

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
Общей и неорганической химии



Семенов В.Н.

19.04.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.03 – Методы тонкого неорганического синтеза

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 04.04.01 Химия
2. Профиль подготовки/специализация: Физическая химия
3. Квалификация выпускника: Магистр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:  
кафедра общей и неорганической химии
6. Составители программы: Завражнов Александр Юрьевич,  
доктор химических наук, доцент
7. Рекомендована: нмс химического факультета «11.04.2024», протокол №4

---

8. Учебный год: 2025/26

Семестр: 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Методы тонкого неорганического синтеза» является обучение магистров физико-химическим основам синтеза высокочистых неорганических соединений в относительно мягких условиях (в растворе, с участием газов, в твердой фазе, в расплаве и др.).

Задачи учебной дисциплины:

- познакомить обучающихся с принципами классификации методов синтеза, основными проблемами в тонком неорганическом синтезе;
- пояснить общие особенности протекания химических реакций в различных фазах и характер влияния различных факторов (температуры, давления и др.) на химический процесс и на свойства его продуктов (состав, чистоту, структуру, дисперсность, форму)
- обучить умению планирования и осуществления синтеза важнейших классов неорганических соединений;
- обучить умению планирования и ведения синтеза неорганических соединений из газов, из растворов или растворов-расплавов, а также при помощи электрохимических методов;
- подготовить к овладению студентами навыками ведения реакций синтеза неорганических соединений из растворов или растворов-расплавов.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Блок Б1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности	ПК-1.1.	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач	<p><b>Знать:</b> способы получения научной информации из первоисточников (книги, журнальные статьи, патенты и т.п.) через библиотеки (в т.ч. и электронные) и через сеть Интернет.</p> <p><b>Уметь:</b> осуществлять поиск литературы при помощи специализированных сайтов для поиска литературных источников.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками быстрого приобретения в электронном виде первоисточников научной информации.</p>
		ПК-1.2	Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	<p><b>Знать:</b> логическую схему построения литературного обзора</p> <p><b>Уметь:</b> проводить критический и сопоставительный анализ литературных данных</p> <p><b>Владеть:</b> приемами грамотного составления научного литературного и патентного обзора.</p>
ПК-2	Способен планировать	ПК-2.1	Составляет общий план	<b>знать:</b> основы алгоритма

	работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области физической и неорганической химии		исследования и детальные планы отдельных стадий	планирования при задачах синтеза неорганических соединений, способов регулирования их нестехиометрии;  <b>уметь:</b> разработать план такого синтеза или регулирования состава (нестехиометрии);  <b>владеть:</b> владеть навыками ведения прогнозирования эксперимента, в том числе и возникновения и нестандартных ситуаций.
		ПК-2.2	Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	<b>знать:</b> физико-химические основы синтеза неорганических соединений, способов регулирования их нестехиометрии, основные методы и методики синтеза определения этих диаграмм  <b>уметь:</b> осуществлять выбор оптимальных методов и методик тонкого неорганического синтеза, а также выбор оптимального химического оборудования для ведения такого синтеза  <b>владеть:</b> владеть навыками ведения тонкого неорганического синтеза на практике.
ПК-3	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области физической и неорганической химии	ПК-3.1	Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	<b>Знать:</b> способы обработки информации и данных <b>Уметь:</b> систематизировать информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет ее с литературными данными <b>Владеть:</b> критическим подходом при обработке научной информации
		ПК-3.2	Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	<b>Знать:</b> перспективные направления современной химии <b>Уметь:</b> видеть возможности развития своей темы НИР <b>Владеть:</b> практикой применения промежуточных результатов собственных работ

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. 4/144.

Форма промежуточной аттестации

Зачет

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра 1	№ семестра 2	...
Аудиторные занятия	56	56	-	
в том числе:	лекции	18	-	
	практические	-	-	
	лабораторные	38	-	
Самостоятельная работа	88	88	-	
в том числе: курсовая работа (проект)	-			
Форма промежуточной аттестации (экзамен – час.)	-	-	-	
Итого:	144	144	-	

## 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Средства УМК
1	2	3	4
1. Лекции			
1.1	Введение. Основные проблемы в тонком неорганическом синтезе.	Основные направления исследований в современном неорганическом синтезе: управление химическим процессом, высокоточное управление составом получаемых веществ (фаз), поиск путей получения и идентификации новых неорганических веществ; создание новых методов получения известных соединений. Проблема существования соединений и проблема методов синтеза новых неорганических соединений. Роль предшественников (прекурсоров) в неорганическом синтезе: в растворе (например, при гидролизе органических соединений металлов типа алкоксидов), в твердой фазе (например, при термическом разложении соединений), в газовой фазе.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a>
1.2	Синтез неорганических соединений в растворе	Растворение веществ в жидких средах. Зависимость растворимости от природы растворяемого вещества и растворителя. Процессы, осложняющие растворение. Особенности использования различных растворителей в	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a>

		<p>синтезе. Оценка свойств веществ как растворителей и сред для проведения синтеза.</p> <p>Классификация растворителей, их донорные и акцепторные свойства растворителей.</p> <p>Принципы подбора растворителей для синтеза.</p> <p>Растворитель как средство управления химическим процессом: регулирование гомо- и гетеромолекулярной ассоциации веществ, ионизации, электролитической диссоциации, кислотно-основных свойств.</p> <p>Нивелирующие и дифференцирующие растворители.</p> <p>Комплексообразование как метод увеличения растворимости веществ в водных и неводных растворах. Общая характеристика факторов, обуславливающих зависимость скорости реакции в растворе от среды. Роль неводных растворителей в современном неорганическом синтезе.</p>	
1.3	<p>Общая характеристика методов осаждения твердой фазы из раствора.</p>	<p>Современные представления о закономерностях образования твердой фазы в растворах. Особенности зародышеобразования в гомогенных (исходно) и гетерогенных системах. Влияние условий осаждения (степени пересыщения, вязкости среды, интенсивности перемешивания, температуры, адсорбции ионов на поверхности и др.) на образование и рост частиц твердой фазы. Кинетика образования и роста частиц твердой фазы в растворе. Принципы подбора условий осаждения для получения продукта определенной дисперсности (от грубо- до ультрадисперсной), структуры (аморфной, кристаллической, сверхструктуры), формы (порошки, моно- и</p>	<p><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a></p>

		<p>поликристаллические пленки, монокристаллы). Условия формирования поли- и монодисперсных осадков. Вторичные процессы, приводящие к укрупнению частиц твердой фазы (агрегация, флокуляция, созревание, коалесценция, перекристаллизация). Особенности образования и превращения метастабильных фаз, различных структурных модификаций в зависимости от химической природы реагентов, промежуточных продуктов.</p>	
1.4	Реакции восстановления.	<p>Реакции прямого синтеза бинарных соединений из простых веществ. Получение интерметаллических соединений, амальгам, галогенидов, сульфидов, селенидов, фосфидов, арсенидов, соединений щелочных и щелочноземельных металлов. Особенности реакций восстановления и окисления в водных растворах (влияние величин E, pH, лигандов и др.). Реакции восстановления. Металлы в качестве восстановителей в водных и неводных растворах. Получение в водных растворах водорода, солей, оксидов, гидроксидов металлов. Амальгамы металлов в качестве восстановителей. Щелочные и щелочноземельные металлы как восстановители в жидком аммиаке. Взаимодействие металлов с органическими соединениями металлов. Реакции химического осаждения металлов и сплавов с использованием различных восстановителей в виде порошков и пленок. Получение гидридов. Гидриды в качестве восстановителей.</p>	<p><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a></p>
1.5	Реакции окисления	<p>Реакции окисления. Примеры синтеза с использованием окислителей в водных и неводных растворах. Использование растворов пероксосоединений</p>	<p><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a></p>

		<p>поливалентных металлов (циркония, тантала, ванадия и др.) для получения оксидов, сложных оксидов, гидроксидов в виде порошков и пленок.</p> <p>Особенности получения соединений с малоустойчивой низкой или высокой степенью окисления элементов. Условия их стабилизации.</p> <p>Диспропорционирование.</p> <p>Реакции окисления и восстановления в присутствии стабилизаторов размеров частиц.</p> <p>Получение веществ в ультрадисперсном состоянии.</p>	
1.6	<p>Общие принципы и химические методы получения супрамолекулярных и наноразмерных частиц в различных средах</p>	<p>Роль различных сред: водных и неводных растворах, стеклах, полимерах, микроэмульсиях, пузырьках, пленках и др. Принципы химии внедрения "хозяин-гость" для синтеза атомных и молекулярных кластеров. Интеркаляционные методы. Особенности получения интеркаляционных соединений в восстанавливающих (например, в графите) и окисляющих (например, в <math>V_2O_5</math>) неорганических решетках-хозяевах.</p>	<p><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a></p>
Лабораторные занятия.			
2.1	<p>Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции синтеза.</p>	<p>Реакции с водородом. Получение металлов, неметаллов, низших оксидов и галогенидов, солеобразных гидридов. Реакции с газами-окислителями. Реакции с галогенами и их газообразными соединениями. Получение безводных галогенидов из оксидов, сульфидов, нитридов, карбидов, карбониллов.</p>	<p><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a></p>
2.2	<p>Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции разложения.</p>	<p>Разложение легколетучих карбониллов, органических соединений металлов, галогенидов металлов. Каталитическое разложение. Использование термического разложения легколетучих органических соединений металлов для получения пленок и порошков металлов, карбидов и оксидов металлов. Реакции в</p>	<p><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a></p>

		условиях получения плазмы в газовой фазе. Общая характеристика реакций. Получение оксидов, нитридов, карбидов, металлов, интерметаллидов и др. в виде порошков и пленок. Получение фуллеренов, тубуленов и др. соединений углерода, подобных фуллеренам.	
2.3	Транспортные и гидротермальные реакции в неорганическом синтезе.	Газовый химический транспорт. Селективные транспортные химические реакции. Гидротермальный синтез и транспортные химические реакции, происходящие без участия паровой фазы (равновесия $S_1-(S_2-S_3-...)-L$ ). Использование гидротермальных реакций для выращивания монокристаллов.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a>
2.4	Синтез неорганических соединений из растворов или растворов-расплавов	Расплав в качестве растворителя. Особенности кристаллизации из расплава. Получение монокристаллов методами Бриджмена, Чохральского. Использование фазовых диаграмм для определения условий синтеза немалекулярных кристаллических соединений - бинарных (оксидов, халькогенидов и др.) и тройных (оксидных бронз и др.) - с определенной величиной отклонения от стехиометрии. Особенности синтеза безводных фосфатов различного состава и строения аниона в растворах-расплавах фосфорных кислот. Термитные реакции.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a>
2.5	Синтез неорганических соединений с использованием электрохимии	Особенности ведения электролиза и электрофореза в различных средах.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение. Основные	3	0	0	3	6



	проблемы в тонком неорганическом синтезе.					
2.	Синтез неорганических соединений в растворе	3	0	0	3	6
3.	Общая характеристика методов осаждения твердой фазы из раствора.	3	0	0	9	12
4.	Реакции восстановления	3	0	0	9	12
5	Реакции окисления	3	0	0	9	12
6.	Общие принципы и химические методы получения супрамолекулярных и квантово-размерных твердых тел в различных средах	3	0	0	9	12
1	2	3	4	5	6	7
7.	Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции синтеза.	0	0	14	18	32
8.	Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции разложения.	0	0	6	6	12
9	Транспортные и гидротермальные реакции в неорганическом синтезе.	0	0	6	10	16
10	Синтез неорганических соединений из растворов или растворов-расплавов	0	0	6	6	12
11	Синтез неорганических соединений с использованием электрохимических реакций	0	0	6	6	12
	<b>Итого:</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>88</b>	<b>144</b>

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с Электронным курсом <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11932>

включая просмотр записанных лекций, а также выполнение тестов этого курса в среде Moodle (текущий контроль успеваемости). Работа с литературой согласно прилагаемому ниже списку литературных источников.

#### Организация изучения дисциплины предполагает:

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- выполнение практического задания;
- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса и защиты рефератов по основным разделам дисциплины.
- 

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

№ п/п	Источник
1	Танганов Б.Б. Физико-химические методы анализа (учебное пособие) /Б.Б. Танганов Изд. Восточно-Сибирского государственного технологического университета.- Улан-Удэ, 2009.- 356 с.
2	Борбат В.Ф. Химия и химическая технология металлов платиновой группы : учебное пособие / В. Ф. Борбат, А. А. Шиндлер ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Омский. гос. ун-т им. Ф. М. Достоевского. - Омск : Изд-во Омского гос. ун-та, 2008.- 175 с.

**б) дополнительная литература:**

№п/п	Источник
2	<a href="#">Свиридов, Вадим Васильевич</a> . Неорганический синтез : Учеб. пособие для студ. хим. специальностей вузов / В. В. Свиридов, Г. А. Попкович, Е. И. Василевская .— 2-е изд., испр. — Минск : Універсітэцкае, 2000 .— 223,[1] с.
3	Nanoparticle technology handbook / ed. by Masuo Hosokawa [et al.] .— Amsterdam [etc.] : Elsevier, 2007 .— XXI, 622 p.:— ISBN 978-0-444-53122-3.
4	<a href="#">Пул, Ч.П.</a> Нанотехнологии : учебное пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Нанотехнологии" / Ч. Пул, Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина; доп. В. В. Лучинина .— 2-е изд., доп. — М. : Техносфера, 2006 .— 334 с.
5	<a href="#">Сергеев, Глеб Борисович</a> . Нанохимия / Г. Б. Сергеев .— М. : Изд-во Моск. ун-та, 2003 .— 286,[1] с. : ил., табл. — 250 лет Московскому государственному университету им. М.В. Ломоносова .— Библиогр.: с. 261-284 .
6	<a href="#">Помогайло, Анатолий Дмитриевич</a> . Наночастицы металлов в полимерах / А. Д. Помогайло, А. С. Розенберг, И. Е. Уфлянд .— М. : Химия, 2000 .— 671,[1] с.
7	<a href="#">Пополитов, Владислав Иванович</a> . Выращивание монокристаллов в гидротермальных условиях / В.И. Пополитов, Б.Н. Литвин ; Отв. ред. И.В. Тананаев; АН СССР, Ин-т кристаллографии им. А. В. Шубникова .— М. : Наука, 1986 .— 190,[1] с.
8	<a href="#">Литвин, Борис Николаевич</a> . Гидротермальный синтез неорганических соединений / Б.Н. Литвин, В.И. Пополитов ; АН СССР. Ин-т кристаллографии им. А.В. Шубникова; Отв. ред. И.В. Тананаев .— М. : Наука, 1984 .— 185 с. : ил.
9	<a href="#">Икорникова, Нина Юрьевна</a> . Гидротермальный синтез кристаллов в хлоридных системах / Н.Ю. Икорникова ; АН СССР. Ин-т кристаллографии им. А.В. Шубникова .— М. : Наука, 1975 .— 223 с.

**в) информационные электронно-образовательные ресурсы:**

№ п/п	Источник
11	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a>
12	Интернет портал для химиков <a href="http://www.chemweb.com">http://www.chemweb.com</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	Федоров П.И. Ошибки при построении диаграмм состояния двойных систем / П.И.Федоров, П.П.Федоров., Д.В. Дробот М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2005, 181 с.
2	<i>Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения: В 2-х ч. / А. Вест; пер. с англ. - М.: Мир, 1988. - Ч.1. - 558 с.</i>

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Мультимедийная техника для чтения лекций с использованием электронных презентаций. Высокотемпературный измерительный комплекс RLG 4270/GP, Печь электрическая муфельная ЭП-1200-2, Термометр контактный ТК-5,11, двухканальный без зондов, Мультиметр Keithley 2700 (ауд. 359, 535).

## 19. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.1	Введение. Основные проблемы в тонком неорганическом синтезе	ПК-2, ПК-3	ПК-2.2,  ПК-3.1 ПК-3.2	Разноуровневые задачи и задания
1.2	Синтез неорганических соединений в растворе	ПК-1,  ПК-2,  ПК-3	ПК-1.1 ПК-1.2  ПК-2.1 ПК-2.2  ПК-3.1 ПК-3.2	Разноуровневые задачи и задания
1.3.	Общая характеристика методов осаждения твердой фазы из раствора	ПК-2,  ПК-3	ПК-2.1 ПК-2.2  ПК-3.1 ПК-3.2	Разноуровневые задачи и задания
1.4	Реакции окисления	ПК-2, ПК-3	ПК-2.2,  ПК-3.1 ПК-3.2	Разноуровневые задачи и задания
1.5	Реакции восстановления	ПК-2, ПК-3	ПК-2.2,  ПК-3.1 ПК-3.2	Разноуровневые задачи и задания
1.6	Общие принципы и химические методы получения супрамолекулярных и квантово-размерных твердых тел в различных средах	ПК-1,  ПК-2,	ПК-1.1 ПК-1.2  ПК-2.1 ПК-2.2  ПК-3.1	Контрольная работа №1 по темам 1.1 - 1.6.
2.1	Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции синтеза.	ПК-1,	ПК-1.1 ПК-1.2	Вопросы для проверки Лабораторной работы
2.2	Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции разложения	ПК-2, ПК-3	ПК-2.2,  ПК-3.1 ПК-3.2	Вопросы для проверки Лабораторной работы
2.3	Транспортные и гидротермальные реакции в неорганическом синтезе	ПК-2, ПК-3	ПК-2.2,  ПК-3.1 ПК-3.2	Вопросы для проверки Лабораторной работы
2.4	Синтез неорганических соединений из растворов или растворов-расплавов	ПК-1,  ПК-2,  ПК-3	ПК-1.1 ПК-1.2  ПК-2.1 ПК-2.2	Вопросы для проверки Лабораторной работы

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			ПК-3.1 ПК-3.2	
2.5	Синтез неорганических соединений с использованием электрохимии	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.1 ПК-1.2  ПК-2.1 ПК-2.2  ПК-3.1 ПК-3.2	Контрольная работа №2
	Промежуточная аттестация: Зачет (с оценкой)	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.1 ПК-1.2  ПК-2.1 ПК-2.2  ПК-3.1 ПК-3.2	КИМ для зачета с оценкой

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- Контрольные работы;
- практико-ориентированное задачи (задания).
- Устный опрос (в т.ч. – вопросы по лабораторным работам).
- Тестирование.

### Примеры контрольных работ

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: контрольные работы 1 и 2

#### Контрольная работа (КР) №1

1. Понятие дифференцирующего и нивелирующего растворителя. Значение этих типов растворителей в задачах тонкого неорганического синтеза.
2. Три оксида являются соединениями трех разных *d*-элементов. При комнатной температуре они проявляют свойства, типичные для широкозонных полупроводников (диэлектриков). Эти оксиды подвергли действию газообразного водорода при высоких температурах (800 – 1000 °С). В случае первого оксида получили чистый металл, во втором твердый продукт остался диэлектриком, но сильно изменил состав и свойства, в третьем случае был получен результат, отличный от первых двух. Предложить формулы каждого из трех оксидов и описать происходящие превращения (если таковые были).
3. Предложить максимальное количество способов синтеза хлоридов железа (II) и железа (III) в водном растворе и в кристаллическом состоянии (безводная соль).
4. Предложить максимальное количество способов обезвоживания кристаллогидрата  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Предложенные способы должны давать безводную соль высокой чистоты (не менее 99 масс. %).
5. Предложить максимальное количество способов синтеза металлического натрия исходя из хлорида натрия.

#### Контрольная работа (КР) №2

1. Необходимые требования к структурам и химической природе «хозяина» и «гостя» для прохождения реакций интеркалирования. Возможные изменения в структуре «хозяина» при прохождении реакций интеркалирования.

2. При обычной (физической) пересублимации летучего твердого вещества, находящегося в закрытой неизотермической системе (ампуле) перенос вещества происходит всегда в сторону меньшей температуре (из «горячей зоны» в «холодную»). Однако в химическом газовом транспорте перенос может происходить как в сторону меньших температур, так и больших. В чем причина такого различия «физического» и «химического» переноса? От чего зависит направление переноса в случае газового химического транспорта?

3. Предложить способы получения следующих сернистых соединений:

$Al_2S_3$ ,  $SnS$ ,  $SnS_2$ ,  $CS_2$ ,  $Fe_{1-x}S$ .

Как в последнем случае можно регулировать состав соединения, оставаясь в пределах одной и той же фазы?

4. Какие вещества и как можно получить при электролизе раствора сульфата калия?

5. С учетом указанной преподавателем немоллекулярной твердой фазы предложить и реализовать на практике оптимальный способ ее очистки различными известными вам методами.

## 20.2. Промежуточная аттестация

### Перечень вопросов к зачету:

1. Основные направления исследований в современном неорганическом синтезе: управление химическим процессом, высокоточное управление составом получаемых веществ (фаз), поиск путей получения и идентификации новых неорганических веществ; создание новых методов получения известных соединений.

2. Проблема методов синтеза новых неорганических соединений. Роль предшественников (прекурсоров) в неорганическом синтезе: в растворе (при гидролизе органических соединений металлов типа алкоксидов), в твердой фазе (при термическом разложении соединений), в газовой фазе (при эпитаксии).

3. Анализ и обоснование возможности и рациональности метода и выбор условий синтеза на основании общей характеристики термодинамических и кинетических факторов, определяющих возможность протекания и скорость реакции.

4. Зависимость растворимости от природы растворяемого вещества и растворителя. Процессы, осложняющие растворение. Оценка свойств веществ как растворителей и сред для проведения синтеза. Классификация растворителей. Принципы подбора растворителей. Нивелирующие и дифференцирующие растворители.

5. Реакции в растворах. Общая характеристика факторов, обуславливающих зависимость скорости реакции в растворе от среды: природа растворителя, вязкость, сольватация, ионизация растворителем, солевой эффект. Роль неводных растворителей в современном неорганическом синтезе. Смешанные растворители.

6. Общая характеристика осаждения твердой фазы из раствора. Современные представления о закономерностях образования твердой фазы в растворах. Особенности зародышеобразования в гомогенных и гетерогенных системах. Влияние условий осаждения на образование и рост частиц твердой фазы.

7. Общая характеристика осаждения твердой фазы из раствора. Кинетика образования и роста частиц твердой фазы в растворе.

8. Общая характеристика осаждения твердой фазы из раствора. Принципы подбора условий осаждения для получения продукта определенной дисперсности, структуры, формы. Условия формирования поли- и монодисперсных осадков. Особенности образования и превращения метастабильных фаз.

9. Методы получения квантоворазмерных неорганических полупроводников в различных средах: водных и неводных растворах, стеклах, полимерах, микроэмульсиях, пузырьках, пленках и др.

- Принципы химии внедрения "хозяин-гость" для синтеза атомных и молекулярных кластеров. Интеркаляционные методы.
10. Особенности реакций образования в водном растворе легкорастворимых веществ. Получение солей, кислот, оснований в реакциях нейтрализации или вытеснения. Сольволиз. Получение гидроксо- и оксо солей, гидроксидов, полигидратов оксидов, кислых солей, изополикислот при гидролизе веществ различной природы.
  11. Гидролиз в присутствии стабилизаторов. Особенности осаждения гидроксидов из гомогенных растворов; депротонирование гидратированных катионов; регулируемое выделение анион-осадителей (использование мочевины, уротропина, формамида и др.); регулируемое выделение катионов (при разложении комплексных соединений металлов с органическими лигандами).
  12. Синтез неорганических соединений в расплаве. Расплав в качестве растворителя. Особенности кристаллизации из расплава. Получение монокристаллов методами Бриджмена, Чохральского.
  13. Основные направления исследований в современном неорганическом синтезе: управление химическим процессом, высокоточное управление составом получаемых веществ (фаз), поиск путей получения и идентификации новых неорганических веществ; создание новых методов получения известных соединений.
  14. Проблема методов синтеза новых неорганических соединений. Роль предшественников (прекурсоров) в неорганическом синтезе: в растворе (при гидролизе органических соединений металлов типа алкоксидов), в твердой фазе (при термическом разложении соединений), в газовой фазе (при эпитаксии).
  15. Анализ и обоснование возможности и рациональности метода и выбор условий синтеза на основании общей характеристики термодинамических и кинетических факторов, определяющих возможность протекания и скорость реакции.
  16. Зависимость растворимости от природы растворяемого вещества и растворителя. Процессы, осложняющие растворение. Оценка свойств веществ как растворителей и сред для проведения синтеза. Классификация растворителей. Принципы подбора растворителей. Нивелирующие и дифференцирующие растворители.
  17. Реакции в растворах. Общая характеристика факторов, обуславливающих зависимость скорости реакции в растворе от среды: природа растворителя, вязкость, сольватация, ионизация растворителем, солевой эффект. Роль неводных растворителей в современном неорганическом синтезе. Смешанные растворители.
  18. Общая характеристика методов осаждения твердой фазы из раствора. Современные представления о закономерностях образования твердой фазы в растворах. Особенности зародышеобразования в гомогенных и гетерогенных системах. Влияние условий осаждения на образование и рост частиц твердой фазы.
  19. Общая характеристика осаждения твердой фазы из раствора. Кинетика образования и роста частиц твердой фазы в растворе.
  20. Общая характеристика осаждения твердой фазы из раствора. Принципы подбора условий осаждения для получения продукта определенной дисперсности, структуры, формы. Условия формирования поли- и монодисперсных осадков. Особенности образования и превращения метастабильных фаз.
  21. Методы получения квантоворазмерных неорганических полупроводников в различных средах: водных и неводных растворах, стеклах, полимерах, микроэмульсиях, пузырьках, пленках и др. Принципы химии внедрения "хозяин-гость" для синтеза атомных и молекулярных кластеров. Интеркаляционные методы.
  22. Особенности реакций образования в водном растворе легкорастворимых веществ. Получение солей, кислот, оснований в реакциях нейтрализации или вытеснения. Сольволиз. Получение гидроксо- и оксо солей, гидроксидов, полигидратов оксидов, кислых солей, изополикислот при гидролизе веществ различной природы.

23. Гидролиз в присутствии стабилизаторов. Особенности осаждения гидроксидов из гомогенных растворов; депротонирование гидратированных катионов; регулируемое выделение анионов-осадителей (использование мочевины, уротропина, формамида и др.); регулируемое выделение катионов (при разложении комплексных соединений металлов с органическими лигандами).
24. Синтез неорганических соединений в расплаве. Расплав в качестве растворителя. Особенности кристаллизации из расплава. Получение монокристаллов методами Бриджмена, Чохральского.
25. Синтез неорганических соединений при высоком давлении. Гидротермальные реакции. Их использование для выращивания монокристаллов.
26. Способы получения наиболее активных простых веществ – ЩМ и ЩЗМ металлов.
27. Способы получения наиболее активных газов-окислителей (озон, фтор, OF<sub>2</sub> и др.).
28. Катодное восстановление без выделения металла: получение пероксида водорода, сульфатов редкоземельных элементов и др. Анодное окисление. Получение пероксодисульфатов, хлоратов, перхлоратов, ферратов, сульфата кобальта (III) и др. Процессы гидролиза вблизи электродов, приводящие к образованию высокодисперсных осадков (оксидов, халькогенидов). Получение анодных пленок. Анодно-плазменный синтез.
29. Получение метастабильных соединений элементов в нехарактерных степенях окисления.
30. Синтез неорганических соединений с использованием активирующего воздействия различных видов энергии.
31. Криохимические методы синтеза. Метод матричной изоляции, низкотемпературная соконденсация реагентов. Использование криохимических процессов в синтезе ферритов, адсорбентов, катализаторов.
32. Использование фазовых диаграмм для определения условий синтеза немолекулярных кристаллических соединений - бинарных (оксидов, халькогенидов и др.) и тройных (оксидных бронз и др.) - с определенной величиной отклонения от стехиометрии.
33. Особенности синтеза безводных фосфатов различного состава и строения аниона в растворах-расплавах фосфорных кислот.
34. Лантаноиды и внутренняя периодичность. Особенности химии церия и тербия, европия и иттербия.
35. Синтез неорганических соединений при высоком давлении и в вакууме.
36. Получение гидридов. Гидриды в качестве восстановителей.

ПРИМЕР КИМ:

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей и неорганической химии

Д.х.н. проф. В.Н. Семенов

**Направление подготовки/специальность**

Магистерская программа для специальности «Неорганическая химия»

**Дисциплина** М1.В.ОД.1 Методы тонкого неорганического синтеза

**Форма обучения** очное

**Вид контроля** зачет

**Вид аттестации** промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Основные направления исследований в современном неорганическом синтезе: управление химическим процессом, высокоточное управление составом получаемых веществ (фаз), поиск путей получения и идентификации новых неорганических веществ; создание новых методов получения известных соединений
2. Криохимические методы синтеза. Метод матричной изоляции, низкотемпературная соконденсация реагентов. Использование криохимических процессов в синтезе ферритов, адсорбентов, катализаторов

**Преподаватель:** \_\_\_\_\_ А.Ю. Завражнов



## Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

### Критерии оценки:

- оценка «отлично» (зачет) выставляется студенту, если: в контрольной работе или при ответе на вопрос КИМа на зачете тема раскрыта практически полностью, имеются лишь незначительные неточности;
- оценка «хорошо» (зачет) выставляется студенту, если: в контрольной работе или при ответе на вопрос КИМа тема раскрыта, имеются лишь некоторые несущественные ошибки и недочеты;
- оценка «удовлетворительно» (зачет) выставляется студенту, если в контрольной работе или при ответе на вопрос КИМа тема раскрыта не полностью, имеются значительные ошибки и недочеты;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в контрольной работе тема не раскрыта или имеются грубые ошибки, значительные неточности. При ответе на КИМ на зачете студенту в этом случае выставляется оценка «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом общей и неорганической химии (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач из области основ общей химии, а также задач неорганического синтеза и оценки базовых свойств неорганических соединений.	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно демонстрирует умение применять теоретические знания для решения ситуационных практических задач.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует двум из перечисленных показателей. Знание основного учебного материала, предусмотренного программой; ответ неполный, без обоснований, объяснений, с ошибками, которые устраняются по дополнительным вопросам преподавателя.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Знания несистематические, отрывочные; в ответах допущены грубые, принципиальные ошибки, которые не устраняются после наводящих вопросов преподавателя.	–	Неудовлетворительно

Задания приведенные в заключительной части раздела 20.1 тестов рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины