

**Программа утверждена на заседании
Ученого Совета химического факультета
Протокол № 4 от 26 мая 2017 г.**

Декан химического факультета,
Акад. РАН, профессор

 /В.В. Лунин/

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Наименование дисциплины: **Фундаментальные основы неорганического синтеза: теория и практика.**

Основная цель дисциплины: Освоение магистрантами фундаментальных знаний в области кристаллохимических, термодинамических и кинетических основ синтеза неорганических веществ и материалов различной кристалличности и размерности с применением как традиционных, так и новейших методов.

Задачи дисциплины:

- Формирование базовых знаний в области кристаллохимических принципов синтеза неорганических соединений с функциональными свойствами с учетом их реальной структуры, что включает представления о дефектах и их влиянии на свойства кристаллических веществ.
- Обучение магистрантов принципам научного планирования эксперимента на основе выделения основных стадий процесса неорганического синтеза и учета термодинамических и кинетических закономерностей протекания каждой из этих стадий.
- Формирование подходов к направленному синтезу неорганических веществ и материалов различной степени кристалличности во всем диапазоне размеров: от наночастиц до крупных монокристаллов.
- Формирование у магистрантов представлений о современных методах синтеза неорганических веществ и материалов с использованием различных высокоэнергетических воздействий

2. Уровень высшего образования – магистратура

3. Направление подготовки - 04.04.01 «Химия»

4. Место дисциплины в структуре ООП: вариативная часть ООП, профессиональный цикл.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
(МПК-2) Способность применять кристаллохимические, термодинамические и кинетические представления для проведения направленного неорганического синтеза.	З1 (МПК-2) Знать: кристаллохимические, термодинамические и кинетические основы неорганического синтеза.
	У1(МПК-2) Уметь: критически анализировать, обобщать и применять научную информацию о фазовых равновесиях, реакционной способности и физических свойствах неорганических веществ, с целью оптимизации экспериментальных условий направленного синтеза неорганических соединений и материалов с определенным строением и свойствами
	В1(МПК-2) Владеть: как традиционными, так и новейшими методами получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью, включая монокристаллы, наночастицы и пленки.
(МПК-6) Способность к поиску необходимой научной информации для решения практических и теоретических задач в области неорганической химии.	У1 (МПК-6) Уметь: находить, целенаправленно собирать и анализировать научную литературу по теме работы, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию, писать литературный обзор, находить релевантные методы синтеза и исследования, применять основные законы химии при анализе полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчета, научного доклада, презентации.
	В1(МПК-6) Владеть: навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций; методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов; приемами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, быть способным оценивать возможные риски при проведении экспериментов.

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 126 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часа - лекции, 36 часов – семинары, 50 часов лабораторные занятия и 4 часа на проведение промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

7. Входные требования для освоения модуля, предварительные условия.

Для полноценного усвоения данного образовательного модуля **необходимо:**

- **знать** основные естественнонаучные дисциплины в рамках образовательной программы бакалавра; изучение дисциплин данного модуля опирается, главным образом, на теоретических знаниях в области неорганической химии, коллоидной химии, кристаллохимии и физической химии, общей физики, а также на практических навыках в области неорганической и аналитической химии;
- **уметь** пользоваться химической литературой и современными интернет-ресурсами;
- **владеть** базовыми навыками работы с компьютерными программами.

8. Аннотация содержания дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (з.е. / часы)	В том числе									
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа, в т.ч., лабораторные и практические работы	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия* и	Всего	Выполнение домашних заданий, подготовка к лабораторным занятиям	Подготовка докладов, к контрольным работам	Всего	

Раздел 1. Кристаллическое строение неорганических веществ с функциональными свойствами.	25	10	10			1	21	4		4	
Раздел 2. Реальная структура кристаллических веществ.	8	3	2			1	6	2		2	
Раздел 3. Термодинамические и кинетические основы синтеза кристаллических веществ	22	9	8			1	18	4		4	
Раздел 4. Термодинамические и кинетические основы синтеза наноразмерных материалов.	22	9	8			1	18	4		4	
Раздел 5. Синтез в условиях высокоэнергетических воздействий.	11	5	3			1	9	2		2	
Раздел 6. Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов.	56		42			8	50		6	6	
Промежуточная аттестация	36							4	32		
Итого	180	36	73			13*	126	16	16	54	

* Текущий контроль проводится в рамках семинарских и лабораторных занятий.

Содержание разделов дисциплины

Тематические разделы, рассматриваемые на лекциях, семинарах и при выполнении лабораторных работ.

Раздел 1. Кристаллическое строение неорганических веществ с функциональными свойствами.

1. Основные понятия кристаллохимии. Структурные типы соединений со стехиометрией $AХ$, $AХ_2$, A_2X , $AХ_3$, A_2X_3 .
2. Структуры сложных оксидов со стехиометрией AB_2O_4 , ABO_3 .
3. Гомологические ряды сложных оксидов.
4. Контрольная работа в рамках семинарского занятия.

Раздел 2. Реальная структура кристаллических веществ.

1. Точечные дефекты.
2. Протяжённые дефекты.
3. Контрольная работа в рамках семинарского занятия.

Раздел 3. Термодинамические и кинетические основы синтеза кристаллических веществ.

1. Термодинамические и кинетические особенности синтеза в однофазной среде.
2. Общие представления о кинетических закономерностях синтеза в гетерогенных системах.
3. Синтез кристаллических веществ и плёнок из газовой фазы.
4. Синтез кристаллических веществ из раствора.
5. Синтез веществ из расплавов.
6. Твердофазный синтез.
7. Контрольная работа в рамках семинарского занятия.

Раздел 4. Термодинамические и кинетические основы синтеза наноразмерных материалов.

1. Дисперсное состояние вещества. Классификация дисперсных систем по размерности, агрегатному состоянию и структуре.
2. Основы термодинамики поверхностных явлений.
3. Гетерогенное зародышеобразование. Агрегация. Типы взаимодействия частиц.
4. Контрольная работа в рамках семинарского занятия.

Раздел 5. Синтез в условиях высокоэнергетических воздействий.

1. Высокотемпературные синтезы.
2. Микроволновой синтез. Плазменный синтез. Синтез стабильных и метастабильных форм.
3. Электросинтез.
4. Контрольная работа в рамках семинарского занятия.

Раздел 6. Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов.

1. Синтез и исследование неорганических веществ и материалов заданного состава и свойств.
2. Доклады с презентацией о проделанной работе.

Самостоятельное изучение разделов дисциплин

Самостоятельная работа студентов состоит в проработке лекционного материала, подготовке к семинарским занятиям, лабораторным работам и к контрольным работам, выполнению домашних заданий, а также подготовке к экзамену.

Примерный перечень видов работ, проводимых самостоятельно:

- Работа с лекционным материалом и рекомендованной литературе по теме: *Кристаллическое строение неорганических веществ с функциональными свойствами. Подготовка к контрольной работе по данной теме.*
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: *Реальная структура кристаллических веществ. Подготовка к контрольной работе по данной теме.*
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: *Термодинамические и кинетические основы синтеза кристаллических веществ. Подготовка к контрольной работе по данной теме.*
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: *Термодинамические и кинетические основы синтеза наноразмерных материалов. Подготовка к контрольной работе по данной теме.*
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: *Синтез в условиях высокоэнергетических воздействий. Подготовка к контрольной работе по данной теме.*
- Работа с рекомендуемой литературой и подготовка к лабораторным работам по теме: *Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов. Подготовка двух докладов по результатам работы.*
- Подготовка к экзамену.

9. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература

1. Ч.Н.Р. Рао, Дж. Гопалакришнан. Новые направления в химии твердого тела. – Новосибирск: Наука. 1990
2. В.С. Урусов, Н.Н. Еремин. Кристаллохимия, - М.: МГУ. 2010.
3. А. Уэллс. Структурная неорганическая химия. т. 1 и т.2. – М.: Мир, 1987.

4. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения: в 2-х ч, пер. с англ. ч.1. и ч.2. – М.: Мир, 1988.
5. Лодиз Р., Паркер Р. Рост монокристаллов. – М.: Мир, 1974.
6. Козлова О.Г. Рост и морфология кристаллов. – М.: Мир, 1980.
7. И.П. Суздаев. НАНОТЕХНОЛОГИЯ Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М. 2005. 589 с.
8. А.А.Елисеев, А.В. Лукашин. Функциональные наноматериалы. - М.: Физматлит. 2010.
9. В.И. Ролдугин. Физикохимия поверхности. Учебник-монография, Долгопрудный, ИД «Интеллект». 2008. 568 с.
10. Н.А. Шабанова, В.В. Попов, П.Д. Саркисов. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие для вузов. ИКЦ «Академкнига». 2007. 309 с.
11. А.Л.Моссэ, В.В.Печковский. Применение низкотемпературной плазмы в технологии неорганических веществ. Минск. Наука и техника. 1980.
12. А.Уолд, Д.Беллаванс. Препаративная химия твердого тела гл. «Получение соединений переходных металлов электролитическим восстановлением расплавленных солей». – М.: Мир. 1976.
13. Новоселова А.В. Фазовые диаграммы, их построение и методы исследования. 1987.
14. Шефер Г. Химические транспортные реакции. – М.: Мир. 1964.
15. Г.Б. Сергеев. Нанохимия. – М.: МГУ. 2003. 288 с.

Дополнительная литература

1. В.Б. Фенелонов. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов, Новосибирск: Издательство СО РАН. 2002. 414 с.
2. А.А. Чернов, Е.И. Гиваргизов, Х.С. Багдасаров, В.А. Кузнецов, Л.Н. Демьянец, А.Н. Лобачев. Современная кристаллография. т. 3: Образование кристаллов. – М: Наука. 1980. 407 с.
3. Зломанов В.П. Р-Т-х диаграммы двухкомпонентных систем. – М.: МГУ. 1980.
4. Г. Готтштайн. Физико-химические основы материаловедения. . – М.: Бинوم. 2011.
5. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. Техносфера. 2004.

Интернет-ресурсы

1. Доступ к основным мировым on-line библиотекам и базам данных ссылок и рефератов по темам неорганической химии (Web of Science и другие)
2. Доступ к on-line ресурсам и журналам издательства Elsevier, Springer и других.
3. <http://nanometer.ru/>
4. <http://thesaurus.rusnano.com>

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели: профессор, д.х.н. Кауль А.Р., чл.-корр. РАН, профессор, д.х.н. Антипов Е.В., профессор, д.х.н. Гаськов А.М., вед.научн.сотр., д.х.н. Морозов И.В.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций в Приложении.
2. Материалы к текущей (контрольные работы), промежуточной аттестации (вопросы к экзамену).

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущий контроль успеваемости проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность работы студентов на лекциях и семинарах, уровень подготовки к лекциям, семинарам и лабораторным работам, результаты контрольных работ, а также результаты отчета по лабораторным работам в виде докладов с презентацией.

1. Образец контрольной работы №1 по теме: *Кристаллическое строение неорганических веществ с функциональными свойствами.*

Задание 1. Сходство и отличия структурных типов NaCl, флюорита и перовскита. Дизайн новых структур, состоящих из этих блоков.

Задание 2. Аниондефицитные перовскиты. Особенность меди, обуславливающая возможность получения многообразных перовскитов, содержащих этот элемент.

2. Образец контрольной работы №2 по теме: *Реальная структура кристаллических веществ.*

Задание 1. Влияние точечных и протяжённых дефектов на функциональные свойства материалов (ионная проводимость суперионных проводников, проводимость полупроводников и диэлектриков, магнитные и др. свойства манганитов, ВТСП и т.д.).

Задание 2. Методы наблюдения дислокаций: центры роста кристаллов, ямки травления, ПЭМ, ПЭМВР и др.

3. Образец контрольной работы №3 по теме: *Термодинамические и кинетические основы синтеза кристаллических веществ.*

Задание 1. Использование Т-х конденсированных диаграмм для выбора начальных и конечных условий синтеза конгруэнтно и инконгруэнтно плавящихся соединений в двухкомпонентных системах. Расчет теоретического выхода продукта с помощью фазовых диаграмм. Синтез твердых растворов заданного состава.

Задание 2. Твердофазный синтез. Особенности термодинамического описания твердофазных реакций. Критерии достижения равновесия. Стратегия поиска новых фаз в субсолидусной области двух- и трехкомпонентных систем. Триангуляция.

4. Образец контрольной работы №4 по теме: *Термодинамические и кинетические основы синтеза наноразмерных материалов.*

Задание 1. Основы термодинамики поверхностных явлений. Избыточные термодинамические функции. Поверхностное натяжение и свободная энергия поверхностей раздела фаз. Связь поверхностного натяжения с объемными свойствами веществ. Термодинамическое уравнение Гиббса для поверхности раздела фаз в однокомпонентных системах.

Задание 2. Сублимационная сушка. Методы низкотемпературной сушки золь и гелей. Способы достижения низких температур. Эффект Джоуля – Томсона. Скорость сублимации. Влияние вакуума. Потеря растворителя. Принципиальная схема установки криохимической сушки.

5. Образец контрольной работы №5 по теме: *Синтез в условиях высокоэнергетических воздействий.*

Задание 1. Диаграммы Эллингхема и их применение для предсказания продуктов и условий химического взаимодействия.

Задание 2. Классификация плазмы. Возможности синтеза в квазиравновесной плазме.

Промежуточный контроль успеваемости (вопросы к экзамену)

Для аттестации по итогам освоения дисциплины «Фундаментальные основы неорганического синтеза: теория и практика» предусмотрен экзамен. Для курса разработана балльно-рейтинговая система, оценка за экзамен проставляется с учетом успеваемости обучающегося при работе в семестре. Экзамен проводится устно и включает в себя ответы на вопросы из перечня:

Раздел 1. Кристаллическое строение неорганических веществ и кристаллохимические принципы синтеза соединений с функциональными свойствами.

1. Факторы, влияющие на устойчивость структурных типов со стехиометрией AX.
2. Факторы, определяющие структуры неорганических соединений: стехиометрия, природа химической связи и размеры атомов (ионов).

3. Плотнейшие упаковки и типы пустот. Основные структурные типы: NaCl, ZnS, CaF₂. Использование ионных радиусов для предсказания простейших структурных типов.
4. Образование структур кристаллографического сдвига.
5. Условия образования и трансформации структурных типов со стехиометрией ABX₃.
6. Структура шпинели.
7. Аниондефицитные перовскиты. Особенность меди, обуславливающая возможность получения многообразных перовскитов, содержащих этот элемент.
8. Сходство и отличия структурных типов NaCl, флюорита и перовскита. Дизайн новых структур, состоящих из этих блоков.
9. Сверхструктуры на примере производных от структуры хлористого натрия (NaCl-NaFeO₂- NaInO₂ - SrHgO₂). Кристаллохимический дизайн соединений со структурами, производными от структуры NaCl.
10. Аниондефицитные перовскиты. Особенность меди, обуславливающая возможность получения многообразных перовскитов, содержащих этот элемент.
11. Сходство и отличия структурных типов NaCl, флюорита и перовскита. Дизайн новых структур, состоящих из этих блоков.
12. Плотнейшие упаковки и типы пустот. Основные структурные типы: NaCl, ZnS, CaF₂. Использование ионных радиусов для предсказания простейших структурных типов.

Раздел 2. Реальная структура и ее влияние на свойства кристаллических веществ

1. Дефекты и нестехиометрия: центры окраски, влияние состава газовой фазы над бинарным кристаллом на равновесие точечных дефектов, связь с типом и величиной электропроводности для п/п.
2. Термодинамика образования точечных дефектов. Равновесная и неравновесная концентрация точечных дефектов. Виды точечных дефектов
3. Примесные дефекты: гетеровалентное легирование, образование внедрённых ионов и вакансий ионов.
4. Дефекты упаковки: антифазные границы, дефекты Уодсли, «лишние плоскости» в политипах.
5. Квазихимическое представление дефектообразования и взаимодействия дефектов.
6. Влияние точечных дефектов на зонную структуру п/п кристаллов.
7. Влияние точечных и протяжённых дефектов на функциональные свойства материалов (ионная проводимость суперионных проводников, проводимость полупроводников и диэлектриков, магнитные и др. свойства манганитов, ВТСП и т.д.).
8. Протяжённые дефекты: термодинамические представления о равновесности. Виды протяжённых дефектов: краевая, винтовая, смешанная дислокации. Определение вектора Бюргерса и его смысл.
9. Механизмы образования дислокаций: конденсация точечных дефектов, механические деформации. Дислокации и механические свойства материалов. Движение дислокаций через кристалл. Деформационное упрочнение.
10. Методы наблюдения дислокаций: центры роста кристаллов, ямки травления, ПЭМ, ПЭМВР и др.

11. Границы кристаллов: границы блоков, малоугловые границы, высокоугловые границы. Энергия межзёренных границ и концентрация дислокаций. Двойникование
12. Границы кристаллов: когерентные, полукogerентные, некогерентные границы, влияние напряжений на концентрацию дислокаций несоответствия на границе.

Раздел 3 Термодинамические и кинетические основы синтеза кристаллических веществ

1. Химические транспортные реакции. Анализ зависимостей скорости процесса от термодинамических параметров реакции и экспериментальных условий. Условия осуществления химического транспорта. Принципы подбора носителей. Примеры.
2. Твердофазный синтез. Особенности термодинамического описания твердофазных реакций. Критерии достижения равновесия. Стратегия поиска новых фаз в субсолидусной области двух- и трехкомпонентных систем. Триангуляция.
3. Особенности кинетики твердофазного синтеза. Общие кинетические закономерности процессов типа $S_1 + S_2 \rightarrow S_3$. Параболический закон. Механизмы твердофазных процессов типа $S_1 + S_2 \rightarrow S_3$ на примере реакций синтеза шпинелей из оксидов. Закономерности движения межфазных границ.
4. Использование Т-х конденсированных диаграмм для выбора начальных и конечных условий синтеза конгруэнтно и инконгруэнтно плавящихся соединений в двухкомпонентных системах. Расчет теоретического выхода продукта с помощью фазовых диаграмм. Синтез твердых растворов заданного состава.
5. Кинетические особенности кристаллизации из растворов. Возможности управления скоростью процесса, размером и формой частиц образующегося осадка. Способы получения монокристаллов из раствора.
6. Выращивание кристаллов из газовой фазы. Применение замкнутых и поточных систем. Использование фазовых диаграмм. Расчет скорости процесса 1. Лимитирование переносом через пар. 2. Лимитирование кристаллизацией.
7. Примеры фазовых диаграмм однокомпонентных систем (С, Не, Н₂О, СО₂). Математическое описание двухфазных равновесий, критическая точка, тройная точка. Уравнения состояния реальных газов. Сверхкритические флюиды и их применение.
8. Особенности синтеза из расплава (раствора в расплаве). Влияние термодинамических и кинетических факторов на размер и форму растущих кристаллов. Конгруэнтная кристаллизация. Метод Бриджмена-Стокбаргера. Метод Чохральского, аналогичные методы и факторы, влияющие на кристаллизацию. Бесконтактный нагрев, зонная плавка.
9. Кристаллизация бинарных фаз из газовой фазы в двухтемпературной ампуле. Кинетические особенности процесса, последовательные стадии. Лимитирующая стадия. Получение кристаллов с определенной стехиометрией.
10. Метод гидротермального синтеза. Термодинамические основы метода. Влияние параметров гидротермального синтеза на свойства получаемых продуктов. Осаждение из сверхкритических растворов. Особенности ультразвукового воздействия на водные растворы, кавитация. RESS технология.

11. Свойства треугольника составов Гиббса-Розебома. Тройные водно-солевые системы. Определение состава твердой фазы методом Скрейнмакера. Случаи ограниченной и полной взаимной растворимости в твердой фазах. Изотермические сечения. Политермические разрезы. Примеры.

Раздел 4. Термодинамические и кинетические основы синтеза наноразмерных материалов

1. Гомогенное зародышеобразование. Уравнение Гиббса-Томсона. Критическое пересыщение. Критический размер зародыша. Кинетические уравнения скорости зародышеобразования. Нуклеация и рост. Диаграмма Ла-Мера. Кинетические модели роста.
2. Поверхностная энергия твердых тел. Влияние морфологии, рельефа и адсорбции молекул. Состав поверхности, сегрегация компонентов в приповерхностных слоях. Неустойчивость дисперсных систем. Образование кластеров.
3. Основы термодинамики поверхностных явлений. Избыточные термодинамические функции. Поверхностное натяжение и свободная энергия поверхностей раздела фаз. Связь поверхностного натяжения с объемными свойствами веществ. Термодинамическое уравнение Гиббса для поверхности раздела фаз в однокомпонентных системах.
4. Дисперсное состояние вещества. Классификация дисперсных систем по размерности, агрегатному состоянию и структуре. Наноразмерные системы. Основные характеристики наночастиц и дисперсных систем. Размерный эффект. Гомогенные и гетерогенные процессы.
5. Кооперативные явления в системе наночастиц; оствальдово созревание, агрегирование. Гетерогенное зародышеобразование. Эпитаксиальные соотношения. Образование новой фазы при участии модификаторов.
6. Роль агрегации в формировании наноматериалов. Типы взаимодействия частиц. Силы Ван-дер-Ваальса. Электростатические силы для заряженных частиц. Потенциал Ленарда-Джонса. Гидрофобное/гидрофильное взаимодействие (неполярные/полярные среды). Расклинивающее давление. Водородные связи. Двойной электрический слой. Сольватация. Влияние рН. Теория Лифшица – Слезова - Вагнера.
7. Золи. Гели. Гравитационные силы. Золь-гель технология. Гидролиз. Поликонденсация. Переход истинный раствор – золь. Влияние растворителя, температуры, рН. Строение гелей, ксерогели. Пример получения нанодисперсного кремнезема.
8. Получение наноматериалов химическим осаждением из растворов. Гидролиз органических солей. Алкоксотехнология. Мицеллы. Темплатный синтез. Микроэмульсии. Поверхностно активные вещества. Коллоидный синтез нанокристаллов полупроводников - коллоидных квантовых точек.
9. Поверхностная энергия твердых тел. Влияние морфологии, рельефа и адсорбции молекул. Состав поверхности, сегрегация компонентов в приповерхностных слоях. Неустойчивость дисперсных систем. Образование кластеров.
10. Синтез нитевидных наноматериалов. Прямой и обратный темплатный синтез. Нано-реакторы. Синтез из пара. Механизм ПЖК. Роль затравки. Проточный метод синтеза нитевидных кристаллов из пара. Лазерный синтез. Углеродные нанотрубки. Одностенные и многостенные нанотрубки.

11. Сублимационная сушка. Методы низкотемпературной сушки зелей и гелей. Способы достижения низких температур. Эффект Джоуля – Томсона. Скорость сублимации. Влияние вакуума. Потеря растворителя. Принципиальная схема установки криохимической сушки.

Раздел 5. Синтез в условиях высокоэнергетических воздействий

1. Сравнительные характеристики реакций при обычной температуре и высокой температуре. Роль источников энтропии. Правила Броуэра.
2. Диаграммы Эллингема и их применение для предсказания продуктов и условий химического взаимодействия.
3. Методы получения высоких температур. Современные материалы электрических нагревателей, их сравнение. Проблема высокотемпературного взаимодействия («проблема контейнеров»), методы и приемы ее решения.
4. Метод саморазвивающегося высокотемпературного синтеза. Факторы, влияющие на возможность осуществления СВС-процесса и количественный выход продукта. Примеры СВС-процессов и продуктов.
5. Процессы, происходящие при анодной поляризации переходных металлов. Микродуговое окисление.
6. Электросинтез при электролизе расплавов. Катодные и анодные процессы.
7. Электросинтез в неводных растворах. Электросинтез алкоголятов. Получение соединений внедрения.
8. Механизмы взаимодействия веществ с микроволновым полем. Преимущества и проблемы синтеза с применением микроволнового воздействия.
9. Классификация плазмы. Возможности синтеза в квазиравновесной плазме.
10. Классификация плазмы. Неравновесная плазма. Получение дисперсных порошков и пленок в неравновесной плазме.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ МАГИСТРАТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

(МПК-2) Способность применять кристаллохимические, термодинамические и кинетические представления для проведения направленного неорганического синтеза.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Специализированная компетенция выпускника программы магистратуры по направлению подготовки 04.04.01 Химия.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы магистратуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные естественнонаучные дисциплины в рамках образовательной программы бакалавра; изучение дисциплин данного модуля опирается, главным образом, на теоретических знаниях в области неорганической химии, коллоидной химии, кристаллохимии и физической химии, общей физики, а также на практических навыках в области неорганической и аналитической химии.
- **УМЕТЬ:** пользоваться химической литературой и современными интернет-ресурсами.
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми навыками работы с компьютерными программами.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (МПК-2) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения	Критерии и показатели оценивания результатов обучения					Оценочные средства
	1	2	3	4	5	
	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	
<p>Знать: кристаллохимические, термодинамические и кинетические основы неорганического синтеза. Код 31 (МПК-2)</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о кристаллохимических, термодинамических и кинетических основах неорганического синтеза.	В целом успешные, но не систематические представления о кристаллохимических, термодинамических и кинетических основах неорганического синтеза.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о кристаллохимических, термодинамических и кинетических основах неорганического синтеза.	Сформированные представления о кристаллохимических, термодинамических и кинетических основах неорганического синтеза.	Контрольные работы. Устное собеседование на экзамене.
<p>Уметь: критически анализировать, обобщать и применять научную информацию о фазовых равновесиях, реакционной способности и физических свойствах неорганических веществ, с целью оптимизации экспериментальных условий направленного синтеза неорганических соединений и материалов с определенным строением и свойствами. Код У1(МПК-2)</p>	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения критически анализировать, обобщать и применять научную информацию о фазовых равновесиях, реакционной способности и физических свойствах неорганических веществ, с целью	В целом успешное, но не систематическое умение критически анализировать, обобщать и применять научную информацию о фазовых равновесиях, реакционной способности и физических свойствах неорганических веществ, с целью оптимизации экспериментальных условий направленного	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения критически анализировать, обобщать и применять научную информацию о фазовых равновесиях, реакционной способности и физических свойствах неорганических веществ, с целью оптимизации экспериментальных условий направленного	Сформированное умение критически анализировать, обобщать и применять научную информацию о фазовых равновесиях, реакционной способности и физических свойствах неорганических веществ, с целью оптимизации экспериментальных условий	Контрольные работы. Устное собеседование на экзамене.

		оптимизации экспериментальных условий направленного синтеза неорганических соединений и материалов с определенным строением и свойствами	синтеза неорганических соединений и материалов с определенным строением и свойствами	синтеза неорганических соединений и материалов с определенным строением и свойствами	направленного синтеза неорганических соединений и материалов с определенным строением и свойствами	
Владеть: как традиционными, так и новейшими методами получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью, включая монокристаллы, наночастицы и пленки. Код В1(МПК-2)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков владения как традиционными, так и новейшими методами получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью, включая монокристаллы, наночастицы и пленки.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков владения как традиционными, так и новейшими методами получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью, включая монокристаллы, наночастицы и пленки.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков владения как традиционными, так и новейшими методами получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью, включая монокристаллы, наночастицы и пленки.	Успешное и систематическое применение навыков владения как традиционными, так и новейшими методами получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью, включая монокристаллы, наночастицы и пленки.	Контрольные работы. Устное собеседование на экзамене.

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – государственный экзамен, ВКР
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен) согласно учебному плану: экзамен

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ МАГИСТРАТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

(МПК-6) Способность к поиску необходимой научной информации для решения практических и теоретических задач в области неорганической химии.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Специализированная компетенция выпускника программы магистратуры по направлению подготовки 04.04.01 Химия.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы магистратуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные естественнонаучные дисциплины в рамках образовательной программы бакалавра; изучение дисциплин данного модуля опирается, главным образом, на теоретических знаниях в области неорганической химии, коллоидной химии, кристаллохимии и физической химии, общей физики, а также на практических навыках в области неорганической и аналитической химии.
- **УМЕТЬ:** пользоваться химической литературой и современными интернет-ресурсами.

ВЛАДЕТЬ: базовыми навыками работы с компьютерными программами.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (МПК-6) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения	Критерии и показатели оценивания результатов обучения					Оценочные средства
	1	2	3	4	5	
	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	
<p>Уметь: находить, целенаправленно собирать и анализировать научную литературу по теме работы, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию, писать литературный обзор, находить релевантные методы синтеза и исследования, применять основные законы химии при анализе полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных;</p>	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения находить, целенаправленно собирать и анализировать научную литературу по теме работы, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию, писать литературный обзор, находить релевантные методы синтеза и исследования, применять основные законы химии при анализе полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; представлять полученные в	В целом успешное, но не систематическое умение находить, целенаправленно собирать и анализировать научную литературу по теме работы, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию, писать литературный обзор, находить релевантные методы синтеза и исследования, применять основные законы химии при анализе полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчета, научного	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения находить, целенаправленно собирать и анализировать научную литературу по теме работы, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию, писать литературный обзор, находить релевантные методы синтеза и исследования, применять основные законы химии при анализе полученных результатов, в том	Сформированное умение находить, целенаправленно собирать и анализировать научную литературу по теме работы, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию, писать литературный обзор, находить релевантные методы синтеза и исследования, применять основные законы химии при анализе полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчета, научного доклада, презентации.	Отчеты в виде доклада с презентацией. Устное собеседование на экзамене.

<p>представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчета, научного доклада, презентации. Код У1 (МПК-6)</p>		<p>исследованиях результаты в виде отчета, научного доклада, презентации.</p>	<p>доклада, презентации.</p>	<p>числе с привлечением информационных баз данных; представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчета, научного доклада, презентации.</p>		
<p>Владеть: навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций; методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов; приемами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, быть</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций; методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов; приемами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, быть способным оценивать возможные риски при</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций; методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов; приемами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, быть способным оценивать возможные риски при проведении экспериментов.</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций; методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов; приемами безопасного обращения с химическими материалами с</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций; методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов; приемами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, быть способным оценивать возможные риски при проведении экспериментов.</p>	<p>Отчеты в виде доклада с презентацией. Устное собеседование на экзамене.</p>

способным оценивать возможные риски при проведении экспериментов. Код В1(МПК-6)		проведении экспериментов.		учетом их физических и химических свойств, быть способным оценивать возможные риски при проведении экспериментов.		
---	--	------------------------------	--	--	--	--

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – государственный экзамен, ВКР
 Промежуточная аттестация (зачет, экзамен) согласно учебному плану: экзамен