

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)

**Синтез и свойства неорганических веществ и материалов (IV).
Синтез и свойства неорганических веществ
и функциональных материалов.**

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)
СПК-2.С. Способен использовать представления о взаимосвязи состава, кристаллического и электронного строения, химических и физических свойствах неорганических веществ и материалов с различной морфологией, микроструктурой и дисперсностью, кристаллохимические, термодинамические и кинетические знания для проведения направленного неорганического синтеза	СПК-2.С.2 Применяет аппарат физической химии для оптимизации условий проведения направленного неорганического синтеза	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
СПК-4.С. Владеет классическими и новейшими методами получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью, включая монокристаллы, наночастицы, аморфные фазы и пленки.	СПК-4.С.1 Предлагает различные методы получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью.	Знать возможности и ограничения методов получения неорганических веществ и материалов из газовой фазы, раствора и твердой фазы, Знать и понимать роль термодинамики и кинетики процессов синтеза, возможности и ограничения управления составом и структурой в процессе синтеза Знать: основные виды опасностей при работе в химической лаборатории, Знать: правила техники безопасности при работе с химическими реактивами, ЛВЖ, вакуумными установками, баллонами со сжатыми газами и сосудами под давлением, криогенными сосудами, электрическими установками, высокотемпературными печами. Уметь находить релевантные методы синтеза и исследования, Уметь: применять основные законы химии при анализе полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных;

		Уметь: представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчета, научного доклада, презентации.
СПК-5.С. 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.	СПК-5.С.2 Предлагает способы получения функциональных материалов с заданными свойствами	Уметь: выбирать оптимальный набор методов для решения конкретной задачи по изучению неорганических веществ и материалов
	СПК-5.С.3 С учетом имеющихся возможностей выбирает оптимальные материалы для дизайна устройств с заданным функционалом	Владеть: информацией о возможностях методов, их точности и ограничениях, иметь представление о приемах подготовки образцов, задании параметров проведения эксперимента, методах регистрации и обработки экспериментальных результатов.

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 58 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 36 часов – занятия семинарского типа, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 14 часов 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						Самостоятельная работа обучающегося, часы		
		из них						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. Направленный синтез неорганических соединений. Синтез соединений с заданным характером структуры.	10	3	6				9	1		1
Особенности синтетического подхода для синтеза различных классов соединений: фториды, оксиды, селенит- и теллурид-галогениды, нитраты и нитратные комплексы, металлоорганические каркасные соединения.	10	3	6				9	1		1
Основы метода химического транспорта.	11	3	6				9	2		2
Раздел 2. Неорганические материалы для энергетики. Электрохимические накопители энергии: виды, конструкции, основные харак-	10	3	2				9	1		1

теристики. Первичные и вторичные химические источники тока (ХИТ): классификация и основные характеристики.										
Электролиты и электроды для ХИТ. Альтернативные литиевые системы и натрий-ионные аккумуляторы.	7	2	4				6	1		1
Типы топливных элементов (ТЭ) и их классификация. Преимущества и недостатки различных типов ТЭ. Материалы компонентов различных типов ТЭ.	7	2	4				6	1		1
Материалы компонентов высокотемпературных ТОТЭ (катод, анод, электролит, элементы коммутации). Основные электрохимические методы исследования: потенциостатические, потенциодинамические, гальваностатические, спектроскопия импеданса.	7	2	8				6	1		1
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	10					4	4			6
Итого	72	18	36			4	58	8		14

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. Уэллс. Структурная неорганическая химия, М., Мир, 1987, т.1, 2.
2. А.С. Фиалков. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе, М., Аспект Пресс, 1997, 330 с.
3. Р. Хоффман, Строение твердых тел и поверхностей: взгляд химика-теоретика, М., Мир, 1990.
4. Э. Юсти, А. Винзель. Топливные элементы. Мир, Москва, 1964.
5. В.С. Багоцкий, А.М. Скундин. Химические источники тока. Энергоиздат, Москва, 1981.
6. А.К. Иванов-Шиц, И.В. Мурун. Ионика твердого тела. Том I. Изд-во СПб университета, 2000.

Дополнительная литература

1. Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths Vol.35 edited by K.A.Gschneidner, Jr., 3. J.-C.G.Bünzli and V.K. Pecharsky 2005 Elsevier B.V. DOI:10.1016/S0168-1273(05)35005-7 Mathias S.Wickleder Oxo-selenates of rare earth elements p 45-107
2. B. E. Conway. Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications. Springer, 1999.
3. Advanced batteries. Edited by R.Huggins. Springer, 2009.
4. Linden's Handbook of Batteries, 4th Edition. Edited by T.B.Reddy. McGraw-Hill, 2010.
5. Lithium Batteries: Advanced Technologies and Applications. Edited by B. Scrosati, K.M. Abraham, W. Van Schalkwijk, J. Hassoun. JohnWiley&Sons, 2013.
6. J. C. Larminie, A. Dicks. Fuel Cell Systems Explained, John Wiley and Sons Ltd, New York, 2nd edn, 2003.
7. High Temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design and Applications. (Eds. S.C. Singhal, K. Kendall). Elsevier, Oxford, U.K., 2003.

Периодическая литература

1. Н.В. Подберезская, С.А.Магарилл, Н.В. Первухина, С.В. Борисов «Кристаллохимия дихалькогенидов состава MX₂», Журн. структурной химии, 2001, т. 42, №4, с. 783-817.
2. Г.Б. Дубровский «Закономерности образования политипных структур в слоистых дихалькогенидах металлов». Физика твердого тела, 2003, т.45, №9, с. 1590-1592.

3. В.А.Долгих, Л.Н.Холодковская. Кристаллохимия слоистых оксогалогенидов и оксохалькогенидов металлов (фазы Силлена). Журнал неорганической химии, 37, 5, 970 (1992)
4. A.M.Kusainova, P.S.Berdonov, L.N.Kholodkovskaya, V.A. Dolgikh, B.A.Popovkin. New layered compounds with the general composition (MO)(CuSe), where M = Bi, Nd, Gd, Dy, and BiOCuS: syntheses and crystal structure. Journal of solid state chemistry, 1994, v.112, p.189 .
5. Ю.А.Изюмов, Э.З.Курмаев. Новый класс высокотемпературных сверхпроводников в FeAs-системах. УФН, 2008, Т.172, с. 1308-1334
6. Charkin D.O. Russ. J. Inorg. Chem. 2008. V. 53 (Suppl.). P. 1977 – 1996.
7. Schaak R.E., Mallouk T.E. Chem. Mater. 2002. V. 14. P. 1455–1471
8. Nathaniel L. Rosi, Jaheon Kim, Mohamed Eddaoudi, Banglin Chen, Michael O’Keeffe and Omar M. Yaghi. Rod Packings and Metal-Organic Frameworks Constructed from Rod-Shaped Secondary Building Units. J. Am. Chem. Soc., 2005, 127, 1504-1518.
9. S. B. Choi, H. Furukawa, H. J. Nam, D. Y. Jung, Y. H. Jhon, A. Walton, D. Book, M. O’Keeffe, O. M. Yaghi, J. Kim. Reversible interpenetration in a metal-organic framework triggered by ligand removal and addition. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2012, 51, 8791-8795.
10. D. J. Tranchemontagne, K. S. Park, H. Furukawa, J. Eckert, C. B. Knobler, O. M. Yaghi. Hydrogen Storage in New Metal-Organic Frameworks. *J.Phys. Chem. C*, 2012, 116, 13143-13151.
11. С.Я. Истомин, Е.В. Антипов, Катодные материалы на основе перовскитоподобных оксидов переходных металлов для среднетемпературных твердооксидных топливных элементов, Успехи химии. 2013. Т.82. № 7. С. 686-700.

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

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: Долгих Валерий Афанасьевич, д.х.н., ведущий научный сотрудник; Морозов Игорь Викторович д.х.н., ведущий научный сотрудник; Бердонов Петр Сергеевич, к.х.н., доцент; Карпова Елена Владимировна, к.х.н., доцент; Алёшин Владимир Алексеевич, д.х.н., доцент; Чаркин Дмитрий Олегович, к.х.н., доцент; Фёдорова Анна Александровна, к.х.н., доцент; Истомин Сергей Яковлевич, к.х.н., доцент; Хасанова Нелли Ракиповна, к.х.н., ведущий научный сотрудник; Дрожжин Олег Андреевич, к.х.н., старший научный сотрудник; Иткис Даниил Михайлович, к.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:

Раздел 1. Направленный синтез неорганических соединений.

1. Определение понятия «слоистая кристаллическая структура». Общие черты строения слоистых кристаллических фаз.
2. Принципы дизайна слоистых структур, совмещающих разные типы слоев.
3. Гетеровалентное замещение в структурах LnOCuX , зависимость электрофизических свойств твердых растворов $(\text{La}_{1-x}\text{CaO}_x)(\text{Cu}_{1-x}\text{M}_x\text{S})$ от состава ($\text{M} = \text{Mn}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Zn}$).
4. Кристаллографический, кристаллохимический и модульный подходы к прогнозу новых кристаллических структур и анализу взаимосвязей между составом, структурами и свойствами. Критерии совместимости слоев как основа для предсказания существования новых соединений.
5. Методы получения безводных фторидов металлов. Нестехиометрия фторидов. Выбор тактики синтеза фторсодержащих фаз: кристаллохимический дизайн, физико-химический анализ и термодинамические расчеты.
6. Основные методы синтеза высокодисперсных оксидов (гидротермальный метод, золь-гель метод, синтез в расплавленных нитратах металлов и т.д.). Сравнение этих методов с традиционными методами синтеза оксидов (твёрдофазным синтезом).
7. Способы координации и особенности стереохимии нитратных анионов. Типы координации нитратных групп, взаимосвязь способа координации и геометрии.
8. Способы синтеза нитратных комплексов: использование N_2O_4 и N_2O_5 , разложение нитратометаллатов
9. Применение нитратов и нитратных комплексов. Нитратные комплексы в газовой фазе: перспективы использования в методе CVD.
10. Подходы к дизайну металлкарбоксилатных каркасных соединений. Вторичные структурные строительные единицы (SBU).
11. Особенности строения селенитной и теллуритной группировки. Особенности галогенид анионов в рассматриваемых структурах.
12. Термодинамика и макрокинетика транспортных явлений. Равновесные изобарно-изотермические процессы.
13. Движущая сила химического транспорта. Неравновесные процессы, протекающие в градиенте температуры.

Раздел 2. Неорганические материалы для энергетики.

1. Принцип работы суперконденсаторов. Структура двойного электрического слоя. Модель Гельмгольца. Модели Гуи-Чэпмэна и Штерна.
2. Методы синтеза углеродных материалов для суперконденсаторов.
3. Принципы, определяющие емкость и напряжение ХИТ, уравнение Нернста. Разрядные кривые и правило фаз Гиббса. Равновесный потенциал.
4. Жесткие и мягкие модификации углерода. Примеры.
5. Катодные материалы второго поколения: особенности строения и электрохимические свойства соединений с анионными группировками (фосфаты, сульфаты, силикаты и т.д.).
6. Механизмы деградации литий-серных аккумуляторов.
7. ХИТ на основе мультивалентных катионов металлов. Использование мультивалентных катионов в первичных ХИТ. Магний-ионные аккумуляторы. Основные преимущества, недостатки и проблемы.
8. Основы термодинамики и кинетики процессов, протекающих в топливных элементах (ТЭ). Классификация ТЭ. Материалы компонентов различных типов ТЭ.

9. Высокотемпературные ТЭ. Твердооксидный ТЭ (ТОТЭ): преимущества и недостатки. Материалы электролита ТОТЭ. Однофазные анодные материалы ТОТЭ.

10. Катодные материалы ТОТЭ. Механизм восстановления кислорода на катоде ТОТЭ. Катодные материалы среднетемпературных ТОТЭ на основе перовскитоподобных оксидов железа, кобальта, никеля и меди.

11. Факторы, влияющие на электропроводность и термическое расширение перовскитоподобных оксидов 3d-металлов.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

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

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
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

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
Знать возможности и ограничения методов получения неорганических веществ и материалов из газовой фазы, раствора и твердой фазы, Знать и понимать роль термодинамики и кинетики процессов синтеза, возможности и ограничения управления составом и структурой в процессе синтеза. Знать: основные виды опасностей при работе в химической лаборатории, правила техники безопасности при работе с химическими реактивами, ЛВЖ, вакуумными установками, баллонами со сжатыми газами и сосудами под давлением, криогенными сосудами, электрическими установками, высокотемпературными печами.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на семинарских занятиях и зачете
Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы,	мероприятия текущего контроля успе-

<p>Уметь: самостоятельно составлять план исследования</p> <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</p> <p>Уметь находить релевантные методы синтеза и исследования,</p> <p>Уметь: применять основные законы химии при анализе полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных;</p> <p>Уметь: представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчета, научного доклада, презентации.</p> <p>Уметь: выбирать оптимальный набор методов для решения конкретной задачи по изучению неорганических веществ и материалов.</p>	<p>ваемости, устный опрос на семинарских занятиях и зачете</p>
<p>Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения.</p> <p>Владеть: информацией о возможностях методов, их точности и ограничениях, иметь представление о приемах подготовки образцов, задании параметров проведения эксперимента, методах регистрации и обработки экспериментальных результатов.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>