

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«30» августа 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Химия функциональных неорганических материалов

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки (специальность):

04.04.01 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 (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» (программа магистратуры) в редакции приказа МГУ от 30 августа 2019 г., №1033.

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)
<p>СПК-2.М Способен применять кристаллохимические, термодинамические и кинетические представления для проведения направленного неорганического синтеза, владение как классическими, так и новейшими методами синтеза для получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью, включая монокристаллы, наночастицы, аморфные фазы и пленки</p>	<p>СПК-2.М.2 Применяет аппарат физической химии для оптимизации условий проведения направленного неорганического синтеза</p>	<p>Знать: основные физико-химические параметры синтеза неорганических материалов. Знать: основные операционные параметры синтеза 1D, 2D, 3D наноразмерных материалов: пересыщение, температуру, давление, объем реакционной системы; условия синтеза и стабилизации полупроводниковых нанокристаллов «квантовых точек». Уметь: выбирать условия синтеза материалов из расплава, раствора и пара из анализа Р-Т-х фазовой диаграммы. Уметь: определять: лимитирующую стадию процесса синтеза и температурную зависимость скорости роста;</p>
	<p>СПК-2.М.3 Предлагает различные методы получения неорганических веществ и материалов с заданной морфологией, микроструктурой, дисперсностью.</p>	<p>Владеть: - основными методами синтеза неорганических материалов из раствора, расплава и пара в виде кристаллов, пленок и гетероструктур. Владеть: основными методами синтеза нанокристаллов: золь-гель, криохимическая сушка, гидротермальный синтез, пиролиз аэрозолей, вакуумная конденсация, магнетронное и лазерное нанесение, ПЖК, химическое осаждение из пара.</p>
<p>СПК-5.М Способен обоснованно выбирать и применять современные методы исследования состава, структуры и свойств неорганических веществ и материалов, знание теоретических основ этих методов и основных принципов работы приборов для выбора параметров проведения эксперимента, обработки и интер-</p>	<p>СПК-5.М.1 Предлагает методы исследования состава, структуры и свойств неорганических веществ и материалов, адекватные поставленной задаче</p>	<p>Знать: классификацию неорганических материалов по функциональным свойствам Владеть: основными методами измерения функциональных свойств: электрофизических, оптических, фотоэлектрических, магнитных, термоэлектрических Владеть: основными методами исследования состава и структуры кристаллов, пленок и гетероструктур с учетом локальности и глубины анализа: электронная микроскопия, рентгеновская дифракция, спектроскопия поглощения.</p>

претации полученных результатов	СПК-5.М.2 Проводит измерения функциональных свойств неорганических материалов с использованием современного научного оборудования	Уметь: определять основные параметры функциональных свойств неорганических материалов: электрофизические, фотоэлектрические, оптические, магнитные, термоэлектрические.
---------------------------------	--	--

3. Объем дисциплины (модуля) составляет **4** зачетных единицы, всего **144** часа, из которых **65** часов составляет контактная работа студента с преподавателем (38 часов занятия лекционного типа, 19 часов – занятия семинарского типа, 4 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), **79** часов составляет самостоятельная работа студента.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия. Требуется освоение дисциплин «Неорганическая химия», «Математический анализ», «Уравнения математической физики», «Общая физика», «Основы квантовой механики», «Элементы строения вещества», «Физическая химия», «Кристаллохимия», «Фундаментальные основы неорганического синтеза» в объеме, преподаваемом на Химическом факультете МГУ.

Обучающийся должен

Знать: химические свойства неорганических соединений и основные закономерности в их изменении, основы математического анализа, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, 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 контроля успеваемости	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего

Классификация материалов; полупроводники: нанокристаллические полупроводники, квантовые точки, широкозонные оксиды, сенсорные материалы, материалы для фотоники	26	8	5	2			15	11		11
Новые углеродные материалы	7	2	1				3	4		4
Термоэлектрические материалы	8	2	2				4	4		4
Магнитные свойства материалов: классические магнитные материалы, магнитные материалы со специальными функциями	10	4	2				6	4		4
Сверхпроводники: железосодержащие сверхпроводники; сверхпроводники – материалы; сверхпроводники – устройства	9	4	1				5	4		4
Электродные материалы для литий-ионных аккумуляторов. Оксидные материалы для топливных элементов	9	3	2				5	4		4
Пьезоэффект в науке и технике. Современные подходы к поиску, синтезу и применению пьезоэлектрических и родственных материалов	8	3	1				4	4		4
Дизайн микро и наночастиц и процессы их самосборки.	9	4	1				5	4		4
Неорганические биосовместимые материалы	10	4	2				6	4		4
Координационные соединения как материалы для фотоники	12	4	2	2			8	4		4
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	36					4	4			32
Итого	144	38	19	4		4	65	47		79

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 экзамену.

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. А. Вест. Химия твердого тела. Теория и приложения: в 2-х ч, пер. с англ. Москва. Мир. 1988
2. Суздаев И.П. Физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Москва. КомКнига, 2006.
3. Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников, Москва, Наука, 1977.
4. Иоффе А.И. и др. Термоэлектрическое охлаждение. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
5. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.

Дополнительная литература

1. Semiconductor and metal nanocrystals. Edited by V.Klimov. *New York, Marcel Dekker Inc. 2004.*
2. Карпов Е.Ф. Б.И.Басовский. Контроль проветривания и дегазации в угольных шахтах//. Москва, Недра, 1994, 333.
3. White M.A. *Properties of Materials. Oxford University Press. Oxford, 1999*
4. В.Т.Калинников, Ю.В.Ракитин. Введение в магнетохимию. М.: Наука, 1980.
5. Д.Д.Мишин. Магнитные материалы. М.:Высшая школа, 1981.
6. Michel Cyrot and Davor Pavuna: "Introduction to Superconductivity and High-Tc Materials", World Scientific Publ. Co., London, New Jersey, Singapore, Hong Kong, Bangalore, Beijing (1992).
7. Мняян М.Г., Сверхпроводники в современном мире: Кн. Для учащихся.-М.:Просвещение, 1991.
8. Токонесущие ленты второго поколения на основе высокотемпературных сверхпроводников/ Под ред. А. Гояла; Пер. с англ.; ред. пер. А.Р.Кауль. М.: ЛКИ, 2009.
9. Lectures on Superconductivity, Computer and iPod Edition. Edited by B.Glowacki for CSENET-2. <http://www.msm.cam.ac.uk/ascg/lectures/>,
10. R.A. Huggins "Advanced batteries" Springer (2009).

11. Ю.М. Поплавко, Переверзева Ю.П., Раевский И.П. Физика активных диэлектриков. Ростов-на-Дону. Изд-во Южного Федерального университета, 2009.
12. Кэди У. Пьезоэлектричество и его практическое применение. Пер. с англ. М., Из-во ин. лит., 1949.
13. М.Лайнс, А.Гласс. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы. М., «Мир», 1981
14. Герзанич Е.И., Фридкин В.М. Сегнетоэлектрики типа $A^V B^VI C^VII$. М., Наука, 1982.
15. Дж. Ван Везер. Фосфор и его соединения, М.: Издательство, 1962, 687 с.

Периодическая литература

1. Мясоедов Б.Ф. Давыдов А.В. Химические сенсоры, возможности и перспективы. //ЖАХ 1990. том 45. 7. С 1259-1278.
2. Власов Ю.Г. Твердотельные сенсоры в химическом анализе.// ЖАХ. 1990, том 45, 7 с.1279-1289
3. И.А.Мясников, В.Я. Сухарев, Л.Ю.Куприянов, С.А.Завьялов Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях//, Наука, 1991г. Перевод этой книги вышел в серии Handbook of sensors and actuators, V 4, " Semiconductor Sensors in Physico-Chemical Studies", Elsevier,1996.
4. Золотов Ю.А. Аналитическая химия в ИОНХ//. ЖАХ, 1995, том 50, 1223-1228.
5. Морозов, С. В., Новоселов, К. С., Гейм, А. К. (2008). Электронный транспорт в графене. Успехи физических наук, 178(7), 776.
6. Krishnan, D., Kim, F., Luo, J., Cruz-Silva, R., Cote, L. J., Jang, H. D., & Huang, J. (2012). Energetic graphene oxide: Challenges and opportunities. Nano Today, 7(2), 137–152. doi:10.1016/j.nantod.2012.02.003
7. Kuila, T., Bose, S., Mishra, A. K., Khanra, P., Kim, N. H., & Lee, J. H. (2012). Chemical functionalization of graphene and its applications. Journal of Progress in Materials Science, 57(7), 1061–1105. doi:10.1016/j.pmatsci.2012.03.002
8. Zhan, D., Yan, J., Lai, L., Ni, Z., Liu, L., & Shen, Z. (2012). Engineering the Electronic Structure of Graphene. Advanced Materials, 24(30), 4055–4069.
9. Pei, S., & Cheng, H.-M. (2012). The reduction of graphene oxide. Carbon, 50(9), 3210–3228. doi:10.1016/j.carbon.2011.11.010
10. Prasek, J., Drbohlavova, J., Chomoucka, J., Hubalek, J., Jasek, O., Adam, V., & Kizek, R. (2011). Methods for carbon nanotubes synthesis—review. Journal of Materials Chemistry, 21(40), 15872. doi:10.1039/c1jm12254a
11. Шевельков А.В. Химические аспекты создания термоэлектрических материалов. Успехи химии, 77 (2008), 3–21.
12. Е.В. Антипов, А.М. Абакумов. Структурный дизайн сверхпроводников на основе сложных оксидов меди, Успехи физических наук 178, 190–202 (2008).
13. А.Л. Ивановский // Новые высокотемпературные сверхпроводники на основе оксиарсенидов редкоземельных и переходных металлов и родственных фаз: синтез, свойства и моделирование. // Успехи физических наук, т. 178, №12, с. 1273, (2008)
14. 2. G. R. Stewart // Superconductivity in iron compounds // Rev. Mod. Phys., 83, 4 (2011).
15. Jiang Hao, Sun Yun-Lei, Xu Zhu-An, Cao Guang-Nan. // // Crystal chemistry and structural design of iron-based superconductors // Phys. B – Vol. 22, No. 8. – (2013) 087410.
16. 3. Yanwei Ma //Progress in wire fabrication of iron-based superconductors // Supercond. Sci. Technol. 25 (2012) 113001.
17. M. Winter & R.J. Brodd "What are batteries, fuel cells, and supercapacitors?" Chem. Reviews 104 (2004) 4245-4269.

18. J.B. Goodenough, Y. Kim "Challenges for Rechargeable Li Batteries" *Chemistry of materials* 22 (2010) 587-603.
 19. M. Stanley Whittingham, Lithium batteries and cathode materials // *Chem. Rev.*, 2004, 104, 4271–4301.
 20. M. M. Thackeray, C. Wolverton, E. D. Isaacs, Electrical energy storage for transportation – approaching the limits of, and going beyond, lithium-ion batteries // *Energy Environ. Sci.*, 2012, 5, 7854–7863.
 21. High Temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design and Applications. (Eds. S.C. Singhal, K. Kendall). Elsevier, Oxford, U.K., 2003.
 22. С.Я. Истомин, Е.В. Антипов "Катодные материалы для среднетемпературных ТОТЭ на основе перовскитоподобных оксидов переходных металлов", *Успехи химии* 82, 2013, с. 686-700.
 23. S.B. Adler "Factors Governing Oxygen Reduction in Solid Oxide Fuel Cell Cathodes" *Chem. Reviews* 104 (2004) 4791-4844.
 24. P. Shiv Halasyamani and Kenneth R. Poeppelmeier. Noncentrosymmetric Oxides. *Chem. Mater.* 1998, 10, 2753-2769
 25. Ю. Д. Третьяков. Развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных материалов. // Тезисы докладов XV11 Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Раздел "Достижения и перспективы химической науки", 2003. С.13.
 26. T.G. Lupeiko, S.S. Lopatin. Old and New Problems in Piezoelectric Materials Research and Materials with High Hydrostatic Sensitivity. *Inorganic Materials*. 2004. V. 40. Suppl. 1. P. 19-32.
- Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: профессор, д.х.н. Гаськов А.М., профессор, д.х.н. А.В. Шевельков, профессор, д.х.н. Е.В. Антипов, профессор, д.х.н. Е.А.Гудилин, профессор, д.х.н. А.Р. Кауль, профессор, д.х.н. П.Е.Казин, в.н.с., д.х.н. В.А. Долгих, доцент, к.х.н. В.И. Путляев, в.н.с., д.х.н. И.В. Морозов, в.н.с., д.х.н. Л.В. Яшина, в.н.с., к.х.н. С.Г. Дорофеев, в.н.с., к.х.н. Уточникова В.В.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

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

Вопросы для самостоятельной работы и подготовки к экзамену:

1. Физические причины возникновения размерного эффекта в полупроводниках.
2. Типичный спектр поглощения квантовых точек, основные типы переходов.
3. Основные типы стабилизаторов для коллоидных квантовых точек А2В6.

4. В какие моменты времени происходит начало и окончание нуклеации на диаграмме Ла-Мера. Как получить узкое распределение частиц по размерам.
5. Какие типы полупроводниковых гетеропереходов существуют. Для чего используется формирование гетеропереходов в квантовых точках.
6. Что такое химический сенсор. Как классифицируют химические сенсоры?
7. Какие свойства материала позволяют использовать его в сенсорах?
8. Каковы основные параметры сенсоров, как их определяют?
9. Какие основные свойства полупроводников представляют интерес для создания химических сенсоров?
10. Чем вызвана необходимость применения нанокристаллических полупроводников?
11. Назовите основные активные центры на поверхности материалов?
12. Как можно повлиять на природу активных центров?
13. Назовите основные приемы создания сенсорных материалов для детектирования токсичных примесей в воздухе.
14. Что такое критический ток, плотность критического тока?
15. Что такое эффект Мейсснера?
16. Каковы основные параметры сверхпроводящих материалов, как их определяют?
17. Почему ориентация кристаллических зерен в сверхпроводящих материалах имеет столь большое значение?
18. Объясните основные технологические подходы к получению длинномерных ВТСП материалов второго поколения.
19. Поясните сущность технологии «порошок в трубе». Какие материалы получают по этой технологии?
20. Что такое пиннинг вихрей Абрикосова? Какими качествами должны обладать идеальные центры пиннинга?
21. Что такое слабые связи в структуре сверхпроводника? Объясните зависимость плотности критического тока от угла разориентации соседних зерен в структуре ВТСП $YBaCuO$.
22. В чем заключаются прямой и обратный пьезоэффекты? Какие другие эффекты могут возникнуть в диэлектриках под влиянием внешних воздействий?
23. Каковы кристаллографические условия возникновения пьезоэффекта? При комнатной температуре структура титаната кальция содержит центр симметрии, а титаната бария не содержит; в каком из этих соединений следует ожидать наличие пьезоэффекта?
24. Каковы основные области применения пьезоэлектриков? Приведите примеры конкретных материалов для различных устройств.
25. Что такое система ЦТС?
26. Каковы структурные и пьезоэлектрические особенности сульфоиодида сурьмы?
27. Основные методы получения поликристаллических и монокристалльных образцов сульфоиодида сурьмы.
28. В чем заключаются достоинства пьезокерамики по сравнению с монокристалльными пьезоматериалами?
29. Что такое композиционный пьезоматериал? В чем привлекательность перехода от традиционной пьезокерамики к пьезокомпозитам?
30. Какие новые возможности применения пьезоэлектриков открывают пленочные материалы? Что такое планарная структура?
31. Какими методами можно получить сегнето-, пьезоэлектрические пленки?

32. Как классифицируют остеопластические биоматериалы по типу отклика организма на имплантат? Дайте примеры материалов и очертите области их применения.
33. Какие свойства материала определяют его биосовместимость, биорезорбируемость? Дайте определения таким свойствам как остеокондуктивность, остеоиндуктивность.
34. Каковы основные недостатки имплантатов из металлов и технической керамики (на основе оксида алюминия, диоксида циркония)? Каким образом достигаются высокие прочностные характеристики керамики на основе диоксида циркония?
35. Чем вызван рост резорбируемости фосфатов кальция с уменьшением отношения Ca/P? Какие основные принципы регулирования резорбируемости фосфатных биоматериалов используются в настоящее время?
36. Какими факторами определяется остеокондуктивность биокерамики? Какие современные приемы получения макропористой керамики используются для изготовления костных имплантатов?
37. Сопоставьте материалы реакционного связывания и керамические материалы. В чем видится перспектива применения материалов первого типа?
38. Могут ли неорганические материалы обладать остеоиндуктивными свойствами? Приведите примеры. Каков предполагаемый механизм остеоиндукции в этих материалах?
39. Назовите основные приемы создания композитов фосфат/полимер. Каковы назначения полимера и фосфатного наполнителя? Какие механизмы упрочнения реализуются в композитах фосфат/полимер и в нативной костной ткани?
40. Укажите способы получения порошков фосфатов кальция различной микроморфологии. Какова взаимосвязь между морфологическими характеристиками порошка и его растворимостью (резорбируемостью)?
41. Какими факторами определяется прочность реакционно-связанных фосфатных материалов? Обрисуйте стратегию повышения прочности материалов реакционного связывания.

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 классификацию неорганических материалов по функциональным свойствам. Знать основные физико-химические параметры синтеза неорганических материалов.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь выбирать условия синтеза материалов из расплава, раствора и пара из анализа Р-Т-х фазовой диаграммы. Уметь определять: лимитирующую стадию процесса синтеза и температурную зависимость скорости роста; основные операционные параметры синтеза 1D, 2D, 3D наноразмерных материалов: пересыщение, температуру, давление, объем реакционной системы; условия синтеза и стабилизации полупроводниковых нанокристаллов «квантовых точек». Уметь определять основные параметры функциональных свойств неорганических материалов: электрофизические, фотоэлектрические, оптические, магнитные, термоэлектрические.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Владеть основными методами синтеза неорганических материалов из раствора, расплава и пара в виде кристаллов, пленок и гетероструктур. Владеть основными методами синтеза нанокристаллов: золь-гель, криохимическая сушка, гидротермальный синтез, пиролиз аэрозолей, вакуумная конденсация, магнетронное и лазерное нанесение, ПЖК, химическое осаждение из пара. Владеть основными методами исследования состава и структуры кристаллов, пленок и гетероструктур с учетом локальности и глубины анализа: электронная микроскопия, рентгеновская дифракция, спектроскопия поглощения. Владеть основными методами измерения функциональных свойств: электрофизических, оптических, фотоэлектрических, магнитных, термоэлектрических.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене