

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Избранные главы неорганической химии (I).**  
**Избранные главы неорганической химии:**  
**закономерности твердофазных превращений.**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Неорганическая химия

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>СПК-5.С.</b> Владеет основным терминологическим и понятийным аппаратом современного неорганического материаловедения; знание основных классов функциональных материалов, методов их получения, взаимосвязи структуры и свойств, умение анализировать и предлагать способы получения функциональных материалов с заданными свойствами, выбирать оптимальные материалы для дизайна устройств с заданным функционалом.	<b>СПК-5.С.1</b> Грамотно использует термины и понятия современного неорганического материаловедения при представлении результатов научной деятельности.	<b>Уметь:</b> выбирать оптимальный набор методов для решения конкретной задачи по изучению неорганических веществ и материалов <b>Владеть:</b> информацией о возможностях методов, их точности и ограничениях, иметь представление о приемах подготовки образцов, задании параметров проведения эксперимента, методах регистрации и обработки экспериментальных результатов.
<b>СПК-6.С.</b> Способен применять знание теоретических основ современных методов исследования состава, структуры и свойств неорганических веществ и материалов, основных принципов работы приборов для грамотного выбора параметров проведения эксперимента, методов регистрации, обработки и интерпретации полученных результатов.	<b>СПК-6.С.2</b> Предлагает методы исследования свойств неорганических веществ и материалов, выбирает оптимальные с учетом имеющихся ресурсов.	<b>Знать</b> теоретические основы, практические и методологические особенности методов исследования неорганических веществ. <b>Уметь</b> выбрать условия проведения исследования исходя из методологических особенностей метода, подготовить образец к анализу. <b>Владеть</b> программным обеспечением методов исследования.

3. Объем дисциплины 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 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 40 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 18 часов – занятия семинарского типа, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 32 часа составляет самостоятельная работа студента.*

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия. Требуется освоение дисциплин «Неорганическая химия», «Общая физика», «Элементы строения вещества», «Физическая химия», «Кристаллохимия» в объеме, преподаваемом на Химическом факультете МГУ.

Обучающийся должен

**Знать:** химические свойства неорганических соединений и основные закономерности в их изменении, основные законы физики, основные операторы физических величин, основы учения о фазовых равновесиях, основные подходы к описанию строения вещества.

**Уметь:** применять знания вышеуказанных разделов для описания химических объектов и их взаимодействий.

**Владеть:** современными представлениями о строении вещества и факторах, влияющих на возможность протекания химических реакций.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (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	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1	30	9	9				18	12		12
Раздел 2	32	9	9				18	14		14
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	10					4	4			6
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>			<b>4</b>	<b>40</b>	<b>26</b>		<b>32</b>

**Содержание разделов:**

1. Особенности превращений в твердых телах. Различные виды классификации твердофазных превращений. Особенности термодинамики твердофазных превращений: роль поверхностной и упругой энергии. Движущие силы твердофазного превращения. Образование твердых растворов при твердофазном взаимодействии. Методы теоретического предсказания их термодинамических свойств: некото-

рые элементы статистической физики (в применении к описанию термодинамических свойств твердых тел). Правила изоморфизма Гольдшмидта. Идеальные и регулярные (строго регулярные) твердые растворы. Эмпирические и полуэмпирические методы оценки термодинамических характеристик твердофазных реакций. Закономерности зародышеобразования в твердофазных системах. Рост частиц твердой фазы. Огранка кристалла. Гомогенные фазовые превращения. Спинодальный распад твердого раствора.

2. Твердофазные реакции, лимитируемые диффузией. Основные закономерности диффузии. Механизмы диффузии в твердых телах. Теория Вагнера-Шмальцрида. Превращения без изменения состава. Классификация Бюргера, скорость превращений различных типов по этой классификации. Мартенситные превращения. Особенности кинетики, морфологии продуктов. Основы теории кристаллогеометрии мартенситного превращения. Кинетические модели твердофазных реакций с различными лимитирующими стадиями. Основные стадии топохимической реакции. Индукционный период. Модель Яндера. Уточнения модели Яндера: уравнения Гинстлинга - Броунштейна, Картера - Валенси, Вагнера. Модель «анти - Яндера» и ее уточнения. Учет образования твердых растворов: уравнения Дюнвальда - Вагнера и Журавлева - Лесохина - Темпельмана. Процессы, лимитируемые процессами на границе раздела фаз, уравнения сжимающихся сферы и цилиндра. Уравнение Авраами-Колмогорова-Ерофеева. Область применимости различных уравнений. Методы неравновесной активации твердых тел. Стеклообразование и физико - химические процессы в стеклах. Физическая природа процессов стеклования. Стеклообразующие системы. Правила Захариасена. Термодинамика стеклования. Температура стеклования идеального стекла. Особенности процессов образования новой фазы в стеклах. Процессы спекания. Феноменологические черты спекания. Основные физико-химические процессы, сопровождающие спекание. Основные стадии спекания. Элементарные акты спекания. Закономерности рекристаллизации. Кинетика и механизм удаления пор. Роль примесей.

#### 6. Образовательные технологии:

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

#### 7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Занятия могут проходить на русском или английском языках. Для самоподготовки предлагается список вопросов по каждой теме, контрольные задания и перечень вопросов к зачету.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу. Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются:

<http://nbmgu.ru/>

### Основная литература

1. А.В. Кнотько, И.А. Пресняков, Ю.Д. Третьяков. Химия твердого тела. М., «Академия», 2006.
2. Ю.Д. Третьяков, Х. Лепис. Химия и технология твердофазных материалов. М., МГУ, 1985. (будет заменена книгой: Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев. Введение в химию твердофазных материалов. М., МГУ, 2006 - по выходу ее из печати).
3. Г.С. Жданов, А.Г. Хунджуа. Лекции по физике твердого тела. М., МГУ, 1988.
4. Н. Хенней. Химия твердого тела. М., "Мир", 1971

### Дополнительная литература

1. В.И. Путляев, И.Э. Грабой. Элементы химии твердого тела. М., Химический ф-т и ФНМ МГУ, 2002.
2. В.С. Урусов. Теория изоморфной смесимости. М, "Наука", 1977. (к лекции 2)
3. А.А. Чернов, Е.И. Гиваргизов, Х.С. Багдасаров, Л.Н. Демьянец, В.А. Кузнецов, А.Н. Лобачев. Современная кристаллография. Т. 3. Образование кристаллов. М. "Наука", 1980. (к лекции 3)
4. К. Сангвал. Травление кристаллов (теория, эксперимент, применение). М., "Мир", 1990. (к лекции 3)
5. Р.К. Мозберг. Материаловедение. М., "Высшая школа", 1991. (к лекции 6)
6. Я.Е. Гегузин. Физика спекания. М., «Наука», 1984. (к лекции 10)
7. У.Д. Кингери. Введение в керамику. М., «Стройиздат», 1964. (к лекции 10)

- Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами).

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: Кнотько Александр Валерьевич, д.х.н., старший научный сотрудник.

### Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - зачета. На зачете проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

### Вопросы для самостоятельной работы и подготовки к зачету:

1. Вклад поверхностной и упругой энергии в термодинамику твердофазного превращения.
2. Сформулируйте правило «максимальной полярности» для оценки направления протекания твердофазной реакции.
3. Габитус кристалла в условиях термодинамического и кинетического контроля.

4. Химическая и когерентная спинодали.
5. Объясните эффект «памяти формы» в рамках концепции термоупругого равновесия.
6. Выведите уравнение Яндера и уравнение сжимающейся сферы. Какие предпосылки лежат в их основе?
7. Как определить температуру стеклования?
8. Фундаментальные закономерности спекания, лежащие в основе получения оптически прозрачной корундовой керамики.
9. Область применения уравнения Аврами-Колмогорова-Ерофеева.
10. Смысл величины энергии активации твердофазной реакции.

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<b>Знать</b> теоретические основы, практические и методологические особенности методов исследования неорганических веществ.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на семинарских занятиях и зачете
<b>Уметь</b> анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, <b>Уметь:</b> самостоятельно составлять план исследования. <b>Уметь:</b> выбирать оптимальный набор методов для решения конкретной задачи по изучению не-	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на семинарских занятиях и зачете

<p>органических веществ и материалов.  <b>Уметь</b> выбрать условия проведения исследования исходя из методологических особенностей метода, подготовить образец к анализу.</p>	
<p><b>Владеть</b> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения.  <b>Владеть:</b> информацией о возможностях методов, их точности и ограничениях, иметь представление о приемах подготовки образцов, задании параметров проведения эксперимента, методах регистрации и обработки экспериментальных результатов.  <b>Владеть</b> программным обеспечением методов исследования.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>