бензидиновая перегруппировка.

17. АМИНЫ.

Классификация аминов. Методы получения: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, фталимида калия (Габриэль), восстановление азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот, нитросоединений, нитрилов. Перегруппировки амидов и азидов карбоновых кислот (Гофман, Курциус). Восстановительное аминирование кетонов, в том числе по Лейкарту (взаимодействие кетонов с формиатом аммония).

Амины как основания. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Влияние на основность аминов заместителей в ароматическом ядре. Алкилирование и ацилирование аминов. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Идентификация и разделение первичных, вторичных и третичных аминов с помощью бензолсульфохлорида (проба Хинсберга). Сульфамидные препараты. Окисление и галогенирование аминов. Получение изонитрилов, их восстановление и гидролиз.

Реакции электрофильного замещения в бензольном кольце ароматических аминов: галогенирование, сульфирование, нитрование, ацилирование, формилирование. Защита аминогруппы.

Взаимодействие первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой.

18. ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯ.

Ароматические diazosоединения. Реакции diaзотирования первичных ароматических аминов. Условия diaзотирования в зависимости от строения амина. Механизм, природа нитрозирующего агента. Строение и устойчивость солей diaзония. Tetрафторобораты и гексафторофосфаты арендиязония. Стабильные ковалентные формы diazosоединений. Кислотно-основные равновесия с участием катиона арендиязония.

Реакции ароматических diazosоединений с выделением азота: замена diaзогруппы на гидроксильную-, циано-, нитрогруппу, фтор (Шиман), хлор, бром, иод, и водород. Синтез

биариллов по Гомбергу. Синтез металлоорганических соединений (Несмеянов).

Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и диазосоставляющие, условия сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители, рН-индикаторы.

Реакции нуклеофильного замещения в бензольном кольце, активированном диазогруппой.

Диазометан, его строение (структурное родство с N_2O). Получение из *N*-нитрозо-*N*-метилмочевины. Реакция с ОН-кислотами, кетонами и хлорангидридами карбоновых кислот. Реакция Арндта-Эйстера, перегруппировка диазокетонов (Вольф).

19. ФЕНОЛЫ.

Методы получения фенолов из аренсульфокислот (щелочное плавление), арилгалогенидов, солей арендиазония. Получение фенола в промышленности из кумола (изопропилбензола).

Фенолы как ОН-кислоты, влияние заместителей на кислотность фенолов. Амбидентный характер фенолят-ионов. С- и О-алкилирование фенолятов. Получение простых и сложных эфиров фенолов.

Реакции электрофильного замещения в ароматическом кольце фенолов: галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование, алкилирование, ацилирование, формилирование. Фталеины: фенолфталеин и флуоресцеин. Карбоксилирование щелочных солей фенолов по Кольбе (получение салициловой кислоты). Формилирование фенолов по Реймеру-Тиману (салициловый альдегид). Превращение аллиловых эфиров фенолов в аллилфенолы как пример термической [3,3]-сигматропной перегруппировки (Кляйзен).

Понятие о многоатомных фенолах (пирокатехин, резорцин, гидрохинон, пирогаллол, флороглюцин). Окисление фенолов. Получение о- и п-бензохинонов, антрахинона. Окисление 9,10-дигидроксиантрацена (антрагидрохинона) кислородом как пример еновой реакции: промышленное получение перекиси водорода. Ароксильные радикалы.

Химические свойства хинонов: реакции 1,4-присоединения, взаимодействие с гидроксиламином, фотохимическое ацилирование. Хингидрон как пример донорно-акцепторного комплекса (комплекс "с переносом заряда"). Семихинон. Использование тетрахлорбензохинона (хлоранила) и 2,3-дихлор-5,6-дицианобензохинона (DDQ) в качестве окислителей и дегидрирующих реагентов.

20. ЦИКЛОАЛКАНЫ (АЛИЦИКЛЫ) И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ.

Классификация алициклов. Энергия напряжения в алициклах и ее количественная оценка на основании сравнения теплот образования и теплот сгорания циклоалканов и соответствующих алканов. Типы напряжения в циклоалканах (угловое, торсионное, трансаннулярное) и подразделение алициклов на малые, средние и макроциклы.

Строение циклопропана, циклобутана, циклопентана и циклогексана.

Конформационная подвижность циклопентана (псевдовращение).

Конформационный анализ циклогексана. Аксиальные и экваториальные связи в креслообразной конформации циклогексана. Конформеры циклогексана (кресловидная и твист-форма). Конформации моно- и дизамещенных производных циклогексана.

Влияние конформационного положения функциональных групп на их

реакционную способность: реакции замещения, отщепления, окисления. Особенности свойств соединений со средним размером цикла.

Конформационные особенности циклогексена.

Методы синтеза циклопропана, циклобутана и их производных. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана. Реакции расширения и сужения цикла при дезаминировании первичных аминов (Демьянов). Специальные методы синтеза соединений со средним размером цикла (ацилоиновая конденсация, конденсация динитрилов, олигомеризация 1,3-бутадиена).

Бициклические соединения на примерах цис- и транс-декалинов. Полициклические соединения, спираны. Запрет Бредта для мостиковых систем (типа норборнена). Понятие о каркасных углеводородах на примерах адамантана, кубана, тетраэдрана. Понятие о катенанах и ротаксанах.

21. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ.

Классификация гетероциклов, их роль в природе и в различных областях производства. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом: фуран, тиофен, пиррол.

Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр).

Ароматичность пятичленных гетероциклов. Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Ориентация электрофильного замещения и ее объяснение. Пиррол как NH-кислота. Пиррол-калий и пиррол-магниевые галогениды, их реакции с электрофильными реагентами. Пиррол как структурная единица порфиринов. Понятие о строении и биохимической роли хлорофилла и гемоглобина.

Индол. Синтез производных индола из арилгидразинов и кетонов по Фишеру. Механизм реакции. Реакции электрофильного замещения в пиррольном кольце индола: нитрование, формилирование, галогенирование, аминометилирование по Манниху. Образование металлических производных (индол-натрий и индол-магниевые галогениды). Гидроксииндолы в природе. Индиго.

Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом: пиридин и хинолин. Пиридин. Ароматический характер пиридина, сравнение с пирролом и бензолом. Пиридин как основание. Реакции с галогеналканами. Реакции электрофильного замещения в пиридине: нитрование, сульфирование, галогенирование. N-Окись пиридина и ее использование в реакции нитрования. Подвижность атома галогена в пиридиновом ядре в реакциях с нуклеофилами.

Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилинов по Скраупу и Дебнеру-Миллеру. Хинолин как основание. Взаимодействие хинолина с галогеналканами. Реакции электрофильного замещения в хинолине: нитрование, сульфирование и галогенирование.

Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине и хинолине в реакциях с амидом натрия, гидроксидом калия и фениллитием.

Таутомерия 2- и 4-гидроксипиридинов и хинолинов. Протонная подвижность атомов водорода в метильных группах 2- и 4-метилпиридинов и хинолинов. 2-Метилпиридин и хинолины как метиленовые компоненты в конденсациях с альдегидами.

22. ПРИРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.

Моносахариды. Классификация и стереохимия. Тетрозы, пентозы и гексозы. Альдозы и кетозы. Стереохимия альдоз в проекциях Фишера и Хеворта. Глюкоза. Циклические полуацетальные формы глюкозы: глюкопиранозы и фуранозы. Аномеры. Мутаротация.

Синтез простых и сложных эфиров глюкозы. Гликозидная гидроксильная группа, понятие о гликозидах.

Дисахариды на примерах мальтозы, целлобиозы и сахарозы. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды. Понятие о циклических олигосахаридах на примере циклодекстринов. Соединения включения циклодекстринов.

Полисахариды: крахмал, целлюлоза, хитин. Понятие о строении этих биополимеров.

Терпены, терпеноиды. Понятие об основных этапах биосинтеза. Участие КоА и АТФ.

Стероиды как производные пергидроциклопентанофенантрена. Андрогены (С19), эстрогены (С18), гормоны коры надпочечников (С21 глюко- и минералокортикоиды). Понятие о различиях в их строении и функции в организме (без точных формул).

23. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ГРУПП В ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ.

Защита С-Н-связей в алкинах, ее применение в синтезах ди- и полиинов (Глазер, Кадьо-Ходкевич). Синтезы на основе 3-бромпропиоловой кислоты.

Защита спиртовой ОН-группы. Защитные группы: бензильная, п-метоксибензильная, тритильная, триметилсилильная, *трет*-бутилдиметилсилильная, тетрагидропиранильная.

Защита ОН-группы в гликолях: изопропилиденовая, бензилиденовая, этилиденовая защитные группы. Циклические карбонаты.

Защита ОН-группы в фенолах: метиловые, *трет*-бутиловые, тетрагидропираниловые, фенацетиловые, триметилсилиловые эфиры фенолов. Метилendiокси-защитная группа для двухатомных фенолов.

Защита карбонильной группы в альдегидах и кетонах: циклические ацетали и тиоацетали. Селективная защита одной из неравноценных карбонильных групп в молекуле. Защита карбоксильной группы: бензиловые и п-метоксибензиловые эфиры. Защита аминогруппы. Защитные группы: ацетильная, фталоильная, сукциноильная, бензоксикарбонильная (Cbz), *трет*-бутоксикарбонильная (Boc). Применение бензолсульфохлорида и бензальдегида для защиты аминогруппы и ее модификации. Защита тиольной группы (бензильная, п-метоксибензильная).

Условия введения и удаления защитных групп, устойчивость их к действию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.). Стратегия использования защитных групп: принципы ортогональной стабильности и модулированной лабильности.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. Органическая химия, ч. 1-4. М., Изд. МГУ, 1999.
2. Робертс Дж., Кассерио М. Основы органической химии. Т.1,2. М. "Мир", 1978.
3. Терней А. Современная органическая химия. Т. 1,2. М., "Мир" 1981.
4. Г. Беккер, В. Бергер и др. Органикум. Практикум по органической химии. т. 1,2. М., "Мир", 1992.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. М., "Химия", 1991 год.

2. Керри Ф., Сандберг Р. Углубленный курс органической химии. М. "Химия", 1981 год.
3. Марч Дж. Органическая химия Т.1-4, М., "Мир", 1987-1988 годы.
4. Рейнгард В., Хофман В. Механизмы химических реакций. М., "Химия", 1979 год.
5. Казицина Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М., МГУ, 1974 год.
6. Т.Л.Джилкрист. Химия гетероциклических соединений. М., "Мир", 1996.
7. В.И. Минкин, Б.Я. Симкин, Р.М. Миняев. Теория строения молекул. Ростов-на Дону, Изд. "Феникс", 1997.
8. В.М. Потапов. Стереохимия. М., "Химия", 1988.
9. Л. Титце, Т. Айхер. Препаративная органическая химия. Реакции и синтезы в практикуме органической химии и научно-исследовательской лаборатории. М., "Мир", 1999.

**Примерные темы для вступительного испытания по программе
Физическая химия (104-01-00-144-хн-фмн)**

1. Термодинамика

Термические и калорические уравнения состояния для газов и конденсированных фаз.

Первый закон термодинамики и его аналитическое выражение. Внутренняя энергия и энтальпия. Теплоёмкость.

Второй закон термодинамики. Энтропия. Изменение энтропии изолированной системы и направление самопроизвольного процесса.

Третий закон термодинамики. Теорема Нернста и постулат Планка. Вычисление абсолютной энтропии твердых, жидких и газообразных веществ. Стандартные энтропии.

Термодинамические потенциалы и характеристические функции. Фундаментальное уравнение Гиббса. Соотношения Максвелла.

Химический потенциал. Уравнение Гиббса-Дюгема. Выражения химических потенциалов для компонентов идеального и реального растворов (твердых, жидких и газообразных).

Растворы. Парциальные термодинамические величины.

Избыточная энергия Гиббса, способы её описания. Термодинамическая классификация растворов.

Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах: зависимость растворимости вещества от температуры, криоскопия, эбулиоскопия. Осмос, уравнение Вант-Гоффа. Законы Гиббса-Коновалова.

Однокомпонентные системы. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Диаграмма состояния на примере одного вещества: вода, сера, фосфор.

Гетерогенные системы. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния.

Константа равновесия. Уравнения изотермы, изобары и изохоры химической реакции.

Адсорбция и ее определения. Мономолекулярная адсорбция на однородной поверхности (изотерма Лэнгмюра). Изотерма и изостера адсорбции.

Микро- и макросостояния системы в классической статистике. Понятие о фазовом пространстве. Эргодическая гипотеза. Принцип равной вероятности микросостояний в изолированной системе. Термодинамическая вероятность, ее связь с энтропией.

Связь суммы по состояниям с термодинамическими функциями. Сумма по состояниям для отдельной частицы и системы из N частиц. Связь между ними.

Микроканонический и канонический ансамбль. Вывод функции распределения систем ансамбля по энергии. Каноническая сумма по состояниям.

Распределение Максвелла-Больцмана и вычисление средних величин.

Поступательная сумма по состояниям и расчет термодинамических функций одноатомного идеального газа. Статистический расчет. Энтропия и парадокс Гиббса.

Вращательная, колебательная и электронная суммы по состояниям. Расчет соответствующих вкладов в термодинамические функции (на примере любой функции).

Химический потенциал идеального газа. Стандартные суммы по состояниям. Выражение K_p и K_c через суммы по состояниям.

2. Химическая кинетика и катализ

Основные понятия феноменологической кинетики: простые и сложные реакции, молекулярность и скорость элементарной реакции. Кинетический закон действующих масс, константа скорости.

Способы определения скорости реакции. Кинетические уравнения для простых реакций. Порядок реакции, способы его определения.

Сложные химические реакции: кинетические уравнения для обратимых, последовательных и параллельных реакций.

Сложные химические реакции: приближение квазистационарных и квазиравновесных концентраций, область применимости.

Кинетика цепных реакций (неразветвленные и разветвленные цепные реакции).

Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнения Аррениуса. Энергия активации и определения ее по экспериментальным данным.

Механизм кислотно-основного гомогенного катализа. Влияние растворителя. Кинетика гомогенно-каталитических реакций.

Кинетика гетерогенных каталитических реакций. Роль адсорбции молекул на внешней поверхности катализатора и диффузии внутрь пор.

Ферментативный катализ. Строение ферментов. Активность и селективность действия. Механизм и кинетика ферментативных реакций.

Фотохимические реакции. Закон Эйнштейна-Штарка. Квантовый выход. Диаграмма Яблонского.

Теория активных столкновений, расчет константы скорости бимолекулярной реакции.

Теоретическое описание кинетики мономолекулярных реакций, схема Линдемана. Поправка Хиншельвуда.

Теория активированного комплекса (теория переходного состояния): основные положения, уравнений Эйринга. Расчет предэкспоненциального множителя. Поверхность потенциальной энергии и расчет энергии активации.

3. Квантовая химия и строение молекул

Точно (аналитически) решаемые одночастичные задачи квантовой механики. Частица в прямоугольном потенциале. Гармонический осциллятор. Жесткий ротатор и операторы углового момента. Принципы решения уравнения Шредингера. Спектр энергии и функции состояния. Средние значения наблюдаемых в различных состояниях.

Задача одноэлектронного атома. Принципы решения уравнения Шредингера. Спектр энергии и функции состояния. Средние значения наблюдаемых в различных состояниях.

Спиновый момент импульса. Операторы проекций и квадрата спина и их свойства. Представления операторов спина электрона; матрицы Паули. Спиновые состояния многоэлектронных систем. Операторы полного спина. Связь спина и перестановочной симметрии волновых функций. Спиновые состояния двух электронов.

Приближенные методы решения задач квантовой химии: вариационный метод, методы теории возмущений

Адиабатическое представление электронно-ядерной задачи. Приближение Борна-Оппенгеймера. Электронное волновое уравнение. Поверхности потенциальной энергии (ППЭ) молекулярных систем и их особые точки.

Одноэлектронное приближение. Определитель Слейтера. Метод Хартри-Фока. Канонические уравнения Хартри-Фока. Интерпретация решений уравнений Хартри-Фока. Электронная и спиновая плотность.

Базисные наборы в квантовой химии. Классификация базисных наборов и типы базисных функций. Уравнения Хартри-Фока-Рутана для замкнутых оболочек в ограниченном варианте метода Хартри-Фока. Анализ электронной плотности.

Электронная корреляция. Кулоновская и обменная корреляция. Конфигурационное разложение точной волновой функции двух и N электронов. Метод конфигурационного взаимодействия и его основные формы.

Применение теории возмущений для учета эффектов электронной корреляции. Теория возмущений Меллера-Плессета. Энергия корреляции в методе МП2.

Теория функционала плотности. Теоремы Хоэнберга-Кона. Уравнения Кона-Шэма. Основные типы функционалов плотности.

Нестационарная теория возмущений. Переходы в молекулах под действием внешних полей и их скорость в первом порядке теории возмущений. Вероятности переходов и общие правила отбора в молекулярной спектроскопии.

Решение ядерного уравнения. Разделение поступательного, вращательного и колебательного движений и простейшие модели описания энергетических состояний молекулярных систем. Приближение «жесткий ротатор – гармонический осциллятор».

Колебательно-вращательные состояния двух- и многоатомных молекул. Молекулярные постоянные, характеризующие энергетический спектр молекулы. Вращательные и колебательно-вращательные спектры двух- и многоатомных молекул.

Электронные состояния молекул и переходы между ними. Электронно-колебательные спектры двух- и многоатомных молекул.

Рекомендованная литература

ОСНОВНАЯ

1. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., и др. Основы физической химии. В 2 ч. Ч.1. Теория. 8-е изд. Москва. Лаборатория знаний, 2025. – 348 с.
2. Ерёмин Е.Н. Основы химической термодинамики. М.: Высшая школа, 1974. – 341 с.
3. Эткинс П., де Паула Дж. Физическая химия. В 3 ч. Ч.1. Равновесная термодинамика. М.: Мир, 2007. – 496 с.

4. Ерёмин Е.Н. Основы химической кинетики. М.: Высшая школа, 1976. – 375 с.
5. Романовский Б.В. Основы химической кинетики. Москва. Экзамен, 2006. – 415 с.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика, т. 3. М.: Наука, 1989.
7. Минкин В. И., Симкин Б. Я., Миняев Р. М. Теория строения молекул. (2 изд.) Ростов-на-Дону.: Феникс. 1997.
8. Степанов Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия. М.: Мир, Изд-во МГУ. 2001.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Вилков Л. В., Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии. М.: Мир, 2006. – 683 с.
2. Драго Р. Физические методы в химии. М.: Мир, 1981, в 2х томах.
3. Полтораки О.М. Термодинамика в физической химии. М.: Высшая школа, 1991. – 318 с.
4. Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. М.: Высшая школа, 1982. – 456 с.
5. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Основы физической химии. 7-е изд. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2025 – 410 с.
6. Степанов Н. Ф., Пупышев В.И. Квантовая механика молекул и квантовая химия. М.: Изд-во МГУ, 1991.
7. Мессиа А. Квантовая механика, т. 1. М.: Наука, 1978.
8. Бейдер Р. Атомы в молекулах. М.: Мир. 2001
9. Минкин В. И., Симкин Б. Я., Миняев Р. М. Квантовая химия органических соединений. Механизмы реакций. М.: Химия. 1986.
10. Фларри Р. Квантовая химия. М.: Мир. 1985.
11. И. Майер. Избранные главы квантовой химии. Доказательство теорем и вывод формул. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006.
12. Казаков К.А. Введение в теоретическую и квантовую механику. М.: Физ. ф-т МГУ, 2008.
13. Л.А. Головань, Е.А. Константинова, П.А. Форш Задачи по квантовой механике для химиков. М.: Физ. ф-т МГУ, 2010.
14. Эткинс П. Кванты. Справочник концепций. М. Мир. 1977.

Примерные темы для вступительного испытания по программе Электрохимия (104-01-00-146-хн)

1. Термодинамика и статистическая термодинамика

Основные понятия феноменологической термодинамики. Термодинамические свойства систем. Интенсивные и экстенсивные величины. Функции состояния и уравнения состояния. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия. Теплоемкости. Закон Гесса, уравнение Кирхгофа.

Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Неравенство Клаузиуса. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса. Критерии термодинамического равновесия систем и самопроизвольности протекания процессов.

Термодинамические потенциалы и характеристические функции. Фундаментальное уравнение Гиббса. Уравнения Гиббса – Гельмгольца. Третий закон термодинамики, теорема Нернста, постулат Планка. Стандартные термодинамические функции веществ.

Растворы. Парциальные термодинамические величины. Химический потенциал. Уравнение Гиббса – Дюгема. Летучесть и активность. Закон действующих масс и константа равновесия. Уравнения изотермы, изобары и изохоры химической реакции.

Гетерогенные системы. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клайперона – Клаузиуса. Диаграммы состояния.

Термодинамика поверхностных явлений. Адсорбция. Изотермы адсорбции Гиббса и Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Адсорбционные методы исследования дисперсных систем.

Микро- и макросостояния системы. Фазовое пространство. Эргодическая гипотеза.

Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией. Распределение Максвелла – Больцмана, средние величины. Квантовая статистика. Распределение Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака.

Поступательная сумма по состояниям и расчет термодинамических свойств идеального газа. Вращательная, колебательная и электронная суммы по состояниям. Суммы по состояниям молекулы и системы молекул. Стандартные суммы по состояниям и расчет констант химического равновесия.

2. Химическая кинетика

Основные понятия феноменологической кинетики: простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Кинетический закон действующих масс, константа скорости.

Способы определения скорости реакции. Кинетические уравнения для простых реакций. Порядок реакции, способы его определения.

Сложные химические реакции. Квазистационарное приближение, метод Боденштейна. Кинетические уравнения для обратимых, последовательных и параллельных реакций. Неразветвленные и разветвленные цепные реакции.

Зависимость скорости реакции от температуры, уравнение Аррениуса, энергия активации, способы ее определения.

Теория активных столкновений, расчет константы скорости бимолекулярной реакции. Мономолекулярные реакции, схема Линдемана.

Теория активированного комплекса. Поверхность потенциальной энергии. Расчет константы скорости.

3. Основы электрохимии

Ион-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Модель Борна и ее ограничения. Числа сольватации, методы их определения.

Ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов. Модель Дебая-Хюккеля для расчета коэффициентов активности, пределы ее применимости. Поведение коэффициентов активности при высоких концентрациях электролитов.

ЭДС электрохимической цепи. Равновесные потенциалы, уравнение Нернста. Электроды сравнения для водной и неводных сред.

Строение заряженной межфазной границы электрод/раствор при электростатической адсорбции ионов и при адсорбции с переносом заряда. Модель Гуи-Чапмена. Адсорбционные методы определения поверхности электродов.

Кинетика электродных процессов в условиях диффузионных ограничений. Вращающийся дисковый электрод. Полярография. Вольтамперометрия. Микроэлектроды.

Кинетика электродных процессов в условиях медленной стадии переноса электрона. Влияние температуры, потенциала и концентрации электролита фона на скорость электродного процесса.

Рекомендованная литература

ОСНОВНАЯ

1. Полтораки О.М. Термодинамика в физической химии. М.: Высшая школа, 1991.
2. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. М.: Химия, 1985.
3. Эткинс П., Паула Дж. Физическая химия, Ч.1. М.: Мир, 2007.
4. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, 2001; М.: КолосС-Химия, 2006; СПб.: Лань, 2015.
5. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. М.: Высшая школа, 1983.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Эткинс П. Физическая химия, т.1 и 2. М.: Мир, 1980.
2. Мэлвин-Хьюз Э.А. Физическая химия, т.1 и 2. М.: Иностранная литература, 1962.
3. Фрумкин А.Н., Багоцкий В.С., Иофа З.А., Кабанов Б.Н. Кинетика электродных процессов. М.: изд-во МГУ, 1952.
4. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. Л.: Химия, 1988.
5. Корыта И., Дворжак И., Богачкова В. Электрохимия. М.: Мир, 1977.
6. Ньюмен Дж. Электрохимические системы. М.: Мир, 1977.
7. Феттер К. Электрохимическая кинетика. М.: Химия, 1967.

Примерные темы для вступительного испытания по программе

Высокомолекулярные соединения (104-01-00-146-хи)

Раздел № 1. Общие представления о полимерах.

Специфические свойства полимеров, которые отличают их от низкомолекулярных веществ. Конформация и гибкость макромолекулы. Количественные характеристики гибкости (среднеквадратичное расстояние между концами цепи, радиус инерции и степень свернутости). Влияние химической структуры полимера на его гибкость. Энергетические барьеры внутреннего вращения. Понятие о термодинамической и кинетической гибкости. Основные модели, описывающие поведение гибких макроцепей. Понятие о сегменте Куна. Экспериментальное определение сегмента Куна. Персистентный механизм гибкости. Персистентная длина.

Конфигурация макромолекулы. Типы конфигурационных изомеров.

Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Причины полидисперсности синтетических полимеров. Среднечисловая и средневесовая молекулярные массы. Дифференциальные и интегральные функции молекулярно-массового распределения полимеров.

Классификация полимеров.

Раздел № 2. Растворы полимеров. Полиэлектролиты

Растворы полимеров. Ограниченное и неограниченное набухание. Степень набухания. Концентрационные режимы полимерных растворов. Концентрация кроссовера. Фазовые диаграммы систем «полимер – растворитель». Критические температуры растворения. Разбавленные растворы полимеров. Закон Вант-Гоффа. Уравнение состояния полимеров в растворе.

Второй вириальный коэффициент. Θ -температура и Θ -условия. «Хорошие», «плохие» и Θ -растворители. Определение молекулярной массы полимера с использованием метода осмометрии.

Вискозиметрия разбавленных растворов полимеров. Относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкости. Уравнение Хаггинса. Уравнение Марка-Куна-Хаувинка. Определение молекулярной массы, невозмущенного размера макромолекул и статистического сегмента методом вискозиметрии.

Полиэлектролиты и их специфические свойства. Классификация полиэлектролитов и основные представители. Водные солевые и бессолевые растворы полиэлектролитов. Термодинамика растворов полиэлектролитов. Равновесие Доннана. Конформация одиночной полиэлектролитной цепи в хорошем и Θ -растворителе.

Полиамфолиты. Изоэлектрическая точка.

Ионизационное равновесие в водных бессолевых растворах полиэлектролитов. Особенности диссоциации поликислот по сравнению с низкомолекулярными кислотами. Особенности диссоциации поликислот, способных к образованию вторичных структур.

Вискозиметрия водных растворов линейных полиэлектролитов. Полиэлектролитное набухание. Концентрационная зависимость приведенной вязкости для бессолевого и солевых растворов полиэлектролитов.

Раздел № 3. Структура и механические свойства полимеров

Основные понятия в описании механических свойств полимерных тел. Механическое напряжение и деформация. Закон Гука и закон Ньютона. Вязкоупругость.

Структура аморфных полимеров. Модели описания аморфного состояния полимеров.

Стеклообразное состояние полимеров. Термомеханический анализ аморфных полимеров. Температура стеклования, способы оценки и определяющие ее факторы. Динамометрический метод исследования полимерных стекол. Упругие и пластические деформации. Механизм вынужденно-эластической деформации. Температура хрупкости и способ ее определения. Методы повышения ударной прочности и снижения температуры хрупкости полимерных стекол.

Высокоэластическое состояние аморфных полимеров. Энтропийная природа обратимой высокоэластической деформации. Модуль упругости каучуков.

Релаксация напряжения. Ползучесть. Гистерезисные явления при механических испытаниях полимеров. Механические потери и их природа. Спектр времен релаксации. Принцип температурно-временной суперпозиции. Сходства и различия механического поведения полимеров в стеклообразном и высокоэластическом состоянии.

Вязкотекучее состояние полимеров. Влияние температуры и молекулярной массы на вязкость полимерной жидкости. Аномалия вязкого течения.

Частично кристаллические полимеры: особенности их структуры, сравнение с низкомолекулярными кристаллами. Структурные критерии кристаллизации. Термодинамика кристаллизации полимеров. Температуры плавления и кристаллизации. Релаксационный характер кристаллизации и плавления. Степень кристалличности. Кинетика кристаллизации полимеров. Уравнение Колмогорова-Аврами. Надмолекулярная структура частично кристаллических полимеров.

Термомеханические кривые кристаллических и аморфизованных полимеров. Динамометрический метод исследования кристаллических полимеров и механизм их деформации. Структурные перестройки при деформировании частично кристаллических полимеров. Жидкокристаллическое состояние полимеров и получение суперпрочных пластиков и волокон.

Структура и механические свойства ориентированных полимеров. Методы получения ориентированных полимерных материалов. Ориентационное упрочнение.

Раздел № 4. Синтез и химические превращения полимеров

Основные виды и механизмы синтеза полимеров. Цепная полимеризация и ступенчатый синтез. Термодинамика полимеризации. Полимеризационно-деполимеризационное равновесие. Предельная температура полимеризации.

Радикальная полимеризация. Элементарные стадии и кинетика радикальной полимеризации. Оценка степени полимеризации из кинетических данных.

Катионная полимеризация. Элементарные стадии и кинетика катионной полимеризации. Оценка степени полимеризации из кинетических данных.

Анионная полимеризация. Элементарные стадии и кинетика анионной полимеризации. Методы получения полимеров с узким молекулярно-массовым распределением.

Радикальная сополимеризация. Константы сополимеризации. Уравнение состава сополимера. Диаграмма состава сополимера.

Основные принципы получения стереорегулярных макромолекул. Понятие о координационно-ионной полимеризации и ее использование для синтеза полиолефинов.

Поликонденсация. Классификация реакций поликонденсации и основные классы конденсационных полимеров. Равновесная и неравновесная поликонденсация. Примеры реакций. Факторы, влияющие на молекулярно-массовые характеристики конденсационных полимеров. Основные отличия поликонденсации от цепной полимеризации.

Химические превращения полимеров. Классификация реакций химических превращений и примеры их использования для получения полимеров. Полимераналогичные и внутримолекулярные реакции. Блок- и привитые сополимеры.

Сшивание. Вулканизация каучуков. Полимерные гели. Коллапс полимерных гелей.

Интерполимерные комплексы: стехиометрические и нестехиометрические. Зависимость растворимости от состава комплекса.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Высокомолекулярные соединения. Учебник, под.ред. Зезина А.Б. М.:Юрайт, 2016, 2019, 2022 гг.

2. В.В. Киреев. Высокомолекулярные соединения. Учебник. М., изд-во Высшая школа, 1992

3. Ю.Д. Семчиков «Высокомолекулярные соединения», Учебник, М.Изд «Академия». 2006, 386 с.

Дополнительная

1. В.Н. Кулезнёв, В.А. Шершнёв Химия и физика полимеров, Учебник М. КолосС, 2007

2. Энциклопедия полимеров, М.Изд. БСЭ, т.т.1-3 1977

3. Химическая энциклопедия, Изд. БРЭ, т.т. 1-5, 1988-1998

Примерные темы для вступительного испытания по программе Биоорганическая химия (104-01-00-149-хн)

1. Химическое строение белков и пептидов

Образование и свойства пептидной связи. Функциональные группы пептидов и белков. Химическая модификация белков и пептидов. Реакционная способность функциональных групп, зависимость от расположения группы в белке. Применение химической модификации для анализа структуры и свойств белков и пептидов.

2. Посттрансляционная модификация белков

Ограниченный протеолиз. Полибелки. Отщепление сигнальных пептидов. Проферменты. Сплайсинг белков. Процессинг N-конца. Присоединение гликозил- фосфатидилинозитола, фарнезила и геранила. Гликозилирование. АДР- рибозилирование. □-Карбоксиглутаминовая кислота. Фосфорилирование.

3. Выделение и очистка белков

Обнаружение и определение белка. Стратегия выделения и очистки белков. Методы фракционирования биополимеров. Разделение белков по размеру, заряду, полярности, биологической активности. Аналитическое и препаративное разделение белков.

4. Аминокислотный анализ пептидов и белков

Первичная структура как уровень организации белка. Определение аминокислотного состава белков и пептидов. Установление первичной структуры пептидов и белков: стратегия, механизмы используемых реакций, анализ полученных данных. Ферментативные и химические методы фрагментации белков и пептидов. Деградация по Эдману. Определение N- и C-концевых аминокислот. Использование масс-спектрометрических методов для определения первичной структуры белков.

5. Химический синтез пептидов

Способы активации функциональных групп. Реакции введения и удаления защитных групп. Механизмы используемых реакций. Блочный синтез в растворе. Твердофазный синтез. Возможности ферментативного синтеза пептидов. Выбор стратегии синтеза.

6. Пространственная структура белка

Уровни структурной организации белков. Вторичная структура белков. Третичная структура белков. Четвертичная структура белков. Понятия домена;

субъединицы. Стабильность белков. Взаимодействия в белках (водородная связь, электростатические и гидрофобные взаимодействия, дисульфидные связи). Свертывание белков. Пути свертывания, "расплавленная глобула". Ландшафтная теория. Белковые факторы сворачивания белков. Динамика белковой структуры. Прионные белки и возможность пересворачивания белковой цепи. Разупорядоченные белки, примеры и их функциональная роль.

7. Принципы действия ферментов

Номенклатура ферментов. Субстратная специфичность. Кофакторы. Регуляция ферментов. Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние pH, температуры, эффекторов на скорость ферментативной реакции. Ингибирование обратимое и необратимое. Типы обратимого ингибирования. Двухсубстратные реакции. Предстационарная кинетика. Аллостерия и кооперативность.

Протеолитические ферменты. Классификация протеаз по механизму действия. Сериновые протеазы: Механизм действия. Ацилфермент. Цистеиновые протеазы. Аспартильные протеазы: структура и механизм действия пепсина, протеазы ВИЧ-1. Протеолитическая деградация белков. Структура и механизм действия протеасомы.

Абзимы. Строение и функционирование антител. Особенности получения поликлональных и моноклональных антител. Идея получения каталитических антител. Антитела, связывающие аналоги переходного состояния. Антиидиотипические антитела. Возможные области применения абзимов.

Миоглобин и гемоглобин: структура, функция, регуляция.

Ион-транспортные АТФазы. Виды транспортных АТФаз. Транспортные АТФазы Р-типа, их строение и каталитический цикл. Биологическая роль транспортных АТФаз.

8. Структура и свойства нуклеозидов

Структура и номенклатура нуклеозидов. Минорные нуклеозиды. Свойства нуклеозидов: реакции гетероциклических оснований, углеводного фрагмента, реакции, в которых затрагиваются остатки основания и сахара. Устойчивость гликозидных связей. Методы получения нуклеозидов.

9. Структура и свойства мононуклеотидов

Структура и номенклатура нуклеотидов. Свойства нуклеотидов: кислотно-основные свойства нуклеотидов, свойства фосфатной группы (фосфорилирование и дефосфорилирование; миграция фосфатного остатка в рибонуклеозидах; активация фосфатной группы). Реакции по гетероциклическим основаниям, остатку сахара и фосфатной группе. Производные нуклеотидов: смешанные ангидриды с фосфорной и карбоновыми кислотами, амиды, эфиры. Реакция β -элиминирования.

10. Структура и свойства олигонуклеотидов

Структура и номенклатура олигонуклеотидов. Свойства межнуклеотидной связи в рибо- и дезоксирибоолигонуклеотидах. Влияние заместителей при С2'-атоме на устойчивость межнуклеотидной связи. Разница в свойствах концевой и межнуклеотидной фосфатных групп. Активация концевой фосфатной группы и синтез производных олигонуклеотидов. Свойства гетероциклических оснований в олигонуклеотидах.

11. Синтез рибо- и дезоксирибоолигонуклеотидов.

Методы образования межнуклеотидной связи: фосфодиэфирный, фосфотриэфирный, амидофосфитный, гидрофосфорильный. Твердофазный метод синтеза олигонуклеотидов. Основной принцип автоматизации. Автоматический амидофосфитный метод синтеза олигорибо- и олигодезоксирибонуклеотидов. Синтез полностью защищенного 3'-амидофосфита 2'-дезоксинуклеозида. Методы удаления защитных групп олигонуклеотида (рибо- и дезоксирибо-) после завершения автоматического твердофазного синтеза. Синтез

олигонуклеотидов с модификациями концевых и межнуклеотидных фосфатных групп.

12. Пространственная структура нуклеиновых кислот

Конформационные возможности природных нуклеозидов и нуклеотидов: S- и N- конформации углеводных циклов; относительное расположение гетероциклического основания и углеводного остатка (син-анти равновесие); поворотные изомеры вокруг связи C4' - C5'. Торсионные углы, характеризующие структуру моонуклеотидного звена в полимерной молекуле. Межмолекулярные взаимодействия гетероциклических оснований (комплементарные и межплоскостные). Структурные особенности однотожевых олиго- и полинуклеотидов.

Модель Уотсона и Крика. Современный взгляд на В-форму двойной спирали. Методы детекции переходов спираль - клубок в ДНК. Термодинамические модели, описывающие процесс плавления двутожевых олигонуклеотидов. Кооперативность конформационных переходов. Тонкая структура кривых плавления ДНК. Механизм ренатурации ДНК; параметры, влияющие на полноту ренатурации.

Семейства форм ДНК - В и А; их характеристика, конформационные переходы внутри- и между семействами. Критерии канонических форм нуклеиновых кислот. Последовательности ДНК, способные образовывать неканонические формы. Структурные черты неканонических ДНК - левоскрученной Z-формы, ДНК-триплексов, четырехспиральных, крестообразных ДНК, двойных спирали с параллельным расположением цепей.

Сверхспирализация ДНК и ее биологическая роль. Отрицательно и положительно сверхспирализованные ДНК, параметры сверхспирализации. Топоизомеры и топоизомеразы. Отрицательная сверхспирализация ДНК как движущая сила, способствующая образованию неканонических конформаций (крестов, Z-формы, H-формы). Узлы и катенаны, образованные нуклеиновыми кислотами.

13. Исследование структурной организации нуклеиновых кислот и НК- белковых комплексов

Определение нуклеотидной последовательности полинуклеотидов (ДНК и РНК) по Максаму-Гилберту и по Сэнгеру. Ферментативный метод секвенирования РНК. Основные приемы определения первичной структуры двуцепочечных природных ДНК. ПЦР. Основные принципы секвенирования клеточных РНК. Принцип обратной транскрипции.

Влияние пространственной структуры нуклеиновых кислот на реакционную способность гетероциклических оснований. Использование методов химической модификации для определения пространственной структуры полидезоксирибонуклеотидов (одноцепочечных участков, дуплексов, триплексов, квадруплексов). Особенности вторичной структуры РНК. Тестирование пространственной структуры РНК с помощью химических подходов. Метод футпринтинга.

Использование методов химической модификации для изучения взаимодействия ДНК с белками. Метод футпринтинга. Метод интерференции. Применение модифицированных олигонуклеотидов для изучения белково-нуклеиновых взаимодействий. Примеры модификаций ДНК, которые можно использовать для выявления контактов со стороны белка. Использование методов химической модификации и фотоактивируемых группировок для изучения структуры РНК- белковых комплексов.

14. Варианты использования модифицированных олигонуклеотидов.

Применение модифицированных олигонуклеотидов для определения ДНК и РНК (блот-гибридизация, чипы, ПЦР в реальном времени). Применения олигонуклеотидов для подавления экспрессии генов. Аптамеры, их свойства и получение. Инженерия ДНК – создание молекул НК необычной структуры. Химическое лигирование. Возможности практического применения аптамеров и наноконструкций на основе НК.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Степанов В.М. Молекулярная биология. Структура и функции белков/ Под ред. А.С.Спирина, М., "Высшая школа", 1996.
2. Шабарова З.А., Богданов А.А. Химия нуклеиновых кислот и их компонентов, М., "Химия", 1978.
3. Z. Shabarova, A. Bogdanov, Advanced Organic Chemistry of Nucleic Acids John Wiley & Sons, 2008.
4. Кнорре Д.Г., Годовикова Т.С., Мызина С.Д., Федорова О.С. «Биоорганическая химия», Новосибирск, Редакционно-издательский центр НГУ, 2011
5. Lehninger A.L., Nelson D.L., Cox M.M. Principles of Biochemistry, Second edition. USA, Worth Publisher, Inc. 2000

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера. Том 1. Основы биохимии строения и катализ, т.1, М., «Бином. Лаборатория знаний», 2011
2. Аппель Б., Бенке Б.-И., Бененсон Я. Нуклеиновые кислоты от А до Я, под ред. С. Мюллер, «Бином. Лаборатория знаний», 2012
3. Орецкая Т.С., Метелев В.Г., Романова Е.А., Готтих М.Б. Синтетические нуклеиновые кислоты. Получение и перспективы терапевтического применения. Москва, МГУ, 2015.
4. Шабарова З.А., Богданов А.А., Золотухин А.С. Химические основы генетической инженерии. М.: Изд-во МГУ, 1994.
5. Лебедев А.Т., Артеменко, К.А., Самгина Т.Ю. Основы масс-спектрометрии белков и пептидов. М., Техносфера. 2012.
6. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии (под ред.К. Уилсона и Дж. Уолкера). М., Бином. Лаборатория знаний. 2013.
7. Нолтинг Б. Новейшие методы исследования биосистем. М., Техносфера. 2005.
8. Шульц Г., Ширмер Р. Принципы структурной организации белков. М., Мир. 1982.

Примерные темы для вступительного испытания по программе Коллоидная химия (104-01-00-1410-хн)

1. Определение, основные понятия коллоидной химии

Коллоидная химия - наука о дисперсных системах и поверхностных явлениях в них. Предмет коллоидной химии. Фундаментальные особенности ультрадисперсного (коллоидного) состояния вещества. Место коллоидной химии в общей системе наук.

Признаки объектов коллоидной химии: гетерогенность и дисперсность. Количественные характеристики дисперсности: удельная поверхность, кривизна поверхности, дисперсность.

Поверхностная энергия, адсорбция, смачивание, капиллярность, адгезия, когезия, электрокинетические явления, возникновение новых фаз, устойчивость, коагуляция, структурообразование. Классификация дисперсных систем по размеру частиц, по агрегатному состоянию и по взаимодействию дисперсной фазы и дисперсионной среды, классификация свободно- и связно-дисперсных систем. Лиофобные и лиофильные системы.

Роль поверхностных явлений и дисперсных систем в природе и химической технологии. Значение коллоидной химии в развитии биологических, геологических наук, почвоведения, медицины. Коллоидная химия и защита окружающей среды.

2. Термодинамика поверхностных явлений

Основы термодинамики поверхностного слоя. Основные отличия свойств поверхностного слоя от свойств объемных фаз. Способы описания термодинамики поверхностных явлений. Метод избыточных величин Гиббса. Разделяющая поверхность и поверхность разрыва. Поверхностная энергия в обобщенном уравнении I и II начал термодинамики. Природа взаимодействующих фаз и поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение - мера энергии Гиббса межфазной поверхности. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для внутренней (полной) энергии поверхностного слоя. Теплота образования единицы поверхности. Зависимость энергетических параметров поверхностного слоя от температуры.

Поверхностное натяжение и адсорбция. Определение адсорбции. Уравнение состояния при адсорбции. Изотерма, изопикна, изобара, изостера адсорбции. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса (связь поверхностного натяжения с химическим потенциалом). Гиббсовская (избыточная) адсорбция. Частное выражение уравнения Гиббса. Поверхностная активность веществ. Поверхностно-активные, поверхностно-инактивные вещества на разных межфазных границах.

Адгезия, смачивание и растекание жидкостей. Адгезия и когезия. Природа сил взаимодействия при адгезии. Адгезионное соединение и его характеристики. Характер и условия разрушения адгезионного соединения. Смачивание и краевой угол. Закон Юнга. Связь работы адгезии с краевым углом (уравнение Дюпре-Юнга). Лиофильные и лиофобные поверхности. Измерение краевого угла. Факторы, влияющие на установление равновесия при смачивании. Гистерезис краевого угла смачивания. Влияние ПАВ, температуры и шероховатости поверхности на смачивание. Условия растекания жидкостей. Коэффициент растекания по Гаркинсу. Межфазное натяжение на границе между взаимно-насыщенными жидкостями и правило Антонова. Избирательное смачивание. Практическое значение адгезии и смачивания. Флотация.

Дисперсность и термодинамические свойства тел. Дисперсность как термодинамический параметр. Капиллярные явления в жидкостях (уравнение Лапласа). Капиллярный метод определения поверхностного натяжения (формула Жюрена). Уравнение Кельвина; изотермическая перегонка вещества. Роль капиллярных явлений в природе и технологии. Поверхностная энергия и равновесные формы тел. Принцип Гиббса-Кюри. Закон Вульфа. Зависимость термодинамической реакционной способности от дисперсности. Влияние дисперсности на растворимость, константу равновесия химической реакции, температуру фазового перехода. Нанодисперсные системы.

3. Адсорбция из растворов

Обменная молекулярная адсорбция. Уравнение Гиббса для обменной молекулярной адсорбции. Изотерма гиббсовской адсорбции. Уравнение изотермы молекулярной адсорбции с константой обмена и ее анализ. Изотермы избирательной адсорбции, адсорбционная азеотропия.

Ионообменная адсорбция. Классификация ионов и методы их получения. Основные физико-химические характеристики ионов. Полная и динамическая обменные емкости, набухаемость и селективность. Константа равновесия ионного обмена, формула Никольского. Уравнение изотермы ионного обмена. Практическое использование ионов.

Адсорбция ПАВ на границе раствора с газом. Уравнение Гиббса. Влияние строения молекул ПАВ на поверхностную активность. Зависимость поверхностного натяжения от состава раствора при соблюдении закона Генри и уравнения Ленгмюра. Отличия адсорбции на поверхности жидкостей и твердых тел.

Поверхностные пленки нерастворимых веществ. Типы поверхностных пленок и определение их характеристик. Уравнения состояния газообразных поверхностных (адсорбционных) пленок. Факторы, определяющие агрегатное состояние адсорбционных пленок. Определение строения адсорбционного слоя и размеров молекул ПАВ. Весы Ленгмюра. Химические реакции в поверхностных пленках. Пленки высокомолекулярных и белковых веществ. Методы получения пленок Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ-пленки). Применение ЛБ-пленок в биологии и технике.

4. Электроповерхностные свойства дисперсных систем

Образование двойного электрического слоя (ДЭС). Соотношения между электрическим потенциалом и поверхностным натяжением (уравнение Липпмана). Электрокапиллярные кривые и определение параметров ДЭС по этим кривым.

Общие представления о теориях строения ДЭС. Уравнение Пуассона-Больцмана для диффузной части ДЭС и его решение. Уравнение Гуи-Чепмена. Толщина диффузного слоя и влияние на нее различных факторов. Емкость ДЭС. Двойной электрический слой по теории Штерна, перезарядка поверхности. Примеры образования ДЭС. Строение мицеллы гидрофобного золя.

Электрокинетические явления. Электрокинетический потенциал и влияние на него различных факторов. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для электроосмоса и электрофореза. Эффекты, не учитываемые этим уравнением (поверхностная проводимость, электрофоретическое торможение, релаксационный эффект). Практическое использование электрокинетических явлений.

5. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем

Броуновское движение и его молекулярно-кинетическая природа. Связь между сдвигом частиц и коэффициентом диффузии (закон Эйнштейна-Смолуховского). Экспериментальная проверка закона Эйнштейна-Смолуховского. Следствия из теории броуновского движения. Осмотическое давление ультрамикроретерогенных систем.

Связь размеров частиц со скоростью их осаждения. Закон Стокса. Седиментационный анализ полидисперсных систем. Кривая седиментации. Кривые распределения частиц по радиусам. Седиментация в центробежном поле. Равновесное ультрацентрифугирование как

абсолютный метод определения массы частиц.

Седиментационно-диффузионное равновесие, гипсометрический закон.

Оптические свойства и методы исследования дисперсных систем, явления, наблюдающиеся при распространении света в дисперсных системах. Физическая сущность рассеяния света. Условия и виды рэлеевского рассеяния. Рассеяние малыми частицами поляризованного и неполяризованного света. Уравнение Рэля и его анализ. Форма индикатриссы рассеяния. Рассеяние поляризованного и неполяризованного света большими частицами. Причины угловой асимметрии рассеяния. Определение молекулярных масс высокомолекулярных соединений. Турбидиметрия и нефелометрия. Определение размеров частиц, не подчиняющихся уравнению Рэля (уравнение Геллера). Уравнение Дебая для определения молекулярных и мицеллярных масс. Квазиупругое (динамическое) светорассеяние, фотон-корреляционная спектроскопия.

Темнопольная микроскопия. Щелевой ультрамикроскоп. Конденсор темного поля. Световая микроскопия в проходящем свете. Электронная микроскопия и ее виды. Туннельная (полевая) микроскопия.

6. Получение, агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем

Общие вопросы устойчивости дисперсных систем. Седиментационная и агрегативная устойчивости систем. Лиофильные и лиофобные системы: самопроизвольное образование одних и необходимость стабилизации других. Критерий лиофильности систем по Ребиндеру-Щукину. Растворы коллоидных ПАВ и ВМС как лиофильные системы. Процессы в дисперсных системах, обусловленные агрегативной неустойчивостью: изотермическая перегонка, коалесценция, коагуляция.

Получение лиофобных дисперсных систем. Методы диспергирования. Уравнение Ребиндера для работы диспергирования. Физико-химическое диспергирование осадков (пептизация).

Гомогенная и гетерогенная конденсация. Метастабильное состояние. Энергия образования зародыша новой фазы, критический радиус зародыша. Две стадии образования новой фазы (теория Гиббса-Фольмера) - нуклеация (зародышеобразование) и рост частиц. Связь кинетики образования новой фазы с пересыщением. Управление дисперсностью при гомогенной конденсации. Примеры получения дисперсных систем методами физической и химической конденсации.

Кинетика коагуляции лиофобных систем. Быстрая и медленная коагуляция. Кинетика коагуляции по Смолуховскому. Уравнение скорости коагуляции, константа скорости и время половинной коагуляции. Зависимость числа частиц разного порядка от времени.

Агрегативная устойчивость лиофобных систем. Факторы устойчивости лиофобных систем. Основные положения теории ДЛФО. Расклинивающее давление и его составляющие: молекулярная, электростатическая, структурная. Уравнение для расклинивающего давления и энергии электростатического отталкивания при взаимодействии слабозаряженных

поверхностей. Уравнение для энергии притяжения между частицами. Общее уравнение для энергии взаимодействия дисперсных частиц. Потенциальные кривые взаимодействия частиц в ионостабилизированных дисперсных системах. Потенциальный барьер и его зависимость от толщины диффузного слоя. Коагуляция в первичном и вторичном минимумах.

Электролитная коагуляция; нейтрализационная и концентрационная коагуляции. Порог коагуляции. Пептизация коагулятов. Влияние на порог коагуляции заряда ионов электролита. Правило Шульце-Гарди (закон Дерягина). Коагуляция смесями электролитов.

Структурно-механический барьер по Ребиндеру. Формирование связно- дисперсных структур. Реологические параметры межфазных адсорбционных слоев (модуль упругости и вязкость). Лиофилизация поверхности частиц дисперсной фазы (уменьшение сложной константы Гамакера).

Модели агрегации в дисперсных системах, агрегаты как фрактальные системы. Особенности дисперсных систем, стабилизированных ВМС и ПАВ.

Методы очистки промышленных суспензий, основанные на изменении агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсных систем.

Системы с жидкой дисперсионной средой. Лиозоли, жидкие кристаллы, суспензии. Диаграмма фазовых состояний многокомпонентных систем, содержащих ПАВ. Стабилизация и коагуляция золь и суспензий в водных и органических средах. Золь-гель переход как способ получения новых материалов. Осаждение, фильтрация суспензий и использование коагулянтов, флокулянтов и ПАВ. Технические суспензии и пасты минеральных и органических веществ.

Эмульсии, их классификация. Стабилизация эмульсий ПАВ, ВМС и порошками. Обращение фаз эмульсий. Определение типа эмульсий. Разрушение эмульсий. Деэмульгаторы. Эмульсии в природе, технике и химической технологии.

Пены, их стабилизация и разрушение. Тонкие пленки (серые, черные). Поверхностное натяжение тонких пленок. Эффекты Гиббса и Марангони- Гиббса.

Системы с газообразной дисперсионной средой. Аэрозоли: дымы, пыли, туманы. Получение, свойства и способы разрушения аэрозолей. Факторы стабилизации аэрозолей. Физические основы улавливания аэрозолей на фильтрах. Порошки, их текучесть, склонность к коагуляции. Физико- химические основы переработки порошков.

Системы с твердой дисперсионной средой. Факторы стабилизации в системах с твердой дисперсионной средой. Высокопористые материалы - адсорбенты и катализаторы. Пенопласты, пенобетон, пеностекло. Наполненные и закристаллизованные стекла и эмали. Наполненные полимеры, композиционные материалы. Металлические сплавы.

7. Поверхностно-активные вещества

Общая характеристика и классификация ПАВ. Свойства водных растворов ПАВ. Мицеллообразование. Влияние длины углеводородного радикала на критическую концентрацию ассоциации и ККМ. Точка Крафта. Оценка дифильных свойств ПАВ. Гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ), гидрофильно-олеофильное соотношение и их определения. Гидрофобные взаимодействия в водных растворах ПАВ. Изменение структуры воды при мицеллообразовании. Энтропийная природа мицеллообразования в водной среде. Факторы, влияющие на критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ). Методы определения ККМ. Образование мицелл в неводной среде (обратных мицелл). Природа сил при мицеллообразовании в углеводородной среде. Термодинамика мицеллообразования. Квазихимический и псевдофазный подходы. Два уровня ассоциации. Солюбилизация. Микроэмульсии. Основные факторы моющего действия в водной и неводной среде. Смеси

ИПАВ и НПАВ. Биоразлагаемость и токсичность ПАВ. Строение и полиморфные превращения мицелл. Классификация Жидкокристаллического состояния. Фазовые переходы в жидкокристаллических системах. Лиотропные жидкие кристаллы. Мембраноподобные системы (везикулы). Мицеллярный катализ.

8. Физико-химическая механика дисперсных систем

Структурообразование в дисперсных системах. Формирование структур в различных дисперсных системах (наносистемах) как частный случай коагуляции. Коагуляционно-тиксотропные и конденсационно- кристаллизационные структуры; взаимные переходы. Теория структурообразования - основа получения новых материалов. Типы и прочность контактов между частицами в структурированных дисперсных системах. Влияние дисперсионной среды, ПАВ и электролитов на силы сцепления в контактах.

Реологический метод исследования дисперсных систем. Основные понятия. Реологические параметры. Реологические модели (Тука, Сен- Венана-Кулона, Ньютона, Кельвина и Максвелла). Принципы моделирования реологических свойств тел. Упруговязкое, вязкоупругое, вязкопластическое тела. Время релаксации напряжения и деформации.

Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Псевдопластические и дилатантные жидкости. Тиксотропия и реопексия. Бингамовские и небингамовские твердообразные тела. Методы измерения вязкости. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем. Уравнение Эйнштейна. Реологические свойства структурированных жидкообразных и твердообразных систем. Типичные кривые течения. Характеристики прочности структуры. Зависимость вязкости от напряжения сдвига. Полная реологическая кривая.

Гели (студни); синерезис. Золь-гель технология неорганических материалов как контролируемый переход от свободнодисперсной системы (золя) к связнодисперсной (гелю) и материалу.

Эффект Ребиндера. Связь прочности с поверхностной энергией (уравнение Гриффитса). Адсорбционное влияние среды на пластичность и прочность твердых тел и материалов. Межзеренное смачивание. Условия образования связной сети смоченных межзеренных границ; области приложения перколяционно-фрактальных моделей в физико-химической механике.

Эффект Ребиндера; основные факторы, определяющих формы и интенсивность его проявления: термодинамический, структурный, кинетический. Роль эффекта Ребиндера в геологических процессах, использование в технике.

9. Явления переноса в пористых телах и мембранные методы разделения смесей

Классификация мембран и мембранных методов. Принципы получения мембран и их характеристики. Мембранные равновесия. Уравнения Доннана. Мембранные потенциалы.

Течение жидкостей и газов в пористых телах. Закон Дарси и коэффициент проницаемости, уравнение Гаген-Пуазейля. Кнудсенский поток и разделение газов. Диализ и электродиализ. Микрофльтрация, ультрафльтрация и обратный осмос. Проницаемость и селективность, концентрационная поляризация. Применение мембранных методов.

10. Коллоидная химия и охрана окружающей среды

Коагуляционные методы очистки природных и сточных вод. Перикинетическая,

ортокинетическая коагуляция, гетерокоагуляция. Коагуляция порошками. Электрохимическая коагуляция. Флокуляционные методы очистки. Пенная сепарация Флотация, микрофлотация. Адсорбционные методы очистки сточных вод от органических веществ. Баромембранные методы очистки. Способы осаждения аэрозолей.

Рекомендованная литература

ОСНОВНАЯ

1. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.,
2. «Высшая школа». 2007. 2. Д.А. Фридрихсберг. Курс коллоидной химии. 2010
3. Ю.Г. Фролов. Курс коллоидной химии 2004
4. Б.Д. Сумм. Основы коллоидной химии. 2006
5. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ, М., «Химия»,1985.
6. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир, 1979.
7. Полтораки О.М. Термодинамика в физической химии, М.,
8. «Высшая школа», 1991.
9. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. – 2-е изд., испр. - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 568 с.
10. Холмберг К., Йенссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. Пер. с англ. / Под ред. Б.Д. Сумма. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с.
11. Назаров В.В. Коллоидная химия. –М. ДеЛи плюс, 2015. -250 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Гиббс Дж. Термодинамика. Статистическая физика. –М.: Наука. 1982.
2. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. М.: Наука, 1987.
3. Русанов А.И. Фазовые равновесия и поверхностные явления.-М.: Химия, 1967.
4. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. М.: Наука, 1978; Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979.
5. Урьев Н.Б., Потанин А.А. Текучесть суспензий и порошков.-М.: Химия, 1992.
6. Матвеевко В.Н., Кирсанов Е.А. Поверхностные явления в жидких кристаллах.- М.: МГУ, 1991.
7. Измайлова В.Н., Ямпольская Г.П., Сумм Б.Д. Поверхностные явления в белковых системах. –М.: Химия. 1988.
8. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Л.: Химия, 1981.
9. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел: Пер. с англ. / Под ред. Г. Парфита, К. Рочестера.- М.: Мир, 1986.
10. Мицеллообразование, солубилизация и микроэмульсии / Под ред. К. Миттела.-М.: Мир, 1980.
11. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы. М.: Высш. шк. 1989.
12. Холмберг К., Йенссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М.: Бином. 2007.
13. Rosen M.J. Surfactants and Interfacial Phenomena. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. 2004.

14. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. Пер. с англ. 2-е изд. – М.: Мир, 1984. – 306 с
15. Израелашвили Д. Межмолекулярные и поверхностные силы. Пер. с англ. / Под ред. И.В. Яминского. – М.: Научный мир, 2011. – 456 с.
16. Коллоидно-химические основы нанонауки. / Под ред. А.П. Шпака и З.Р. Ульберг. – К.: «Академперіодика», 2005. – 466 с.
17. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. Пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2007. – 560 с.
18. Роулинсон Дж., Уидом Б. Молекулярная теория капиллярности. Пер. с англ. / Под ред. А.И. Русанова. – М.: Мир, 1986. – 376 с.
19. Русанов А.И., Прохоров В.А. Межфазная тензиометрия. – СПб.: Химия, 1994. – 397 с.
20. Урьев Н. Б. Высокосконцентрированные дисперсные системы. - М.: Химия, 1980. - 319 с.
21. Урьев Н.Б. Физико-химическая динамика дисперсных систем и материалов. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2013.- 232 с.
22. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок.- М.: Наука, 1986.
23. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы.- М.: Наука, 1985 .
24. Неппер Д. Стабилизация коллоидных дисперсий полимерами.- М.: Мир, 1986 .
25. Израелашвили Д. «Межмолекулярные и поверхностные силы», Перевод с англ. — И.М. Охалкин, К.Б. Зельдович, науч. ред. — И.В. Яминский. Год издания: 2011, 456 стр.
26. Матвеев В.Н., Волков В.А. Устойчивость и коагуляция. Рукописное пособие. Баку, 2014г., 56 стр.
27. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. – М.: Наука, 1987. – 398 с.
28. Фриберг С.Е., Боторель П. Микроэмульсии. Структура и динамика. / Под ред. С.Е. Фриберг и П. Боторель. Пер. с англ.– М.: Мир, 1990. - 320 с.

**Примерные темы для вступительного испытания по программе
Бионеорганическая химия (104-01-00-1411-хн)**

1. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ.

Понятие о природе химической связи. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность. Основные типы химической связи. Основные положения метода валентных связей (МВС). Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы МО гомоядерных и гетероядерных двухатомных молекул. Ионная связь. Ионная модель строения кристаллов. Ионный радиус. Основные типы кристаллических структур.

Строение органических соединений. Гибридизация атома углерода. Ковалентные s- и p-связи. Сопряженные системы и делокализованная химическая связь. Ароматичность.

Основные понятия координационной теории. Типы комплексных соединений по классификации лигандов, заряду координационной сферы, числу центральных атомов. Номенклатура комплексных соединений. Образование координационных соединений в рамках ионной модели и представлений Льюиса. Теория мягких и жестких кислот и оснований Пирсона. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие.

Константы устойчивости комплексов. Лабильность и инертность. Энергетическая диаграмма МО комплексных соединений. Построение групповых орбиталей и их взаимодействие с орбиталями центрального атома, σ - и π -донорные и акцепторные лиганды. Оптические и магнитные свойства комплексных соединений. Применение комплексных соединений в химической технологии, катализе, медицине и экологии.

Классификационные признаки органических соединений – функциональная группа и строение углеродного скелета. Номенклатура органических соединений. Основные принципы номенклатуры ИЮПАК.

Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений. Пространственные и электронные эффекты. Полярность связи. Индуктивный эффект. Мезомерный эффект. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Внутри- и межмолекулярные взаимодействия в органических соединениях (донорно-акцепторные взаимодействия, водородные связи). Водородные связи в биологических молекулах.

Примеры органических кислот и оснований. Факторы, определяющие кислотность и основность. Амины как основания и нуклеофилы. Основы стереохимии. Конфигурация и конформация. Проекционные формулы Ньюмена для конформеров. Геометрические (E,Z) изомеры.

Хиральные и ахиральные молекулы. Проекционные формулы Фишера для изображения пространственного строения молекул. Оптическая активность энантиомеров. Рацематы. R,S-формы. Хиральность без хирального центра.

2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

Общая характеристика физико-химических методов, основанных на взаимодействии излучения с веществом. Спектральные и дифракционные методы. Примеры их использования для доказательства строения органических веществ и определения подлинности лекарственных препаратов.

Колебательная спектроскопия: природа ИК-спектров, характеристические частоты поглощения. Электронная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях: природа спектров, типы электронных переходов, понятие о хромофорных группах. Спектроскопия ЯМР. Представления о сущности и технике эксперимента. Магнитное экранирование ядер. Константа экранирования и химический сдвиг. Эталонирование спектров. Прямое и косвенное спин-спиновое взаимодействия. Относительные интенсивности сигналов. Шкала химических сдвигов ^1H в органических соединениях. Химические сдвиги ^{13}C для органических молекул.

Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография. Применение синхротронного излучения. Спектроскопия ЭПР, ЯКР и γ – резонансная. EXAFS-спектроскопия. Спектроскопия циркулярного (кругового) дихроизма. Мессбауэровская спектроскопия. Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов.

Масс-спектрометрия, области ее применения. Масс-спектры положительных и отрицательных ионов. Масс-спектрометрия высокого разрешения. Способы ионизации. Молекулярный ион и его фрагментация. Вид масс-спектра. Хромато-масс-спектрометрия. Методы установления элементного состава соединения в спектре на основании данных по

природному содержанию стабильных изотопов элементов по кластеру пика молекулярного иона.

3. РЕАКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

Классификация органических реакций. Радикальные реакции. Образование радикалов. Строение и стабильность радикалов. Стереохимия радикальных реакций. Антиоксиданты.

Электрофильное присоединение к алкенам. Присоединение галогенов, галогеноводородов, карбенов, гидратация, гидрирование, гидроборирование. Присоединение карбокатионов и его роль в формировании стероидной структуры в живом организме. Перегруппировки карбокатионов. Присоединение галогеноводородов к алкинам.

Электрофильное присоединение к сопряженным системам. Понятие о кинетическом и термодинамическом контроле.

Реакция Дильса-Альдера ([4+2]-циклоприсоединение) как метод создания шестичленного цикла. Диен и диенофил. *o*-Хинодиметаны в качестве диенов, их генерирование. Типы реакции Дильса-Альдера: карбо-реакция, гетеро-реакция, 1,4-циклоэлиминирование. Ретро-реакция. Катализ в реакции Дильса-Альдера. Стереохимия реакции Дильса-Альдера, эндо-правило. Региоселективность циклоприсоединения в случае несимметричных диенов и диенофилов. Региоселективность гетеро-реакции. Пример использования реакции Дильса – Альдера для синтеза лекарственного препарата.

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода как метод создания связей углерод-углерод, углерод-галоген, углерод-азот, углерод-фосфор. Классификация механизмов нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода (S_N1 - и S_N2 -механизмы). Основные характеристики бимолекулярного и мономолекулярного механизмов. Зависимость механизма реакции от структуры исходного соединения. Понятие нуклеофильности и факторы, определяющие нуклеофильность реагента. Принцип ЖМКО. Роль растворителя в S_N1 - и S_N2 -процессах. Реакции нуклеофильного замещения S_N2 -типа. Кинетика, стереохимия.

Примеры реакций: получение аминов, нитрилов, эфиров карбоновых кислот, простых эфиров, тиоэфиров, алкилгалогенидов, нитросоединений и других классов органических соединений. Амбидентные анионы. Кинетика и стереохимия S_N2 -реакций. Влияние строения радикала, уходящей группы исходного субстрата и природы растворителя на скорость реакции. Межфазный катализ в S_N2 -процессах.

Методы синтеза алкилгалогенидов из спиртов, алкенов, алканов, других алкилгалогенидов, алкилсульфонатов и др.

Реакции S_N1 типа. Кинетика, стереохимия. Зависимость S_N1 -процесса от природы радикала, уходящей группы и растворителя. Наиболее распространенные уходящие группы в биохимических процессах. Карбокатионы, факторы, влияющие на их устойчивость. Перегруппировки карбокатионов.

Реакции β -элиминирования. Классификация механизмов β -элиминирования. Региоселективность $E2$ элиминирования. Правила Зайцева и Гофмана. Факторы, определяющие направление элиминирования. Стереохимия $E2$ элиминирования: *син*- и *анти*-процессы.

Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе воды, спиртов и тиолов (кислотный и основной катализ). Защита карбонильной группы.

Получение бисульфитных производных, циангидринов (оксинитрилов) и ацетиленовых спиртов. Взаимодействие карбонильных соединений с аммиаком (уротропин), первичными и вторичными аминами. Енамины, их получение и алкилирование. Оксимы, гидразоны, арилгидразоны. Реакции карбонильных соединений с металлоорганическими реагентами.

Кето-енольная таутомерия кетонов. Енолы кетонов в реакциях галогенирования, изотопного обмена и рацемизации хиральных кетонов. Кислотный и основной катализ этих реакций. Енолят-ионы. Методы генерирования енолятов с помощью алкоголятов и амидов щелочных металлов. Алкилирование енолятов. Влияние полярности растворителя на региоселективность процесса (О- и С-алкилирование). Принцип ЖМКО. Равновесие между α,β - и β,γ -енонами. Алкилирование и ацилирование енолят-ионов. Кето-енольная таутомерия 1,3-дикетонов и 1,3-кетоефиров на примере ацетилацетона и ацетоуксусного эфира.

Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов и алканов. Реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена. Диспропорционирование альдегидов по Канниццаро (механизм). Перекрестная реакция Канниццаро. Восстановительное аминирование карбонильных соединений. Восстановление альдегидов и кетонов комплексными гидридами алюминия и бора: алюмогидрид лития, борогидрид натрия, алкоксиалюмогидриды. Окисление карбонильных соединений. Окисление кетонов перекислотами по Байеру-Виллигеру. Стереоселективность реакции.

Альдольная конденсация, ее механизм. Внутри- и межмолекулярная реакции. Дегидратация альдолей как метод синтеза α,β -ненасыщенных карбонильных соединений. Перекрестная альдольная конденсация ароматических альдегидов или формальдегида с алифатическими альдегидами и кетонами. Конденсация альдегидов (кетонов) и соединений с "активной метиленовой группой" (Кневенагель). Аминометилование альдегидов и кетонов по Манниху. Реакция альдегидов и кетонов с цинковыми производными сложных эфиров (Реформатский). Бензоиновая конденсация ароматических альдегидов, область применения и механизм реакции. Сопряженное присоединение енолятов к α,β -енонам (реакция Михаэля).

α,β -Непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление аллиловых спиртов и др. Сопряжение карбонильной группы с двойной углерод-углеродной связью. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, триалкилборанов, диалкил- и диарилкупратов, аминов, цианистого водорода, галогеноводородов. Эпоксидирование α,β -непредельных кетонов по связи C=C. Сопряженное присоединение енолятов к α,β -непредельным альдегидам и кетонам. Реакция Михаэля, механизм. Доноры и акцепторы Михаэля. Катализаторы реакции, ее обратимость. Ретро-реакция. Енамины как доноры Михаэля. Термическая реакция Михаэля. Основания Манниха и другие синтетические эквиваленты акцепторов Михаэля.

Реакции карбоновых кислот. Декарбокислирование, пиролиз солей, галогенирование по Геллю-Фольгарду-Зелинскому. Электролиз солей карбоновых кислот (Кольбе), синтез алкилбромидов и иодидов по Хундиккеру. Непредельные карбоновые кислоты: акриловая, метакриловая, олеиновая, элаидиновая, их свойства и применение. Ненасыщенные жирные кислоты в составе липидов. Пероксидное окисление липидов.

Производные карбоновых кислот: ангидриды, галогенангидриды, сложные эфиры, амиды, нитрилы, соли. Галогенангидриды. Получение с помощью галогенидов фосфора, тионилхлорида. Взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, гидразин, металлоорганические соединения). Восстановление до альдегидов (по Розенмунду и комплексными гидридами металлов).

Сложные эфиры. Методы получения: этерификация карбоновых кислот (механизм), ацилирование спиртов и алкоголятв ацилгалогенидами и ангидридами, алкилирование карбоксилат-анионов, реакции кислот с diazometаном, алкоголиз нитрилов. Лактоны и методы их синтеза. Синтез ортоэфиров. Реакции сложных эфиров: гидролиз (механизм кислотного и основного катализа), аммонолиз, переэтерификация, реакции с металлоорганическими соединениями, восстановление до спиртов и альдегидов.

Ангидриды. Методы получения и реакции ангидридов кислот. Нитрилы: методы получения и реакции гидролиза, восстановления до аминов и альдегидов, взаимодействия со спиртами, аминами (синтез амидинов).

Амиды. Методы получения: ацилирование аммиака и аминов, пиролиз карбоксилатов аммония, синтез из нитрилов, изомеризация оксимов по Бекману. Синтез циклических амидов (лактамов). Свойства: гидролиз, восстановление до аминов. Дегидратация амидов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса.

Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Механизм реакции. Внутримолекулярная конденсация сложных эфиров двухосновных кислот по Дикману. Конденсация кетонов со сложными эфирами как метод синтеза 1,3-дикетонов. Синтезы с ацетоуксусным эфиром. Ацилоиновая конденсация сложных эфиров. Синтезы с малоновым и ацетоуксусными эфирами: получение карбоновых кислот и кетонов.

Синтез и свойства органических производных угольной кислоты – эфиров, хлорэфиров, карбаматов. Гуанидин, его основность. Ксантогенаты.

Двухосновные карбоновые кислоты. α,β -Непредельные карбоновые кислоты, методы их синтеза: дегидратация β -гидроксикислот, конденсации Перкина (синтез коричных кислот) и Кневенагеля, реакция Виттига. Свойства α,β -непредельных карбоновых кислот: реакции присоединения по двойной связи $C=C$ (включая реакцию Михаэля). Стереохимия присоединения галогена и гидроксирования по Прилежаеву (перкислоты) и по Вагнеру (перманганат).

4. АРОМАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ.

Реакции ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме. Представление о σ - и π -комплексах. Индуктивные и мезомерные эффекты заместителей. Согласованная и несогласованная ориентация.

Нитрование ароматических соединений. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и замещенных бензолов. Понятие об ипсо-атаке и ипсо-замещении в реакции нитрования. Сульфирование ароматических соединений. Сульфирующие агенты. Механизм реакции. Превращения сульфогруппы. Галогенирование (хлорирование и бромирование) бензола и замещенных производных бензола. Галогенирующие агенты. Механизм реакции и природа электрофильного агента галогенирования. Иодирование аренов. Введение фтора в ароматические соединения.

Реакции алкилирования аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты, механизм реакции. Полиалкилирование. Реакции изомеризации в процессах алкилирования по Фриделю-Крафтсу.

Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования в о- и п-положения. Электрофильное формилирование аренов: реагенты формилирования, механизм реакций и применение их в органическом синтезе. Реакции diazotирования и азосочетания для ароматических соединений.

Общие представления о механизме ароматического нуклеофильного замещения. Механизм присоединения-отщепления (S_NAr). Примеры S_NAr реакций и активирующее влияние электроноакцепторных заместителей. Анионные σ -комплексы Мейзенгеймера и их строение. Использование S_NAr реакций в органическом синтезе.

Механизм отщепления-присоединения на примере превращения галогенбензолов в фенолы и ароматические амины. Методы генерирования и фиксации дегидробензола. Строение дегидробензола.

5. ХИМИЯ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом: фуран, тиофен, пиррол. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр).

Ароматичность пятичленных гетероциклов. Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Ориентация электрофильного замещения и ее объяснение. Пиррол как NH-кислота. Пиррол-калий и пиррол-магний галогениды, их реакции с электрофильными реагентами. Пиррол как структурная единица порфиринов. Понятие о строении и биохимической роли хлорофилла и гемоглобина.

Индол. Синтез производных индола из арилгидразинов и кетонов по Фишеру. Механизм реакции. Реакции электрофильного замещения в пиррольном кольце индола: нитрование, формилирование, галогенирование, аминотетилирование по Манниху. Производные индола в биосистемах: триптофан, серотонин, мелатонин.

Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом: пиридин и хинолин. Пиридин. Ароматический характер пиридина, сравнение с пирролом и бензолом. Пиридин как основание. Реакции с галогеналканами. Реакции электрофильного замещения в пиридине: нитрование, сульфирование, галогенирование. N-Оксид пиридина и его использование в реакции нитрования. Подвижность атома галогена в пиридиновом ядре в реакциях с нуклеофилами.

Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилинов по Скраупу и Дебнеру–Миллеру. Хинолин как основание. Взаимодействие хинолина с галогеналканами. Реакции электрофильного замещения в хинолине: нитрование, сульфирование и галогенирование.

Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине и хинолине в реакциях с амидом натрия, гидроксидом калия и фениллитием.

Таутомерия 2- и 4-гидроксипиридинов и хинолинов. 2-Метилпиридины и хинолины как метиленовые компоненты в конденсациях с альдегидами. Представление о структурах никотина, никотинамида, NAD^+ .

Шести- и пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами (пиримидин, пиразол, имидазол, тиазин, оксазол).

6. СТРОЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУПП БИОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

Моносахариды. Классификация и стереохимия. Тетрозы, пентозы и гексозы. Альдозы и кетозы. Стереохимия альдоз в проекциях Фишера и Хеуорса. Глюкоза. Циклические полуацетальные формы глюкозы: глюкопиранозы и фуранозы. Аномеры. Аномерный эффект. Мутаротация.

Химические свойства: этерификация, восстановление, образование О-гликозидов, различные варианты окисления. Определение уровня глюкозы в крови. Роль глюкуроноидов в метаболизме лекарств. Аскорбиновая кислота (витамин С).

Полисахариды: крахмал, целлюлоза, хитин. Понятие о строении этих биополимеров.

Пуриновые и пиримидиновые основания. Нуклеозиды. Нуклеотиды. Первичная и вторичная структуры рибонуклеиновых и дезоксирибонуклеиновых кислот. Щелочной гидролиз РНК. Особенности строения лекарственных веществ 3-азидотимидина и ацикловира. Структуры интеркаляторов в ДНК и их физиологическая активность. ДНК-алкилирующие соединения. Механизм алкилирования ДНК производными хлорэтиламинов.

Строение жиров и масел. Гидролиз и гидрогенизация жиров. Химизм их прогоркания и антиоксидантное действие витамина Е. Структуры фосфолипидов.

Альфа-Аминокислоты. D и L конфигурация. Способы получения аминокислот. Изоэлектрическая точка. Природа пептидной связи. Первичная структура белка. Общая схема синтеза пептидов, защитные группы. Понятие о твердофазном синтезе пептидов. Понятие о пептидомиметиках.

Представление о низкомолекулярных биологически важных веществах: терпенах, стероидах, алкалоидах (представление о структурах, примеры возможных модификаций структур).

Рекомендованная литература

ОСНОВНАЯ:

1. О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. Органическая химия, ч. 1-4. М., Изд. МГУ, 1999.
2. Органическая химия: Учеб. для вузов: в 2 кн. / В.Л. Белобородов, С.Э. Зурабян, А.П. Лузин, Н.А. Тюкавкина; Под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2002. – Кн. 1: Основной курс. – 640 с.
3. Третьяков Ю.Д., Мартыненко Л.И., Григорьев А.Н., Цивадзе А.Ю. Неорганическая химия. 2-е издание, переработанное и дополненное М.: Академкнига, 2007. т. 1, 2.
4. А.В. Шевельков, А.А. Дроздов, М.Е. Тамм. Неорганическая химия. М.: Лаборатория знаний. 2021.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:

1. Робертс Дж., Кассерио М. Основы органической химии. Т.1,2. М. "Мир", 1978.
2. Терней А. Современная органическая химия. Т. 1,2. М., "Мир" 1981.
3. Органическая химия: учебник: В 2 кн.: Кн.1 / Под ред. Н.А. Тюкавкиной. –М.: Дрофа, 2011. – 638с.
4. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк. 2001.

5. Уэллс А. Структурная неорганическая химия. М.: Мир. 1987. т. 1–3.

6. В.В. Скопенко, А.Ю. Цивадзе, Л.И. Савранский, А.Д. Гарновский. Координационная химия. М.: Академкнига, 2007.

Примерные вопросы для вступительного испытания по программе Нефтехимия ((104-01-00-1412-хн))

1. Переработка нефти

Место нефтепереработки в топливно-энергетическом комплексе.

Роль нефтепереработки в топливно-энергетическом комплексе Российской Федерации. Производство основных видов энергоносителей. Требования, предъявляемые к современным топливам.

Основные процессы переработки нефти. Место процесса каталитического крекинга в структуре современного НПЗ. Сырье, условия проведения процесса, структура получаемых продуктов. Принципиальная схема установок каталитического крекинга. Требования, предъявляемые к микросферическим цеолитсодержащим катализаторам. Особенности процесса глубокого каталитического крекинга, ориентированного на повышенное производство легких олефинов. Термодеструктивные процессы. Их роль в переработке остаточного сырья и тяжелых нефтей. Гидроочистка. Роль гидроочистки в производстве высококачественных компонентов моторных топлив. Условия проведения процесса. Особенности гидроочистки бензиновых фракций, газойлевых фракций и остаточного нефтяного сырья. Каталитический риформинг. Его роль в производстве высококачественных бензинов, ароматических соединений и водорода. Гидрокрекинг. Место гидрокрекинга в структуре современного НПЗ. Условия проведения процесса. Роль гидрокрекинга в переработке остаточных видов нефтяного сырья. Изомеризация легких бензиновых фракций с целью получения высокооктановых экологически чистых компонентов моторных топлив. Особенности высокотемпературной и низкотемпературной изомеризации. Алкилирование изобутана легкими олефинами. Особенности сернокислотного и фтористоводородного алкилирования. Место алкилирования в производстве высококачественных бензинов.

Современные тенденции развития нефтепереработки.

Оптимальные схемы НПЗ с учетом особенностей сбыта производимой продукции. Роль вторичных процессов в увеличении глубины переработки нефти. Новые технологии, лежащие в основе производства продукции, соответствующей мировым стандартам.

2. Нефтехимия

Состояние нефтехимии и направления ее развития.

Место нефтехимии в химической промышленности и мировая нефтехимия. Современные тенденции развития российской нефтехимии.

Процессы получения нефтехимического сырья

Непредельные углеводороды как основное сырье для нефтехимического синтеза: этилен, пропилен. Процессы получения высших олефинов. Процессы получения ароматических соединений. Алканы как сырье для нефтехимии.

Производство продукции на основе олефинов и ацетилена

Продукты на основе этилена. Получение этиленоксида и продуктов на его основе. Этиленгликоль. Новые пути синтеза этиленгликоля. Современные методы получения

ацетальдегида и уксусной кислоты. Окисление этилена в ацетальдегид (Вакер-процесс) и уксусную кислоту. Карбонилирование метанола. Катализаторы, механизмы реакций. Современные технологии синтеза полиэтилена. Продукты на основе пропилена. Синтез ацетона и продуктов на его основе. Эпоксидирование непредельных соединений гидроперекисями, надкислотами, перекисью водорода. Оксид пропилена, пути его использования. Аллиловый спирт, глицидол, глицерин. Окислительный аммонолиз как основной современный метод синтеза нитрилов. Механизм. Перспективы развития. Окисление пропилена в акролеин. Катализаторы, механизм реакции. Продукты на основе углеводов С4. Изобутилен и его реакции. Получение метакриловой кислоты из изобутилена. Получение малеинового ангидрида окислением бутадиена-2. Продукты на основе высших олефинов. Основные процессы переработки высших олефинов. Синтез высших спиртов гидроформилированием. Синтез пластификаторов и ПАВ. Продукты на основе диенов и ацетиленов. Место ацетиленов в современной нефтехимии. Методы выделения и очистки. Конденсация ацетиленов с образованием ароматических углеводов. Циклооктатетраен. Линейная олигомеризация ацетиленов. Конденсация ацетиленов с углеводородами других классов. Синтез мономеров на базе ацетиленов: хлоропрена, акрилонитрила, винилацетата, виниловых эфиров. Ацетилен как винилирующий агент. Диены. Основные ресурсы, современные методы получения и выделения. Использование бутадиена, изопрена, аллена в нефтехимической промышленности. Процессы получения бензола и алкилбензолов

Бензол и пути его использования. Диспропорционирование гомологов бензола. Детергенты на базе бензола. Замена бензола другими ароматическими углеводородами в синтезе стирола и детергентов. Развитие процессов алкилирования ароматических углеводов. Производство кумола, высших алкилбензолов. Толуол, ксилолы, полиметилбензолы, полициклические ароматические углеводороды. Процессы, связанные с изомеризацией, гидродеалкилированием, диспропорционированием. Получение функциональных ароматических производных

Окисление ароматических и алкилироароматических углеводов. Современные способы получения фенолов, ксенолов, дигидроксibenзолов и бисфенолов. Пластмассы на базе фенола. Методы введения в молекулу фенола алкильной, алкенильной, окси- и галоидалкильной групп. Алкилирующие агенты, катализаторы, механизм. Значение затрудненных фенолов в промышленности. Фенолы как ингибиторы окисления. Современные методы получения малеинового ангидрида. Направления его использования. Окисление о-ксилола и нафталина до фталевого ангидрида. Терефталевая кислота. Синтез антрахинона и его использования. Нитросоединения, анилины, хлорпроизводные ароматических соединений. ароматических углеводов.

Получение циклогексана и циклогексена. Синтез акриловой кислоты и компонентов для получения полиамидных волокон. Получение дикарбоновых кислот, диаминов, аминокрабоновых кислот.

3. Химия одноуглеродных молекул. Современные проблемы газохимии и С1-химии

С1-Сырье. Газификация и риформинг. Переработка газа и угля, производство синтез-газа. Технологии газификации. Технологии производства синтез-газа.

Синтез Фишера-Тропша.

Сырье для процесса Фишера-Тропша. Катализаторы и механизмы реакций. Продукты синтеза. Проблема получения углеводородных фракций. Технологии производства синтетических углеводородов.

Метанол. Гидроформилирование.

Получение метанола из синтез-газа, катализаторы и механизмы реакций. Реакторы синтеза метанола. Метанол как топливо. Производство углеводородов и эфиров из метанола. Гидроформилирование альфа-олефинов, катализаторы и механизмы. Гидроформилирование замещенных олефинов, катализаторы и механизмы. Использование альдегидов, пластификаторы.

Диоксид углерода

Экологические проблемы связанные с эмиссией CO₂. Гидрирование CO₂.

Сверхкритический CO₂. Получение мочевины, карбонатов, полиуретанов.

4. Переработка возобновляемого растительного сырья

Биогаз. Биотопливо. Биодизель. Биоэтанол

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. М.: Химия, 2001.
2. Капустин В.М., Рудин М.Г. «Химия и технология переработки нефти», М: Химия. 2013.
3. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технический и экономический аспекты. М.: Техника, 2001.
4. Платэ Н.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. М.: Наука. 2002.
5. Технология переработки нефти.: ч.1. Первичная переработка нефти. Под ред. Глаголевой О.Ф. и Капустина В.М.. М.: Химия. КолосС. 2006.
6. Технология переработки нефти.: ч.2. Деструктивные процессы. Под ред. Капустина В.М., Гуреева А.А. М.: Химия. КолосС. 2007.
7. Потехин В.М., Потехин В.В. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. СПб. Химиздат. 2005.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика: Научное издание. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект». 2010.
2. Тимофеев, В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Высш. шк. 2003.
3. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Уфа: Гилем, 2002.
4. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти. Учебное пособие. Изд. М.: КДУ. 2008

Примерные темы для вступительного испытания по программе Радиохимия (104-01-00-1413-хн)

1. Ядерно-физические основы радиохимии

1. Ядро, основные характеристики. Модели ядра. Ядерные силы. Энергия связи ядра. Ширина уровня и время жизни ядра в возбужденном состоянии.

2. Ядерные силы. Энергия связи ядра - полная и удельная. Стабильные и радиоактивные изотопы. Формула Вейцзеккера, её составляющие. Энергия возбуждения ядра, ее дискретность.
3. Типы ядерных превращений. Нуклидная карта. Законы сохранения и расчет энергетических эффектов ядерных превращений. Примеры схем радиоактивных распадов. Спонтанное деление.
4. Альфа-распад. Туннельный эффект. Правило сдвига. Связь энергии альфа-распада с разностью масс и уровнями возбуждения исходного и конечного ядер. Кинетическая энергия альфа-частиц, энергия отдачи. Спектр альфа-частиц.
5. Закономерности бета-распада. Конкуренция видов распада. Устойчивость изобар к бета-распаду. Энергетический спектр бета-частиц, средняя энергия. Нейтрино и антинейтрино. Аннигиляционное излучение. Вторичные процессы в электронной оболочке атома после электронного захвата.
6. Гамма-излучение. Ширина энергетического уровня и время жизни ядра в возбужденном состоянии. Метастабильное состояние, изомерный переход. Спектр гамма-излучения. Внутренняя конверсия и процессы разрядки возбужденной электронной системы.
7. Основной закон радиоактивного распада. Период полураспада и среднее время жизни.
8. Распад и накопление радионуклидов. Радиоактивные равновесия. Кинетика накопления и распада ядер в рядах генетически связанных нуклидов.
9. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Кинетическая энергия альфа-частиц и скорость их перемещения в веществе. Основные механизмы передачи (потери) кинетической энергии. Линейная передача энергии. Кривая Брега. Трек и пробег альфа-частиц. Ослабление потока альфа-частиц.
10. Взаимодействие бета-излучения с веществом. Соотношение потерь на ионизацию и тормозное излучение. Эмпирическая оценка ионизационных и радиационных потерь. Черенковское излучение. Удельная ионизация воздуха. Поглощение энергии и трек бета-частиц в воде. Ослабление потока бета-частиц, максимальный пробег.
11. Взаимодействие нейтронов с веществом. Элементарная теория замедления (рассеяния) быстрых нейтронов. Средняя логарифмическая потеря энергии. Пробег (проникающая способность) быстрых нейтронов. Кинетическая энергия ядер отдачи. Ионизация среды. Диффузия тепловых нейтронов, среднее время жизни теплового нейтрона; поглощение нейтронов. Характеристика различных замедлителей. Конструкция защитных экранов при работе с нейтронными источниками.
12. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Основные механизмы передачи энергии. Зависимость сечений трех первичных процессов передачи энергии от энергии фотонов и заряда ядер облучаемого материала. Области преобладания отдельных механизмов. Фотоэффект, процессы, сопровождающие фотопоглощение. Резонансное фотопоглощение. Комптоновское рассеяние, энергетическое распределение комптоновских электронов. Обратное рассеяние.
13. Ядерные реакции, механизм, типы реакций. Энергетические эффекты ядерных реакций. Энергетический порог реакции. Реакции с участием нейтронов. Зависимость эффективного сечения от энергии нейтронов. Радиационный захват тепловых нейтронов. Реакции вынужденного деления. Энергетический эффект. Цепная ядерная реакция.
14. Ядерные реакции с заряженными частицами. Эффективное сечение, зависимость от типа и энергии частиц. Кулоновский потенциальный барьер. Фотоядерные реакции. Пороговая

энергия фотонов.

15. Общая характеристика методов получения радионуклидов. Реакторные радионуклиды. Накопление радионуклида в облучаемой мишени. Случай тонкой мишени. Получение радионуклидов на ускорителях заряженных частиц. Выбор мишени и условий облучения. Расчет наработки радионуклидов.

16. Основные методы регистрации и детекторы ионизирующих излучений. Абсолютная и регистрируемая активность. Влияние условий измерений на величину регистрируемой радиоактивности. Коэффициент регистрации.

17. Ионизационная камера. Устройство, принцип работы, применение. Принцип работы счетчика Гейгера-Мюллера. Фон и разрешающее время. Пропорциональный счетчик, конструкция. Механизм и коэффициент газового усиления. Эффективность счетчика к различным видам излучения.

18. Гамма-спектрометрия. Устройство и принцип работы гамма-спектрометра. Механизм регистрации излучения полупроводниковыми и сцинтилляционными детекторами. Аппаратурный спектр. Относительное энергетическое разрешение. Калибровка спектрометров по энергии и эффективности.

19. Классификация и характеристика основных типов сцинтилляторов: спектр испускаемых фотонов, время высвечивания, световой выход, прозрачность. Жидкие сцинтилляторы: растворители, активаторы. Сцинтилляторы для детектирования альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучения.

20. Полупроводниковый детектор. Собственная и примесная проводимость. Полупроводник как рабочее вещество детектора – процессы преобразования энергии, формирование импульса тока. Конструкции детекторов альфа- и гамма-излучения. Энергетическое разрешение. Применение ППД в гамма-спектрометрии.

21. Жидкостно-сцинтилляционная спектрометрия. Процессы преобразования энергии ионизирующего излучения в жидких сцинтилляторах. Химическое и оптическое гашение. Применение для спектрометрии альфа- и бета-излучений.

22. Черенковские детекторы. Длительность импульсов черенковского излучения. Радиаторы. Детекторы без фокусировки и с фокусировкой. Энергетическое разрешение детекторов с фокусировкой. Эффективность к различным типам излучения.

2. Биологическое действие ионизирующего излучения и радиационная безопасность

1. Основная концепция радиобиологии. Этапы биологического действия излучения. Проявление радиационного поражения организма при различных дозах облучения. Детерминированные и стохастические эффекты радиационного поражения.

2. Теория мишени. Летальность, выживаемость, различные виды кривых доза-эффект.

3. Радиационно-химический выход. Действие плотно- и редко-ионизирующих излучений. Продукты радиолиты воды. Радиационные повреждения биологических молекул.

4. Механизмы повреждения клеток при облучении. Радиочувствительность.

5. Радиационные повреждения нуклеотидов, РНК и ДНК. Одно- и двухнитевые разрывы ДНК. Репарационные процессы, роль ДНК-полимераз. Радиационные мутации.

6. Радиопротекторы и радиосенсибилизаторы. Механизмы действия, условия применения. Количественная характеристика известных радиопротекторов.

7. Дозиметрия. Предмет исследования и круг задач. Основные характеристики поля ионизирующего излучения. Средняя энергия ионизации веществ. Теория Брэгга-Грея.
8. Механизмы передачи энергии ионизирующего излучения веществу и формирование дозы облучения.
9. Механизмы передачи энергии фотонного излучения веществу, формирующие дозу. Связь между KERMA и поглощенной дозой для фотонного излучения. Амбиентный эквивалент дозы.
10. Тормозная способность (линейная передача энергии). Связь между тормозной способностью (ЛПЭ) и биологической эффективностью излучений. Связь между поглощенной и эквивалентной дозами для разных типов излучения.
11. Эффективная доза. Взвешивающие коэффициенты для различных тканей. Влияние возраста, пола и других факторов на пожизненный риск заболевания при облучении.
12. Основные типы дозиметров. Способы определения поглощенной дозы.
13. Сопоставление различных типов дозиметров (полупроводниковые, термолюминисцентные, на основе ионизационных камер). Достоинства и недостатки. Области применения.
14. Эффективная доза и эффективная коллективная доза. Способы оценки и нормативная база.
15. Основные принципы радиационной безопасности. Пределы доз для персонала и населения.
16. Радиационный контроль. Объекты радиационного контроля и контролируемые параметры. Надзор за ядерной и радиационной безопасностью. Нормативные документы, регламентирующие работу с источниками ионизирующих излучений и радиоактивными веществами.
17. Радиационная безопасность населения. Естественные и техногенные источники облучения. Вклад в среднюю годовую дозу. Сопоставление с установленными пределами доз.
18. Основные принципы организации работы с источниками ионизирующих излучений. Группы радионуклидов и классы работ. Радиоактивные отходы.
19. Радиационные аварии. Классификация, причины возникновения, фазы протекания. Критерии вмешательства при радиационных авариях.

3. Методы разделения, концентрирования и определения радионуклидов

1. Классификация и общая характеристика методов разделения и концентрирования в радиохимии.
2. Осаждение и со-осаждение. Типы носителей. Типы изоморфного замещения. Практическое применение методов осаждения/со-осаждения в радиохимической промышленности и радиоэкологии.
3. Жидкостная экстракция. Механизмы экстракции. Основные типы экстрагентов. Эффект высаливания. Многократная экстракция. Способы реализации многократной экстракции. Типы экстракторов. Пурекс-процесс. Применение методов жидкостной экстракции для генераторов радионуклидов.
4. Ионообменное концентрирование. Механизмы ионного обмена. Основные типы сорбентов. Порядок элюирования.
5. Экстракционная хроматография. Механизмы сорбции в экстракционной хроматографии. Основные типы сорбентов. Примеры практического применения для радиохимического анализа и очистки радионуклидов для ядерной медицины.

6. Методы проточного и мембранного фракционирования. Принципы функционирования устройств. Основные представители мембран. Область применения.
7. Принципы регистрации ионизирующего излучения и типы детекторов. Измерение низких уровней радиоактивности. Фон и холостой эксперимент.
8. Масс-спектрометрическое определение радионуклидов. Преимущества и ограничения метода.
9. Трековые детекторы и метод радиографии для определения радионуклидов. Принципы формирования изображений. Типы детекторов. Примеры использования.

4. Производство изотопов и ядерная медицина

1. Общая характеристика применения радиоактивных излучений в медицине. Ядерная медицина.
2. Общая характеристика методов радионуклидной диагностики. Радионуклиды, используемые для ее проведения (требования к радионуклидам и характерные примеры).
3. Общая характеристика методов радионуклидной терапии. Радионуклиды, используемые для ее проведения (требования к радионуклидам и характерные примеры).
4. Ядерно-физические основы получения радионуклидов в ядерных реакциях с заряженными частицами (кинетика процесса, сечение реакции, влияние на выход энергии частиц, состава и физико-химических свойств мишени). Использование ускорителей для этих целей.
5. Ядерно-физические основы получения радионуклидов в ядерных реакциях с нейтронами (кинетика процесса, сечение реакции, влияние на выход энергии нейтронов, состава и физико-химических свойств мишени). Использование ядерных реакторов для этих целей.
6. Получение ^{18}F . Используемые ядерные реакции, мишени, химические формы стабилизации ^{18}F . Радиофармпрепараты на основе ^{18}F .
7. Получение ^{11}C . Используемые ядерные реакции, мишени, химические формы стабилизации ^{11}C . Радиофармпрепараты на основе ^{11}C .
8. Получение ^{99}Mo и ^{131}I . Преимущества и недостатки различных способов. Применение этих радионуклидов в ядерной медицине.
9. Получение и применение радиоактивных изотопов галлия в ядерной медицине. Радиофармпрепараты на основе изотопов галлия.
10. Радионуклидные генераторы. Общая характеристика. Генераторы ^{90}Y и ^{188}Re .
11. Получение $^{99\text{m}}\text{Tc}$ с помощью радионуклидных генераторов. Радиофармацевтическая химия $^{99\text{m}}\text{Tc}$.
12. Современные требования к производству радиофармпрепаратов. Автоматизация процессов синтеза. Контроль качества.

5. Применение радиоактивных индикаторов

1. Изотопные методы в научных исследованиях. Метод радиоактивных индикаторов (МРИ): принципы применения, достоинства метода, возможные ограничения.
2. Физико-химические особенности поведения индикаторных количеств веществ.
3. Изотопные эффекты и их использование в научных исследованиях.
4. Меченое соединение как основа МРИ. Радионуклиды для МРИ. Общая характеристика

методов получения и выделения.

5. Номенклатура меченых соединений.
6. Общая характеристика методов получения меченых соединений.
7. Изотопный обмен. Его роль в получении меченых соединений и при их применении в МРИ.
8. Причины протекания изотопного обмена. Равнораспределение изотопов. Кинетика гомогенного изотопного обмена. Изотопное разбавление. Степень обмена.
9. Общие принципы химического синтеза меченых соединений.
10. Биосинтез меченых соединений.
11. Ядерно-химические методы синтеза меченых соединений.
12. Специфика метода термической активации трития как способа получения меченых соединений и изучения структуры макромолекул и адсорбционных слоев поверхностно-активных веществ.
13. Радионуклиды биогенных элементов. Общая характеристика свойств, методов регистрации и областей применения.
14. Применение метода радиоактивных индикаторов в аналитической химии.
15. Применение метода радиоактивных индикаторов в физической химии.
16. Применение радиоактивных индикаторов в органической химии и биохимии.
17. Радиометрический анализ. Активационный анализ.

6. Химия актинидов

1. Сходство и различие свойств лантаноидов и актинидов. Актиниды как 5f-элементы. Особенности электронного строения. Лантаноидное и актиноидное сжатие. Причины, следствия.
2. Общая характеристика свойств актинидов в различных степенях окисления. Растворимость, комплексообразование, гидролиз.
3. Природные изотопы тория и области их применения. Важнейшие соединения тория, их получение и области их применения.
4. Кларк урана, изотопный состав, радиоактивность. Применение урана в ядерно-топливном цикле.
5. Степени окисления и ионные формы урана. Окислительно-восстановительные свойства ионов урана. Гомологический ряд оксидов урана и их основные свойства. Схема взаимных превращений оксидов урана. Синтез и свойства уранатов.
6. Роль плутония в ядерно-топливных циклах. Нарботка плутония.
7. Окислительно-восстановительные превращения ионов плутония. Стабилизация плутония в степенях окисления (3+), (4+), (4+) и (6+). Получение и химические свойства диоксида плутония.
8. Получение нептуния. Ионные формы нептуния. Окислительно-восстановительные превращения ионов нептуния. Комплексообразование различных ионов нептуния.

7. Современные методы диагностики материалов

1. Общая классификация методов диагностики материалов.
2. Спектроскопические методы. Явление резонанса. Виды спектров и методы их регистрации.
3. Рентгеновское излучение РФА, РФС, РФЭС, EXAFS, SAXS.

4. Методы исследования, использующие синхротронное излучение.
5. Ядерные методы диагностики материалов.
6. Сверхтонкие взаимодействия. Методы исследования СВЗ.
7. ЯМР, ЯКР. СВЗ в спектрах ЭПР.
8. Мессбауэровская спектроскопия
9. Позитронный распад.
10. Метод угловых $\square\square$ -корреляций.
11. Электронная микроскопия.
12. Ионно-пучковые методы

8. Ядерный топливный цикл

1. Различные ядерные топливные циклы. Преимущества и недостатки. Уран-плутониевый цикл. Ториевый цикл.
2. Уран в природе, его минералы и месторождения. Способы добычи урановых руд, обогатительные и аффинажные процессы. Конечные продукты урановых горно-обогатительных комбинатов.
3. Технология конверсии в UF₆. Химические аспекты конверсии.
4. Виды урана по степени его изотопного обогащения. Математические основы обогатительных процессов. Газодиффузионный способ обогащения. Газоцентрифужный способ обогащения. Лазерно-оптические и электромагнитные процессы обогащения. Сравнение методов обогащения.
5. Виды топливных композиций для фабрикация ядерного топлива. Диоксид урана как основная форма топлива реакторов на тепловых нейтронах. Технологические стадии фабрикация топлива от обогащенного UF₆ до керамического UO₂. Смешанное МОКС и СНУП топливо, особенности производства, преимущества и недостатки. ТВЭЛ и ТВС, их материалы и конструкционные особенности.
6. Физические основы процессов получения энергии при работе реакторной установки. Запаздывающие и мгновенные нейтроны. Сечение реакции деления ядра в зависимости от энергии налетающих нейтронов. Накопление продуктов деления ядра и продуктов захвата нейтронов ядром. Деградация топлива при облучении, радиационные повреждения материала топлива и конструкционных материалов.
7. Классификация реакторов на установки на тепловых и быстрых нейтронах. Типы реакторов на тепловых нейтронах по виду замедлителя, теплоносителя и топлива. Основы конструкции реакторов ВВЭР и РБМК, их отличия. Реакторы на быстрых нейтронах, их особенности, основы конструкции реакторов типа БН и БРЕСТ.
8. Хранение и выдержка ОЯТ, виды хранилищ. Транспортировка ОЯТ, понятие о транспортно-упаковочном контейнере. Классификация способов вскрытия ТВЭЛ. Метод «рубка-выщелачивание», стадия рубки. Стадия растворения ОЯТ, условия процесса. Осветление растворов после растворения. Возможные модификации головной операции переработки ОЯТ.
9. Историческая ретроспектива процессов переработки ОЯТ. Пурекс-процесс. Виды используемых восстановителей. Деградация ТБФ и его регенерация. Поведение Np, Tc, Ru, Zr в Пурекс-процессе. Улучшенный (Advanced) Пурекс-процесс.
10. Переработка рафината Пурекс-процесса, обоснование с точки зрения радиотоксичности. Основные проблемы разделения. Процессы извлечения Cs-Sr, их основы. Извлечение Am-Cm,

используемые для этого системы.

11. Классификация РАО, образующихся в ЯТЦ по их агрегатному состоянию и активности. Глубинное захоронение. Принцип многобарьерной защиты окружающей среды при захоронении. Типы вмещающих пород глубинных хранилищ. Материалы контейнеров для захоронения. Виды матриц для иммобилизации ВАО: стекло, цемент, керамические матрицы, их преимущества и недостатки. Способы оценки нестойкости матриц: степень выщелачивания и прочность.

12. Пирохимические технологии переработки ОЯТ. Необходимость их использования и область применения. Газофторидная технология, её физико-химические основы, преимущества и недостатки. Пироэлектрхимическая переработка в расплавах солей, классификация методов. Переработка оксидного топлива с графитовым катодом (DDP-процесс). Переработка металлического топлива с жидкометаллическим катодом. Поведение продуктов деления в этих процессах, очистка электролита.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков Радиохимия. М.: Лань. 2013, 304 с
2. Г. Чоппин, Я. Ридберг. Ядерная химия. Основы теории и применения. М.: Энергоатомиздат, 1984, 304 с.
3. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. Бином, 2006, 268 с.
4. 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.
5. В.Б.Лукьянов, С.С.Бердонос, И.О.Богатырев, К.Б.Заборенко, Б.З.Иофа. Радиоактивные индикаторы в химии. Основы метода. М.: Высшая школа, 1985, 287 с.
6. Ан.Н. Несмеянов. Радиохимия. 2-е изд., перераб. М.: Химия, 1978. 560 с.
7. И. Н. Бекман. Радиохимия. Том 1. Радиоактивность и радиация. Учебное пособие. Издательство ОНТОПРИНТ, 2011 - 398 с.
8. И.Н.Бекман. Радиохимия. Том 2. Радиоактивные элементы. Учебное пособие. Издательство ОНТОПРИНТ, 2014 - 400 с.
9. И.Н.Бекман. Радиохимия. Том 4. Ядерная индустрия и промышленная радиохимия. Учебное пособие. Издательство ОНТОПРИНТ, 2013 - 400 с.
10. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений: справочник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1995. 496 с.
11. Иванов В.И. Курс дозиметрии. 4-изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1988. 400 с.
12. С.П. Ярмоненко, А.А. Вайнсон. Радиобиология человека и животных. М.: Высшая школа. 2004. 549 с.
13. Кнотько А.В., Пресняков И.А., Третьяков Ю.Д. Химия твердого тела, Москва, изд-во Академия, 2006, 302 с.
14. Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин. Физические методы исследования в химии, Москва, Высшая школа, 1987, 368 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. В.Д. Нефедов, Е.Н. Текстер, М.А. Торопова. Радиохимия. М.: Высшая школа. 1987, 267 с.
2. Сарычева Л.И. Введение в физику микромира – физика частиц и ядер. НИИЯФ МГУ, 2008,

221 с.

3. Золотов Ю.А. Экстракция в неорганическом анализе. – М.: Издательство МГУ. 1988. 82 с.
 4. Золотов Ю.А. Экстракция внутримомплексных соединений. М.: Наука. 1968. 295 с.
 5. Ершова О.Д., Ишханов Б.С., Капитонов И.М. Взаимодействие частиц и излучений с веществом. Учебное пособие. М., изд-во МГУ, 2007, 71 с.
 6. Болоздыня А.И., Ободовский И.М. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. М.: изд-во Интеллект, 2012, 208 с.
 7. Чернышева М.Г., Бадун Г.А. Меченые соединения в физико-химических и биохимических исследованиях. Лекции и практикум. М.: изд-во Московского университета, 2018, 56 с.
 8. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. 5-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1999. 520 с.
 9. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010)
 10. Нормы радиационной безопасности (НРБ – 99/2009)
 11. Биохимия. Под ред. Е.С.Северина. М. ГЭОТАР-Медиа. 2004. 784 с.
 12. Иванов В.К., Цыб А.Ф. Медицинские радиологические последствия Чернобыля для населения России: оценка радиационных рисков. М.: Медицина, 2002. 392 с.
 13. Беспалов В.И. Лекции по радиационной защите. 3-е изд., испр. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2011. 348 с.
 14. Защита от ионизирующих излучений: В 2 т. /Под ред. Н. Г. Гусева. Т. 1: Физические основы защиты от излучений / Н. Г. Гусев, В. А. Климанов, В. П. Машкович, А. П. Суворов. - М. : Энергоатомиздат, 1989. 509 с.
 15. Ленинджер А. Основы биохимии. Том 1 В 3-х т. Т .1. Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 367 с.
 16. Н.В.Тимофеев-Ресовский, А.В.Савич, М.И.Шальнов. Введение в молекулярную радиобиологию. М. Медицина. 1981. 320 с.
 17. А. К. Пикаев. Современная радиационная химия: Основные положения. Эксперим. техника и методы Отв. ред. В. И. Спицын. - М.: Наука, 1985. - 374 с.
 18. Тальдеши Ю. Радиоаналитическая химия. 1987. 184 с.
 19. А. К. Пикаев. Современная радиационная химия. Радиолит жидкостей и газов. М.: "Наука", 1986. 439 с.
 20. Соболев А.В., Пресняков И.А. Магнетизм и основы мессбауэровской спектроскопии, Москва, МГУ, 2011, 44 с.
- Интернет-ресурсы: <http://nucleardata.nuclear.lu.se/database/nudat/>
<http://cdfc.sinp.msu.ru/exfor/index.php>
<http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/setToolTips.jsp?toolTips=on>

**Примерные темы для вступительного испытания по программе
Кинетика и катализ (104-01-00-1414-хн)**

I. СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ И СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

1. Квантово-химическое описание молекулярных систем. Уравнение Шредингера. Электронное волновое уравнение. Метод молекулярных орбиталей. Атомные и молекулярные орбитали, симметрия молекулярных орбиталей.
2. Адиабатическое приближение. Потенциальные кривые и потенциальные поверхности.

Равновесная геометрия молекулы, энергия диссоциации. Методы расчета поверхности потенциальной энергии. Понятие о молекулярной динамике.

3. Строение координационных соединений. Теория кристаллического поля, теория поля лигандов.

4. Взаимодействие молекулы с электромагнитным полем. Переходы, поглощение, испускание, рассеяние излучения. Дипольный момент. Простейшие правила отбора; принцип Франка – Кондона.

5. Понятие электронного и ядерного спина и методы спинового резонанса. Информация о структуре молекул, получаемая методами ЯМР и ЭПР.

II. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

1. Основные понятия феноменологической термодинамики. Термодинамические свойства систем. Интенсивные и экстенсивные величины. Функции состояния. Уравнения состояния.

2. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия. Теплоемкости. Закон Гесса, уравнение Кирхгоффа. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Неравенство Клаузиуса. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Термодинамические потенциалы и характеристические функции. Фундаментальное уравнение Гиббса. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Теорема Нернста, постулат Планка. Стандартные термодинамические функции веществ.

3. Критерии термодинамического равновесия, устойчивость равновесия, фазовые и химические равновесия.

4. Растворы. Парциальные термодинамические величины. Химический потенциал. Летучесть и активность. Закон действующих масс, константа равновесия. Уравнение изотермы химической реакции, зависимость константы равновесия от температуры и давления.

5. Гетерогенные системы. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Химические реакции в гетерогенных системах.

6. Термодинамика поверхностных явлений. Адсорбция. Изотермы адсорбции Гиббса и Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция, изотерма БЭТ. Адсорбционные методы исследования дисперсных систем.

7. Микро- и макросостояния системы. Суммы по состояниям. Расчет констант равновесия методами статистической термодинамики.

III. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

1. Основные понятия феноменологической кинетики. Элементарные (простые) и сложные реакции. Молекулярность, скорость элементарной реакции. Кинетический закон действующих масс. Константа скорости.

2. Прямые и обратные задачи в химической кинетике. Различные способы определения скорости химической реакции в закрытых и открытых системах. Кинетическая кривая, кинетическое уравнение. Порядок реакции, методы определения порядка реакции. Кинетические уравнения для простых реакций. Среднее время жизни молекулы, время полупревращения.

3. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации, методы ее определения.

4. Сложные химические реакции. Принцип независимости в химической кинетике. Методы

решения прямой кинетической задачи для сложных реакций. Обратимые, параллельные, последовательные и автокаталитические реакции. Принцип детального равновесия.

5. Квазистационарное приближение. Метод стационарных концентраций, метод маршрутов. Квазиравновесное приближение. Лимитирующая стадия.

6. Кинетика гомогенных каталитических и ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен, константа Михаэлиса, максимальная скорость. Конкурентное и неконкурентное ингибирование.

7. Кинетика гетерогенных каталитических реакции. Уравнение Ленгмюра-Хиншельвуда. Адсорбционный коэффициент. Влияние процессов переноса.

8. Цепные реакции. Основные стадии. Неразветвленные цепные реакции. Уравнение Боденштейна-Линда. Разветвленные цепные реакции. Пределы воспламенения.

9. Теория активных столкновений. Обмен энергией при неупругих столкновениях. Молекулярное рассеяние. Сечение химических реакций. Модель жестких сфер, уравнение Траутца-Льюиса. Микроскопическая и макроскопическая константы скорости. Метод молекулярных пучков.

10. Теория активированного комплекса. Основное уравнение теории активированного комплекса. Расчет предэкспоненциального множителя и энергии активации по молекулярным параметрам. Свободная энергия, энтальпия и энтропия активации. Стерический фактор.

IV. КАТАЛИЗ

1. Феноменология катализа. Классификация каталитических реакций и катализаторов. Основные характеристики катализаторов и каталитических процессов: активность, селективность, стабильность, число оборотов (TOF и TON).

2. Кинетический и термодинамический аспекты катализа. Активные центры гетерогенных катализаторов и ферментов. Активаторы, каталитические яды и ингибиторы.

3. Кислотно-основной катализ. Механизм кислотно-основного катализа, общий и специфический кислотный катализ. Бренстедовская и льюисовская кислотности и основности. Уравнение Гамета, функция кислотности Гамета. Катализ суперкислотами.

4. Ферментативный катализ. Структурная организация ферментов. Адсорбционные и каталитические центры ферментов. Конформационные эффекты. Субстратная селективность. Ингибиторы ферментов. Коферменты.

5. Гетерогенный катализ. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций с диффузионными ограничениями. Возможные лимитирующие стадии. Внешняя диффузия. Внутренняя диффузия и диффузионное торможение. Кинетика реакций во внутренней диффузионной области. Энергия активации и порядок реакции в кинетической и внутридиффузионной области. Размерность константы скорости.

6. Теории катализа. Теория Баландина. Геометрическое соответствие. Энергетическое соответствие. Теория Кобозева. Активные ансамбли.

7. Основные типы каталитических процессов: крекинг, алкилирование, изомеризация, диспропорционирование, гидрирование, карбонилирование, олигомеризация, полимеризация, окисление, каталитические синтезы на основе одноуглеродных молекул, синтез метанола, синтез Фишера-Тропша. Механизмы действия катализаторов.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

- 1) Еремин В.В., Каргов С.А., Успенская И.А. Основы физической химии. Теория. Т.1., М.: Лаборатория знаний, 2021
- 2) Эткинс П., де Паула Дж. Физическая химия. М.: Мир, 2007
- 3) Романовский Б.В. Основы катализа. М.: Лаборатория знаний, 2020
- 4) Романовский Б.В. Основы химической кинетики. М.: Экзамен, 2006
- 5) Эммануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. 4-е изд. М.: Высшая школа. 1984
- 9) Экспериментальные методы химии высоких энергий / под ред. М.Я. Мельникова. М.: Изд-во МГУ, 2009.
- 10) Денисов Е.Т.. Кинетика гомогенных химических реакций. Москва, Высшая школа, 1988, 391 с.
- 11) Эйринг Г., Лин С.Г., Лин С.М.. Основы химической кинетики. Москва, Мир, 1983, 528 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

- 1) Дуров В. А., Агеев Е. П. Термодинамическая теория растворов. 2-е изд., М.: УРСС Едиториал, 2003

Примерные темы для вступительного испытания по программе Химия твердого тела (104-01-00-1415-хн)

1. Кристаллическое и электронное строение твердых тел

Основные понятия кристаллохимии. Факторы, определяющие строение неорганических соединений: стехиометрия, природа химической связи и размеры атомов (ионов). Правила Лавеса, Магнуса-Гольдшмидта и Полинга. Методы валентных усилий и валентности связи.

Плотнейшие упаковки и типы пустот. Основные структурные типы, построенные на основе плотнейших упаковок и их взаимосвязь. Структурные типы соединений со стехиометрией AX : $NaCl$, $NiAs$, ZnS , $CsCl$. Описание структур типа корунда, рутила, флюорита, ReO_3 и их производных (семейство голландитов, пироклор, неорганические бронзы.)

Структуры сложных оксидов со стехиометрией AB_2O_4 (шпинель и оливин) и ABO_3 (перовскит и ильменит). Факторы, определяющие структуру шпинелей и перовскитов. Особенности строения силикатов.

Дефекты кристаллических твердых тел. Типы дефектов. Точечные дефекты. Равновесные и неравновесные дефекты. Описание дефектообразования в квазихимическом приближении. Взаимодействие дефектов, ассоциация. Протяженные дефекты, дислокации. Физико-химические свойства, зависящие от дефектного состояния твердых тел. Дефекты и диффузия. Дефекты упаковки. Структуры срастания. Нестехиометрия твердых тел, ее взаимосвязь с дефектностью. Структуры кристаллографического сдвига.

Типы химической связи в твердом теле. Ван-дер-ваальсово взаимодействие в молекулярных кристаллах, клатраты. Ионная модель строения кристаллов, константа Маделунга, энергия ионной решетки. Цикл Борна-Габера и термодинамические расчеты. Основы теорий кристаллического поля и поля лигандов применительно к твердым телам.

Зонная структура кристаллов. Образование зон в результате перекрывания орбиталей. Уровень Ферми. Химический потенциал. Заселенность зон, ее влияние на электрофизические свойства кристаллов. Валентная зона, запрещенная зона, зона проводимости. Металлы и диэлектрики. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость. Общие представления о методах расчета зонной структуры кристаллов. Границы применимости зонной модели.

2. Фазовые диаграммы, фазовые переходы.

Правило фаз Гиббса. Основные типы конденсированных Т-Х фазовых диаграмм двухкомпонентных систем (с простой эвтектикой, с образованием промежуточных соединений постоянного и переменного состава, с неограниченными и ограниченными твердыми растворами, с полиморфизмом компонентов и соединений.) Основные неинвариантные равновесия эвтектического типа (эвтектика, эвтектоид, монотектика, монотектоид). Неинвариантные равновесия перитектического типа (перитектика, перитектоид, синтектика). Топологические правила построения фазовых диаграмм бинарных систем.

Термодинамическая классификация фазовых переходов. Стабильные и метастабильные фазы. Представление фазовых переходов на диаграммах состояния. Конденсированные системы. Кинетика фазовых переходов. Зародышеобразование, критический размер зародыша, рост зародышей. Диаграммы температура-время-превращение. Мартенситные превращения. Переходы типа порядок-беспорядок.

3. Методы синтеза твердых тел.

Прямой синтез соединений из простых веществ. Твердофазный синтез и его особенности. Использование механохимической активации. Химические методы гомогенизации. Золь-гель метод. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ.

Гидротермальный синтез. Синтез с использованием сверхкритических растворителей.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Применение вакуума, высоких давлений в синтезе. Электрохимические методы синтеза.

Способы получения твердых аморфных веществ и стекол. Методы получения твердых фаз в наноразмерном состоянии.

4. Методы изучения состава и структуры твердых тел.

Дифракция рентгеновских лучей в кристалле, закон Брэгга-Вульфа. Монокристалльные и порошковые методы исследования. Определение параметров элементарных решеток, размеров областей когерентного рассеяния. Определение кристаллических структур с использованием дифракционных данных. Количественный рентгенофазовый анализ, основные принципы.

Электронная микроскопия: принципы и возможности сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии. Локальный рентгеноспектральный анализ, атомно-эмиссионная спектроскопия.

Электрон-электронные взаимодействия. Оже-электронная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Анализ состава поверхности твердых тел. Спектральные методы: колебательная спектроскопия, ИК- и КР- спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), масс-

спектрометрические методы. Термический анализ.

5. Функциональные материалы.

Керамика. Основные закономерности, механизмы и способы спекания. Методы получения плотной и пористой керамики. Свойства, определяемые микроструктурой и структурой границ зерен керамики.

Ионная проводимость и твердые электролиты. Суперионные проводники с катионной, кислород-ионной и галогенид-ионной проводимостью. Смешанные ионно-электронные проводники. Применение твердых электролитов и смешанных проводников в электрохимических устройствах (источники тока, топливные элементы, химические датчики, селективные мембраны).

Магнитные свойства твердых тел и магнитные материалы. Фундаментальные и функциональные параметры. Структурная чувствительность магнитных свойств. Классификация магнитных материалов, основные структуры и свойства (металлы и сплавы, оксиды переходных металлов, магнитная керамика: шпинели, гранаты, перовскиты, гексаферриты). Применения.

Сверхпроводники. Понятие критической температуры, критического тока, критического магнитного поля. Сверхпроводники I и II рода. Низкотемпературные и высокотемпературные сверхпроводники, их критические характеристики, сферы применения.

Монокристаллические материалы, их роль в науке и технике. Методы получения монокристаллов.

Аморфные материалы и стекла. Факторы, влияющие на стеклообразование. Оксидные и халькогенидные стекла. Электропроводящие стекла. Металлические стекла. Стеклокерамика. Ситаллы, возможности управления их структурой и свойствами. Различные области применения стекол.

Рекомендованная литература

ОСНОВНАЯ

1. А. Вест. Химия твердого тела, М., Мир, 1988.
2. А.В. Кнотко, И.А. Пресняков, Ю.Д. Третьяков. Химия твердого тела, М., Академия, 2006.
3. Р. Хоффман. Строение твердых тел и поверхностей: взгляд химика-теоретика, М., Мир, 1990.
4. Ч.Н.Р. Рао, Дж. Гопалакришнан. Новые направления в химии твердого тела, Новосибирск, Наука, 1990.
5. А. Драго. Физические методы в химии, М., Мир, 1981.
6. Ю.Д. Третьяков, В.И. Пугляев. Введение в химию твердофазных материалов. М.: Изд-во Московского университета: Наука, 2006.
7. А.К.Иванов-Шиц, И.В.Мурин. Ионика твердого тела, Том 1 и 2. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2000 и 2010 гг.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Уэллс А. Структурная неорганическая химия. Т. 1-3. М.: Мир, 1987 - 1988.
2. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. М., 1993.
3. Жуковский В.М., Петров А.Н. Введение в химию твердого тела. Свердловск, 1978.

**Примерные темы для вступительного испытания по программе
Медицинская химия (104-01-00-1416-хн)**

1. Основы строения органических соединений. Примеры структур лекарственных веществ.

Классификационные признаки органических соединений – функциональная группа и строение углеродного скелета. Их роль в обеспечении физиологической активности вещества. Номенклатура органических соединений. Основные принципы номенклатуры ИЮПАК. Примеры структур лекарственных веществ.

Строение органических соединений. Гибридизация атома углерода. Ковалентные s- и p-связи. Сопряженные системы и делокализованная химическая связь. Примеры сопряженных систем в фармакологии и биохимии. Ароматичность. Правило Хюккеля. Резонанс.

Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений. Пространственные и электронные эффекты. Полярность связи. Индуктивный эффект. Мезомерный эффект. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Внутри- и межмолекулярные взаимодействия в органических соединениях (донорно-акцепторные взаимодействия, водородные связи). Водородные связи в биологических молекулах и в молекулах лекарственных веществ.

Примеры органических кислот и оснований. Факторы, определяющие кислотность и основность. Амины как основания и нуклеофилы. Важность параметра кислотности для выделения лекарственных веществ из смесей и фармакокинетических свойств лекарств.

Основы стереохимии. Конфигурация и конформация. Проекционные формулы Ньюмена для конформеров. Энергетическая характеристика заслоненных и заторможенных конформаций открытых цепей.

Конформации циклических систем. Строение циклопропана, циклобутана, циклопентана и циклогексана. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом.

Аксиальные и экваториальные связи в креслообразной конформации циклогексана. Конформеры циклогексана. Конформации моно- и дизамещенных производных циклогексана. Конформационные особенности циклогексена.

Бициклические соединения на примерах цис- и транс-декалинов. Полициклические соединения, спираны. Запрет Бредта для мостиковых систем (типа норборнена). Понятие о каркасных углеводородах на примере адамантана.

Геометрические (E,Z) изомеры.

Хиральные и ахиральные молекулы. Проекционные формулы Фишера для изображения пространственного строения молекул. Оптическая активность энантиомеров. Рацематы. R,S-формы. Хиральность без хирального центра. Представление о фармакологических свойствах энантиомеров.

2. Основные методы идентификации органических (в том числе лекарственных) соединений.

Общая характеристика физико-химических методов, основанных на взаимодействии излучения с веществом. Спектральные и дифракционные методы. Примеры их использования для доказательства строения органических веществ и определения подлинности лекарственных препаратов.

Колебательная спектроскопия: природа ИК-спектров, характеристические частоты поглощения. Представления о технике эксперимента и методах приготовления проб в ИК-спектроскопии. Функциональный анализ на основе характеристических частот.

Электронная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях: природа спектров, типы электронных переходов, понятие о хромофорных группах. Применения электронной спектроскопии в органической химии.

Спектроскопия ЯМР. Представления о сущности и технике эксперимента. Магнитное экранирование ядер. Константа экранирования и химический сдвиг. Эталонирование спектров. Прямое и косвенное спин-спиновое взаимодействия. Относительные интенсивности сигналов. Шкала химических сдвигов ^1H в органических соединениях. Химические сдвиги ^{13}C для органических молекул.

Влияние физических факторов на экранирование ядер. Химические сдвиги и строение молекул. Химическая и магнитная эквивалентность ядер, симметрия и хиральность – их проявления в спектрах ЯМР. Выявление гомотопных, энантиотопных и диастереотопных групп по спектрам ЯМР. Константы косвенного спин-спинового взаимодействия (КССВ) $^nJ_{\text{HH}}$ и строение молекул. Спектры ЯМР первого порядка. Спиновые системы AX, AX₂, AX_n, AMX. Простые правила мультиплетности. Спектры ЯМР с магнитно неэквивалентными ядрами AA₁XX₁ и AA₁MM₁X. Геминальные $^2J_{\text{HH}}$, вицинальные $^3J_{\text{HH}}$ и дальние КССВ H-C-H. Зависимость вицинальных КССВ от двугранного угла (кривая Карплуса) и ее использование в конформационном анализе. Константы ССВ ^{13}C - ^1H . Двойной гомоядерный и гетероядерный резонанс.

Масс-спектрометрия, области ее применения. Типы масс-спектрометров. Разрешающая способность. Масс-спектры положительных и отрицательных ионов. Масс-спектрометрия высокого разрешения. Способы ионизации. Молекулярный ион и его фрагментация. Вид масс-спектра. Хромато-масс-спектрометрия. Методы установления элементного состава соединения в спектре на основании данных по природному содержанию стабильных изотопов элементов по кластеру пика молекулярного иона.

3. Реакции органических соединений. Часть I.

Классификация органических реакций. Радикальные реакции. Образование радикалов. Строение и стабильность радикалов. Галогенирование (хлорирование и бромирование) алканов. Стереохимия радикальных реакций. Галогенирование в алкилзамещенных бензолах. Антиоксиданты как ингибиторы радикальных процессов в фармакологии.

Электрофильное присоединение к алкенам. Присоединение галогенов, галогеноводородов, карбенов, гидратация, гидрирование, гидроборирование. Присоединение карбокатионов и его роль в формировании стероидной структуры в живом организме. Перегруппировки карбокатионов. Присоединение галогеноводородов к алкинам.

Электрофильное присоединение к сопряженным системам. Понятие о кинетическом и термодинамическом контроле.

Реакция Дильса-Альдера ([4+2]-циклоприсоединение) как метод создания шестичленного цикла. Диен и диенофил. о-Хинодиметаны в качестве диенов, их генерирование. Типы реакции Дильса-Альдера: карбо-реакция, гетеро-реакция, 1,4-циклоэлиминирование. Ретро-реакция. Катализ в реакции Дильса-Альдера. Стереохимия реакции Дильса-Альдера,

эндо-правило. Региоселективность циклоприсоединения в случае несимметричных диенов и диенофилов. Региоселективность гетеро-реакции. Пример использования реакции Дильса – Альдера для синтеза лекарственного препарата.

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода как метод создания связей углерод-углерод, углерод-галоген, углерод-азот, углерод-фосфор. Классификация механизмов нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода (S_N1 - и S_N2 -механизмы). Основные характеристики бимолекулярного и мономолекулярного механизмов. Зависимость механизма реакции от структуры исходного соединения. Понятие нуклеофильности и факторы, определяющие нуклеофильность реагента. Принцип ЖМКО. Роль растворителя в S_N1 - и S_N2 -процессах. Реакции нуклеофильного замещения S_N2 -типа. Кинетика, стереохимия.

Примеры реакций: получение аминов, нитрилов, эфиров карбоновых кислот, простых эфиров, тиоэфиров, алкилгалогенидов, нитросоединений и других классов органических соединений. Амбидентные анионы. Кинетика и стереохимия S_N2 -реакций. Влияние строения радикала, уходящей группы исходного субстрата и природы растворителя на скорость реакции. Межфазный катализ в S_N2 -процессах.

Методы синтеза алкилгалогенидов из спиртов, алкенов, алканов, других алкилгалогенидов, алкилсульфонатов и др.

Реакции S_N1 типа. Кинетика, стереохимия. Зависимость S_N1 -процесса от природы радикала, уходящей группы и растворителя. Наиболее распространенные уходящие группы в биохимических процессах. Карбокатионы и факторы, влияющие на их устойчивость. Перегруппировки карбокатионов.

Реакции β -элиминирования. Классификация механизмов β -элиминирования. Региоселективность $E2$ элиминирования. Правила Зайцева и Гофмана. Факторы, определяющие направление элиминирования. Стереохимия $E2$ элиминирования: *син*- и *анти*-процессы.

Конкуренция $E1$ и S_N1 , $E2$ и S_N2 реакций. Факторы, влияющие на эту конкуренцию. Использование реакций элиминирования в синтетической практике для получения алкенов, алкинов и диенов.

3. Реакции органических соединений. Часть II.

Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе воды, спиртов и тиолов (кислотный и основной катализ). Защита карбонильной группы.

Получение бисульфитных производных, циангидринов (оксинитрилов) и ацетиленовых спиртов. Взаимодействие карбонильных соединений с аммиаком (на примере уротропина), первичными и вторичными аминами. Енамины, их получение и алкилирование. Оксимы, гидразоны, арилгидразоны. Реакции карбонильных соединений с металлоорганическими реагентами.

Кето-енольная таутомерия кетонов. Енолы кетонов в реакциях галогенирования, изотопного обмена и рацемизации хиральных кетонов. Кислотный и основной катализ этих реакций.

Енолят-ионы. Методы генерирования енолятов с помощью алкоголятов и амидов щелочных металлов. Применение пространственно-затрудненных амидов. Получение

енолятов из силиловых эфиров енолов (реакция Сторка) и α,β -непредельных альдегидов и кетонов. Строение енолятов (олигомерные структуры). Кинетически- и термодинамически контролируемые процессы енолизации, условия их осуществления.

Алкилирование енолятов. Влияние полярности растворителя на региоселективность процесса (О- и С-алкилирование). Принцип ЖМКО. Равновесие между α,β - и β,γ -енонами. Алкилирование и ацилирование енолят-ионов. Использование формильных (гидроксиметиленовых) производных для региоселективного алкилирования кетонов. Кето-енольная таутомерия 1,3-дикетонов и 1,3-кетоэфиров на примере ацетилацетона и ацетоуксусного эфира.

Взаимодействие карбонильных соединений с илидами фосфора (реакция Виттига). Область применения реакции Виттига в органическом синтезе. Механизм и стереохимия реакции.

Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов и алканов. Реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена. Диспропорционирование альдегидов по Канниццаро (механизм). Перекрестная реакция Канниццаро. Восстановительное аминирование карбонильных соединений. Восстановление альдегидов и кетонов комплексными гидридами алюминия и бора: алюмогидрид лития, борогидрид натрия, алкоксиалюмогидриды. Окисление карбонильных соединений. Окисление кетонов перекислотами по Байеру-Виллигеру. Стереоселективность реакции.

Альдольная конденсация, ее механизм. Внутри- и межмолекулярная реакции. Дегидратация альдолей как метод синтеза α,β -ненасыщенных карбонильных соединений. Перекрестная альдольная конденсация ароматических альдегидов или формальдегида с алифатическими альдегидами и кетонами.

Конденсация альдегидов (кетонов) и соединений с “активной метиленовой группой” (реакция Кневенагеля).

Аминометилирование альдегидов и кетонов по Манниху. Реакция альдегидов и кетонов с цинковыми производными сложных эфиров (реакция Реформатского). Бензоиновая конденсация ароматических альдегидов, область применения и механизм реакции. Сопряженное присоединение енолятов к α,β -енонам (реакция Михаэля).

α,β -Непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление аллиловых спиртов и др. Сопряжение карбонильной группы с двойной углерод-углеродной связью. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, триалкилборанов, диалкил- и диарилкупратов, аминов, цианистого водорода, галогеноводородов. Эпоксидирование α,β -непредельных кетонов по связи $C=C$.

Сопряженное присоединение енолятов к α,β -непредельным альдегидам и кетонам. Реакция Михаэля, механизм. Доноры и акцепторы Михаэля. Катализаторы реакции, ее обратимость. Ретро-реакция. Енамины как доноры Михаэля. Термическая реакция Михаэля. Основания Манниха и другие синтетические эквиваленты акцепторов Михаэля.

Реакции аннелирования. Вариант Робинсона. Применение β -хлоркетонов и оснований Манниха. Енамины в реакциях аннелирования.

3. Реакции органических соединений. Часть III.

Реакции карбоновых кислот. Декарбоксилирование, пиролиз солей, галогенирование по Геллю-Фольгарду-Зелинскому. Электролиз солей карбоновых кислот (реакция Кольбе), синтез алкилбромидов и иодидов по Хундиккеру. Непредельные карбоновые кислоты: акриловая, метакриловая, олеиновая, элаидиновая, их свойства и применение. Незаменимые жирные кислоты.

Производные карбоновых кислот: ангидриды, галогенангидриды, сложные эфиры, амиды, нитрилы, соли. Галогенангидриды. Получение с помощью галогенидов фосфора, тионилхлорида. Взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, гидразин, металлоорганические соединения). Восстановление до альдегидов (по Розенмунду и комплексными гидридами металлов).

Сложные эфиры. Методы получения: этерификация карбоновых кислот (механизм), ацилирование спиртов и алкоголятов ацилгалогенидами и ангидридами, алкилирование карбоксилат-анионов, реакции кислот с diazometаном, алкоголиз нитрилов. Лактоны и методы их синтеза. Синтез ортоэфиров. Реакции сложных эфиров: гидролиз (механизм кислотного и основного катализа), аммонолиз, переэтерификация, реакции с металлоорганическими соединениями, восстановление до спиртов и альдегидов.

Ангидриды. Методы получения и реакции ангидридов кислот. Нитрилы: методы получения и реакции гидролиза, восстановления до аминов и альдегидов, взаимодействия со спиртами, аминами (синтез амидинов).

Амиды. Методы получения: ацилирование аммиака и аминов, пиролиз карбоксилатов аммония, синтез из нитрилов, изомеризация оксимов по Бекману. Синтез циклических амидов (лактамов). Свойства: гидролиз, восстановление до аминов. Дегидратация амидов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса.

Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Механизм реакции. Внутримолекулярная конденсация сложных эфиров двухосновных кислот по Дикману. Конденсация кетонов со сложными эфирами как метод синтеза 1,3-дикетонов. Синтезы с ацетоуксусным эфиром. Ацилоиновая конденсация сложных эфиров. Синтезы с малоновым и ацетоуксусными эфирами: получение карбоновых кислот и кетонов.

Синтез и свойства органических производных угольной кислоты – эфиров, хлорэфиров, карбаматов. Гуанидин, его основность. Ксантогенаты.

Двухосновные карбоновые кислоты. α,β -Непредельные карбоновые кислоты, методы их синтеза: дегидратация β -гидроксикислот, конденсации Перкина (синтез коричных кислот) и Кневенагеля, реакция Виттига. Свойства α,β -непредельных карбоновых кислот: реакции присоединения по двойной связи $C=C$ (включая реакцию Михаэля). Стереохимия присоединения галогена и гидроксирования по Прилежаеву (перкислоты) и по Вагнеру (перманганат).

Причина возможной канцерогенности акцепторов Михаэля.

3. Реакции органических соединений. Часть IV.

Реакции ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме. Представление о σ - и π -комплексах. Индуктивные и мезомерные эффекты заместителей. Согласованная и несогласованная ориентация.

Нитрование ароматических соединений. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и замещенных бензолов. Понятие об ипсо-атаке и ипсо-замещении в реакции нитрования. Сульфирование ароматических соединений. Сульфирующие агенты. Механизм реакции. Превращения сульфогруппы. Галогенирование (хлорирование и бромирование) бензола и замещенных производных бензола. Галогенирующие агенты. Механизм реакции и природа электрофильного агента галогенирования. Иодирование аренов. Введение фтора в ароматические соединения.

Реакции алкилирования аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты, механизм реакции. Полиалкилирование. Реакции изомеризации в процессах алкилирования по Фриделю-Крафтсу.

Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования в о- и п-положения. Электрофильное формилирование аренов: реагенты формилирования, механизм реакций и применение их в органическом синтезе.

Синтез нестероидного противовоспалительного препарата ибупрофена с использованием реакции Фриделя-Крафтса.

Примеры электрофильного замещения в полициклических ароматических соединениях.

Реакции диазотирования и азосочетания для ароматических соединений. Их использование в фармацевтической практике (на примере анализа стрептоцида).

Общие представления о механизме ароматического нуклеофильного замещения. Механизм присоединения-отщепления (S_NAr). Примеры S_NAr реакций и активирующее влияние электроноакцепторных заместителей. Анионные σ -комплексы Мейзенгеймера и их строение. Использование S_NAr реакций в органическом синтезе.

Механизм отщепления-присоединения на примере превращения галогенбензолов в фенолы и ароматические амины. Методы генерирования и фиксации дегидробензола. Строение дегидробензола.

Примеры реакций нуклеофильного ароматического замещения. Тест Циммермана на кетостероиды в клинической биохимии.

4. Химия гетероциклических соединений.

Неароматические гетероциклы, их получение и специфические свойства. Примеры лекарственных веществ с неароматическими гетероциклами.

Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом: фуран, тиофен, пиррол. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений по Паалю-Кнорру.

Ароматичность пятичленных гетероциклов. Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Ориентация электрофильного замещения и ее объяснение. Пиррол как NH-кислота. Пиррол-калий и пиррол-магний галогениды, их реакции с электрофильными реагентами. Пиррол как структурная единица порфиринов. Понятие о строении и биохимической роли гемоглобина. Синтез антибактериального препарата фурацилина.

Индол. Синтез производных индола из арилгидразинов и кетонов по Фишеру. Механизм реакции. Реакции электрофильного замещения в пиррольном кольце индола: нитрование,

формилирование, галогенирование, аминометилирование по Манниху. Производные индола в биосистемах: триптофан, серотонин, мелатонин.

Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом: пиридин и хинолин. Пиридин. Ароматический характер пиридина, сравнение с пирролом и бензолом. Пиридин как основание. Реакции с галогеналканами. Реакции электрофильного замещения в пиридине: нитрование, сульфирование, галогенирование. *N*-Оксид пиридина и его использование в реакции нитрования. Подвижность атома галогена в пиридиновом ядре в реакциях с нуклеофилами.

Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилинов по Скраупу и Дебнеру–Миллеру. Хинолин как основание. Взаимодействие хинолина с галогеналканами. Реакции электрофильного замещения в хинолине: нитрование, сульфирование и галогенирование.

Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине и хинолине в реакциях с амидом натрия, гидроксидом калия и фениллитием.

Таутомерия 2- и 4-гидроксипиридинов и хинолинов. 2-Метилпиридины и хинолины как метиленовые компоненты в конденсациях с альдегидами. Представление о структурах никотина, никотинамида, НАДН и НАД⁺. Антибиотики хинолинового ряда.

Шести- и пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами (пиримидин, пиразол, имидазол, тиазин, оксазол). Кислотно-основные и другие свойства. Таутомерия гидрокси- и аминопиримидинов. Примеры лекарственных веществ, содержащих пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами.

5. Строение и основные химические свойства групп биологически значимых органических соединений.

Моносахариды. Классификация и стереохимия. Тетрозы, пентозы и гексозы. Альдозы и кетозы. Стереохимия альдоз в проекциях Фишера и Хеуорса. Глюкоза. Циклические полуацетальные формы глюкозы: глюкопиранозы и фуранозы. Аномеры. Аномерный эффект. Мутаротация.

Химические свойства: этерификация, восстановление, образование О-гликозидов, различные варианты окисления. Определение уровня глюкозы в крови. Роль глюкуроноидов в метаболизме лекарств. Аскорбиновая кислота (витамин С).

Дисахариды на примерах мальтозы, целлобиозы и сахарозы. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды. Понятие о циклических олигосахаридах на примере циклодекстринов. Соединения включения циклодекстринов.

Полисахариды: крахмал, целлюлоза, хитин. Понятие о строении этих биополимеров.

Аминосахара. Аминогликозидные антибиотики. Полиаминосахара.

Пуриновые и пиримидиновые основания. Нуклеозиды. Нуклеотиды. Первичная и вторичная структуры рибонуклеиновых и дезоксирибонуклеиновых кислот. Щелочной гидролиз РНК. Особенности строения лекарственных веществ 3-азидотимидина и ацикловира. Структуры интеркаляторов в ДНК и их физиологическая активность. ДНК-алкилирующие соединения. Механизм алкилирования ДНК производными хлорэтиламина.

Строение жиров и масел. Гидролиз и гидрогенизация жиров. Химизм их прогоркания и антиоксидантное действие витамина Е. Структуры фосфолипидов.

Альфа-Аминокислоты. D и L конфигурация. Способы получения аминокислот. Изоэлектрическая точка. Пептидная связь. Первичная структура белка. Общая схема синтеза пептидов, защитные группы. Понятие о твердофазном синтезе пептидов. Понятие о пептидомиметиках.

Представление о низкомолекулярных биологически важных веществах: терпенах, стероидах, алкалоидах (представление о структурах, примеры возможных модификаций структур).

Рекомендованная литература

ОСНОВНАЯ

1. О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. Органическая химия, ч. 1-4. М., Изд. МГУ, 1999.
2. Органическая химия: Учеб. для вузов: в 2 кн. / В.Л. Белобородов, С.Э. Зурабян, А.П. Лузин, Н.А. Тюкавкина; Под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2002. – Кн. 1: Основной курс. – 640 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Робертс Дж., Кассерио М. Основы органической химии. Т.1,2. М. "Мир", 1978.
2. Терней А. Современная органическая химия. Т. 1,2. М., "Мир" 1981.
3. Органическая химия: учебник: В 2 кн.: Кн.1 / Под ред. Н.А. Тюкавкиной. –М.: Дрофа, 2011. – 638с.

АВТОРЫ ПРОГРАММЫ

Этапы 1-2.

д.х.н., проф. А.В. Шевельков, д.х.н., проф. С.Ф. Дунаев, д.х.н., проф. А.В. Яценко, д.х.н., проф. М.Н. Румянцева, к.х.н., доц. Е.Г. Кабанова, д.х.н., проф. Е.А. Гудилин, д.х.н., проф. С.Н. Клямкин, д.х.н., проф. Проскурнин М.А., д.х.н., проф. Веселова И.А., к.х.н., в.н.с. Волков Д.С., д.х.н., проф. Пирогов А.В., д.х.н., проф. Лукашев Н.В., к.ф.-м.н., доц. Белов А.С., к.ф.-м.н., доц. Боченкова А.В., д.х.н., проф. Голубина Е.В., д.х.н., проф. Горюнков А.А., д.х.н., проф. Коробов М.В., д.ф.-м.н., проф. Пазюк Е.А., д.х.н., проф. Успенская И.А., д.ф.-м.н., проф. Хренова М.Г., д.х.н., в.н.с. Стенина Е.В., к.х.н., доц. Борзенко М.И., к.х.н., доц. Жирнов А.Е., д.х.н., проф. Готтих М.Б., д.х.н., проф. Долинная Н.Г., д.х.н., проф. Филиппова И.Ю., д.х.н. Метелев В.Г., к.х.н. Агапкина Ю.Ю., д.х.н., проф. Матвеев В.Н., д.х.н., проф. Караханов Э.А., д.х.н., проф. Максимов А.Л., д.х.н., проф. Лысенко С.В., д.х.н., проф. Анисимов А.В., д.х.н., проф. Афанасов М.И., к.х.н., доц. Бадун Г.А., к.х.н., доц. Петров В.Г., д.х.н., доц. Чернышева М.Г., д.х.н., проф. Мельников М.Я., д.х.н., в.н.с. Голубева Е.Н., д.х.н., проф. Локтева Е.С., д.х.н., проф. Зефирова О.Н., д.х.н., проф. Милаева Е.Р.

Этап 3.

ст. преп. кафедры английского языка Андреева О.К. Ю, к.п.н., зав. кафедрой английского языка Биккулова Г.Р., ст. преп. кафедры английского языка Шведова Е.В.