

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
Общей и неорганической химии

20.04.2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.02.01– Физико-химические основы технологии особо чистых веществ**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

04.03.01 «Химия»

2. Профиль подготовки/специализация: Прикладная химия

3. Квалификация выпускника: Бакалавр

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 ВГУ «20.03.2023», протокол №3.

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 4

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Спецкурс состоит из нескольких разделов, которые знакомят студентов с современными методами синтеза неорганических соединений (в растворе, с участием газов, в твердой фазе, в расплаве и др.), а также с основными методами разделения и очистки в неорганическом синтезе. Программа составлена таким образом, чтобы студенты:

- усвоили принципы классификации методов синтеза веществ с минимальным содержанием примесей, уяснили общие особенности протекания химических реакций в различных фазах, направленных на экстракцию примесей, и характер влияния различных факторов (температура, давление и др.) на процесс синтеза и на свойства продуктов (состав, чистоту, структуру, дисперсность, форму),

- научились проводить анализ и обоснование возможности и рациональности метода и условий синтеза различных классов неорганических соединений высокой чистоты.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Часть, формируемая участниками образовательных отношений Б1В

## 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  ПКВ-1.2	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач  Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	<b>Знать:</b> где (библиотечные базы, базы Research Gate и т.д.) и как (программы, ключевые слова, DOI и т.д.) производится поиск информации. <b>Уметь:</b> отыскивать нужную информацию и литературу за короткое время. <b>Владеть:</b> навыками поиска и извлечения информации в среде Internet.
ПК-2	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии	ПК-2.1  2.2.	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий.  Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленных задач.	<b>Знать:</b> основы планирования и ведения химического эксперимента. <b>Уметь:</b> самостоятельно разрабатывать план эксперимента с учетом его деталей. <b>Владеть:</b> расчетными методами решения сформулированных задач

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

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) зачет

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		1 № семестра	2 № семестра	...
Контактная работа	36		36	
в том числе:	Лекции	18		18
	практические	18		18
	лабораторные			
	курсовая работа			
Самостоятельная работа	108		108	
Промежуточная аттестация				
Итого:	144		144	

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	2	3
<b>1. Лекции</b>		
1.1.	Введение. Основные проблемы синтеза особочистых веществ 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.
1.2.	Синтез неорганических соединений высокой чистоты в растворе	Растворение веществ в жидких средах. Зависимость растворимости от природы растворяемого вещества и растворителя. Процессы, осложняющие растворение. Особенности использования различных растворителей в синтезе. Оценка свойств веществ как растворителей и сред для проведения синтеза. Классификация растворителей, их донорные и акцепторные свойства растворителей. Принципы подбора растворителей для синтеза. Растворитель как средство управления химическим процессом: регулирование гомо- и гетеромолекулярной ассоциации веществ, ионизации, электролитической диссоциации, кислотно-основных свойств. Нивелирующие и дифференцирующие растворители. Комплексообразование как метод увеличения растворимости веществ в водных и неводных растворах. Общая характеристика факторов, обуславливающих зависимость скорости реакции в растворе от среды. Роль неводных

1	2	3
1.3.	Общая характеристика методов осаждения твердой фазы из раствора.	<p>растворителей в современном неорганическом синтезе.</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 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.</p> <p>Особенности реакций восстановления и окисления в водных растворах (влияние величин E, pH, лигандов и др.).</p> <p>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>
1.5.	Реакции окисления	<p>Реакции окисления. Примеры синтеза с использованием окислителей в водных и неводных растворах. Использование растворов пероксосоединений 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. Диспропорционирование.</p> <p>Реакции окисления и восстановления в присутствии стабилизаторов размеров частиц. Получение веществ в ультрадисперсном состоянии.</p>
1.6.	Общие принципы и химические	<p>Роль различных сред: водных и неводных растворах, стеклах, полимерах, микроэмульсиях, пузырьках, пленках и др.</p>

	методы получения супрамолекулярных и наноразмерных частиц в различных средах	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 $V_2O_5$ ) неорганических решетках-хозяевах.
Лабораторные занятия.		
2.1	Синтез неорганических соединений высокой чистоты с участием газов. Реакции синтеза.	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.
2.2.	Реакции с участием газов - реакции разложения.	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 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.
1	2	3
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.
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.
2.5.	Синтез неорганических соединений с использованием электрохимических реакций	Особенности ведения электролиза и электрофореза в различных средах.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	самостоятельная работа	
1.	Введение. Основные проблемы в тонком неорганическом синтезе.	3	0	0	8	11
2.	Синтез неорганических соединений в растворе	3	0	0	8	11
3.	Общая характеристика методов осаждения твердой фазы из раствора.	3	0	0	8	11
4.	Реакции восстановления	3	0	0	8	11
5.	Реакции окисления	3	0	0	8	11
6.	Общие принципы и химические методы получения супрамолекулярных и квантово-размерных твердых тел в различных средах	3	0	0	8	11
7.	Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции синтеза.	0	0	0	8	8
8.	Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции разложения.	0	0	0	8	8
9.	Транспортные и гидротермальные реакции в неорганическом синтезе.	0	6	0	18	24
10.	Синтез неорганических соединений из растворов или растворов-расплавов	0	6	0	8	14
11.	Синтез неорганических соединений с использованием электрохимических реакций	0	6	0	18	24
<b>Итого:</b>		<b>18</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>88</b>	<b>144</b>

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

Работа с презентациями, выложенными на сайте в рабочей группе для студентов I курса по большей части разделов данного курса. <https://vk.com/club186352798>.

**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, Валим 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> . Выраживание 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	Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения: В 2-х ч. / А. Вест; пер. с англ. - М.: Мир, 1988. – Ч.1. - 558 с.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

**Лекции:** вводные (по 1 в каждом семестре), поточные, обзорные, проблемные; семинарские занятия, самостоятельные и контрольные работы коллоквиумы, рубежные коллоквиумы, лабораторные работы, прием лабораторных работ, итоговое занятие (по 1 в каждом семестре). Дистанционные образовательные технологии доступны по адресу : <https://vk.com/club186352798>.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** стандартное оборудование лабораторий по общей и неорганической химии – лабораторные столы, вытяжные системы, теххимические и аналитические весы, печи, сушильные шкафы, компьютеры, лабораторная посуда, химические реактивы и т. п. (к. 358-1, к.358-2, к. 166). Эти средства более конкретно представлены в следующей таблице.

№ строк и в УП	Шифр дисциплины	Название дисциплины	№ и название аудитории	Оборудование
15	Б1.В.ДВ.02.01	Физико-химические основы технологии особо чистых веществ	439 Лекционная аудитория им. профессора Я.А. Угая	Ноутбук, проектор, экран
			358 Учебная лаборатория им. профессора А.П. Палкина. Практикум по общей и неорганической химии	Химическая посуда и реактивы
				Аквадистилятор ДЭ-10 (Тюмень)
				Баня водяная LB-140 – 2шт.
				Весы "Ohaus" AR -2140
				Весы аналитические НТР-224 CE Shinko
				Весы АСОМ JW-1
				Мешалка магнитная без нагрева Big squid - 2шт.
				Термостат LT 311
				Фотометр фотоэлектрический КФК-3-01-"ЗОМЗ"
				Шкаф вытяжной - 2шт.
				Шкаф вытяжной для работы с кислотами - 2шт
Шкаф сушильный ШС-80-01				



## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.2. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
1	2	3	4
ОПК-1 Способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	<b>Знать:</b> физико-химические основы синтеза неорганических соединений, способов регулирования их нестехиометрии, основные методы и методики синтеза	1.1. Основные проблемы в тонком неорганическом синтезе. 1.2. Синтез неорганических соединений в растворе 1.3. Общая характеристика методов осаждения твердой фазы из раствора. 1.4. Реакции окисления. 1.5. Реакции восстановления 1.6. Общие принципы и химические методы получения супрамолекулярных и квантово-размерных твердых тел в различных средах	КР-1
	<b>Уметь:</b> осуществлять выбор оптимальных методов и методик тонкого неорганического синтеза, а также выбор оптимального химического оборудования для ведения такого синтеза	2.1. Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции синтеза. 2.2. Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции разложения. 2.3. Транспортные и гидротермальные реакции в неорганическом синтезе. 2.4. Синтез неорганических соединений из растворов или растворов-расплавов 2.5. Синтез неорганических соединений с использованием электрохимических реакций	КР-2
	<b>Владеть:</b> владеть навыками ведения тонкого неорганического синтеза на практике.	2.1. Синтез неорганических соединений с участием газов. Реакции синтеза 2.4. Синтез неорганических соединений из растворов	КР-2

		или растворов-расплавов	
--	--	-------------------------	--

1	2	3	4
ПК-1 Способность проводить научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования получать новые научные и прикладные результаты	<b>знать:</b> основные методы в проведении тонкого неорганического синтеза;	1.1. Основные проблемы в тонком неорганическом синтезе. 1.2. Синтез неорганических соединений в растворе 1.3. Общая характеристика методов осаждения твердой фазы из раствора.	КР-2
	<b>уметь:</b> осуществлять выбор подходящих методов исследования;	2.3. Методы направленного синтеза фаз, имеющих заметные давления равновесных насыщенных паров собственных компонентов. Значение данных о фазовых диаграммах	КР-2
	<b>владеть:</b> навыками планирования эксперимента.	2.4. Методы направленного синтеза фаз и регулирование нестехиометрии малолетучих фаз	КР-2

ПК-2 Владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии	<b>знать:</b> основы химических дисциплине, позволяющие направлено проводить эксперимент по синтезу соединений с выбранными свойствами;	1.1. Основные проблемы в тонком неорганическом синтезе. 1.2. Синтез неорганических соединений в растворе	КР-2
	<b>уметь:</b> вести синтез в регулируемых режимах;	2.3. Транспортные, гидротермальные реакции в неорганическом синтезе	КР-2
	<b>владеть:</b> навыками экспериментальной работы в области ФХА.	2.4. Методы направленного синтеза фаз и регулирование нестехиометрии малолетучих фаз	КР-2

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

Пример:

- 1) Знание основных проблем в тонком неорганическом синтезе;
- 2) Знание основных методов и методик синтеза
- 3) Умение планировать и осуществлять синтез неорганических соединений с участием газов;
- 4) Умение планировать и вести синтез неорганических соединений из растворов или растворов-расплавов;
- 5) Владение навыками ведения реакций синтеза неорганических соединений из растворов или растворов-расплавов.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере: 1 - владеет физико-химическими основами неорганического синтеза, 2. - способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, 3 - применять теоретические знания для решения практических задач в области тонкого неорганического синтеза (в мысленном эксперименте), 4 - производить грамотную компьютерную обработку учебно-экспериментальных данных, 5. - делать грамотные выводы из полученных результатов обработки данных. Ответ обучающегося соответствуют в полной мере всем перечисленным показателям.	Повышенный уровень	Отлично (Зачет)
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному или двум из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано владение аппаратом неорганической и физической химии, физико-химического анализа, или содержатся отдельные пробелы в базовых фактологических знаниях. Ответ соответствует не полному освоению компетенций.	Базовый уровень	Хорошо (Зачет)
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания в области важнейших методов неорганического синтеза, или не умеет анализировать исходные данные в предлагаемом мысленном эксперименте, что показывает недостаточное владение компетенциями	Пороговый уровень	Удовлетворительно (зачет)
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым четырем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания в вопросах дисциплины и допускает грубые ошибки в теории неорганического	–	Неудовлетворительно (не зачтено)

синтеза. Компетенции не освоены.		
----------------------------------	--	--

### **19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **19.3.1 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 легко растворимых 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 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 анион-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 необычных (неустойчивых) 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 немалекулярных 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.

## **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:

#### **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 CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>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.

6\*. Для кристаллического нитрида бора BN известно 3 модификации, которые (в различных условиях) являются термодинамически стабильными. Предсказать структурный тип этих модификаций и тип химических связей в каждой из них. Какая из этих модификаций устойчива при наибольшем (и наименьшем) давлении? Предложить способы синтеза хотя бы для двух из этих модификаций.

### 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 молекулярной твердой фазы предложить и реализовать на практике оптимальный способ ее очистки различными известными вам методами.

### 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: КИМ для зачета

ПРИМЕР КИМ:

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей и неорганической химии

Д.х.н. проф. В.Н. Семенов

Направление подготовки/специальность 04.03.01 «Химия»

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01– Физико-химические основы технологии особо чистых веществ

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