

**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: Химия функциональных неорганических материалов

Основная цель дисциплины: ознакомление студентов с современными подходами и инновационными идеями в области создания функциональных неорганических материалов, составляющих основу современной энергетики, электроники, фотоники, сенсорики и других важных наукоемких областей народного хозяйства. Особенностью курса является то, что он составлен из разделов, посвященных отдельным группам материалов: полупроводники, сверхпроводники, термоэлектрические, магнитные материалы. Каждый раздел представлен экспертами в данной области.

Программа каждого раздела строится на общих принципах рассмотрения взаимосвязи «Состав-структура-свойство» для разных типов неорганических материалов. Последовательно рассматриваются критерии выбора материалов, особенности их кристаллической и дефектной структуры, соответствующие Р-Т-х фазовые диаграммы и физико-химические условия получения материалов с заданными свойствами. Значительное внимание уделяется рассмотрению влияния микроструктуры материалов на функциональные свойства. Для наноматериалов анализируется роль размерного эффекта, процессы самоорганизации и стабилизации нанокристаллической структуры.

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-4) Способность применять познания в материаловедении для получения неорганических функциональных материалов с заданными свойствами.	З1 (МПК-4) Знать: классификацию неорганических материалов по функциональным свойствам.
	З2 (МПК-4) Знать: основные физико-химические параметры синтеза неорганических материалов
	У1 (МПК-4) Уметь: выбирать условия синтеза материалов из расплава, раствора и пара из анализа Р-Т-х фазовой диаграммы.
	В1 (МПК-4) Владеть: основными методами синтеза нанокристаллов: золь-гель, криохимическая сушка, гидротермальный синтез, пиролиз аэрозолей, вакуумная конденсация, магнетронное и лазерное нанесение, ПЖК, химическое осаждение из пара.
	В2 (МПК-4) Владеть: основными методами исследования состава и структуры кристаллов, пленок и гетероструктур с учетом локальности и глубины анализа: электронная микроскопия, рентгеновская дифракция, спектроскопия поглощения.

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 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 54 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов - лекции, 14 часов – семинары и 4 часа на проведение промежуточной аттестации), 90 часов 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, кристаллохимии, коллоидной и физической химии, общей физики, математического анализа, а также на практических навыках в области неорганической 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 контрольным работам	Всего
Раздел 1. Классификация материалов. Полупроводники.	22	8	2				10	8	4	12
Раздел 2. Термоэлектрики. Новые углеродные материалы. Пьезоэлектрики. Фотоники.	29	10	3			1	14	7	8	15
Раздел 3. Классические магнитные материалы.	11	5	2				7	2	2	4
Раздел 4. Сверхпроводники. Электродные материалы и материалы для топливных элементов.	29	10	3			1	14	7	8	15

Раздел 5. Дизайн и синтез наночастиц. Биосовместимые материалы.	17	3	1			1	5	6	6	12	
Промежуточная аттестация	36						4	32			
Итого	144	31	11			3*	54	30	28	90	

* Текущий контроль проводится в рамках семинарских занятий.

Содержание разделов дисциплины

Тематические разделы, рассматриваемые на лекциях и семинарах.

Раздел 1. Классификация материалов. Полупроводники.

1. Классификация материалов
2. Полупроводники
3. Нанокристаллические полупроводники, квантовые точки
4. Широкозонные оксиды, сенсорные материалы

Раздел 2. Термоэлектрики. Новые углеродные материалы. Пьезоэлектрики. Фотоники.

1. Материалы для фотоники
2. Координационные соединения как материалы для фотоники
3. Новые углеродные материалы
4. Термоэлектрические материалы
5. Пьезоэффект в науке и технике.
6. Современные подходы к поиску, синтезу и применению пьезоэлектрических и родственных материалов.
7. Контрольная работа в рамках семинарских занятий.

Раздел 3. Классические магнитные материалы.

1. Магнитные свойства материалов
2. Классические магнитные материалы.
3. Магнитные материалы со специальными функциями

Раздел 4. Сверхпроводники. Электродные материалы и материалы для топливных элементов.

1. Сверхпроводники

2. Железосодержащие сверхпроводники
3. Сверхпроводники – материалы
4. Сверхпроводники – устройства.
5. Электродные материалы для литий-ионных аккумуляторов
6. Оксидные материалы для топливных элементов.
7. Контрольная работа в рамках семинарских занятий.

Раздел 5. Дизайн и синтез наночастиц. Биосовместимые материалы.

1. Дизайн микро и наночастиц и процессы их самосборки.
2. Неорганические биосовместимые материалы
3. Контрольная работа в рамках семинарских занятий.

Самостоятельное изучение разделов дисциплин

Самостоятельная работа студентов состоит в проработке лекционного материала, подготовке к лекционным, семинарским занятиям, 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: ***Классификация материалов. Полупроводники. Подготовка к контрольной работе по данной теме.***
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: ***Термоэлектрики. Новые углеродные материалы. Пьезоэлектрики. Фотоники. Подготовка к двум контрольным работам по данной теме.***
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: ***Классические магнитные материалы. Подготовка к контрольной работе по данной теме.***
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: ***Сверхпроводники. Электродные материалы и материалы для топливных элементов. Подготовка к контрольной работе по данной теме.***
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: ***Дизайн и синтез наночастиц. Биосовместимые материалы. Подготовка к трем контрольным работам по данной теме.***
- 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. А. Вест. Химия твердого тела, т.2. М.: 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. Semiconductor and metal nanocrystals. Edited by V.Klimov. *New York, Marcel Dekker Inc. 2004.*
5. Мясоедов Б.Ф. Давыдов А.В. Химические сенсоры, возможности и перспективы. //ЖАХ 1990. том 45. 7. С 1259-1278.
6. Власов Ю.Г. Твердотельные сенсоры в химическом анализе.// ЖАХ. 1990, том 45, 7 с.1279-1289
7. 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, Volume 4, "Semiconductor Sensors in Physico-Chemical Studies", Elsevier,1996.
8. Карпов Е.Ф. Б.И.Басовский. Контроль проветривания и дегазации в угольных шахтах//. Москва, Недра, 1994, 333.
9. Золотов Ю.А. Аналитическая химия в ИОНХ//. ЖАХ, 1995, том 50, 1223-1228.
10. Морозов, С. В., Новоселов, К. С., Гейм, А. К. (2008). Электронный транспорт в графене. Успехи физических наук, 178(7), 776.
11. 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
12. 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
13. 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.
14. Pei, S., & Cheng, H.-M. (2012). The reduction of graphene oxide. *Carbon*, 50(9), 3210–3228. doi:10.1016/j.carbon.2011.11.010
15. 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
16. Иоффе А.И. и др. Термоэлектрическое охлаждение. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
17. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
18. Шевельков А.В. Химические аспекты создания термоэлектрических материалов. Успехи химии, 77 (2008), 3–21.
19. White M.A. Properties of Materials. Oxford University Press. Oxford, 1999

20. В.Т.Калинников, Ю.В.Ракитин. Введение в магнетохимию. М.: Наука, 1980.
21. Д.Д.Мишин. Магнитные материалы. М.:Высшая школа, 1981.
22. 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).
23. Е.В. Антипов, А.М. Абакумов. Структурный дизайн сверхпроводников на основе сложных оксидов меди, Успехи физических наук 178, 190–202 (2008).
24. 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)
25. 2. G. R. Stewart // Superconductivity in iron compounds // Rev. Mod. Phys., 83, 4 (2011).
26. Jiang Hao, Sun Yun-Lei, Xu Zhu-An, Cao Guang-Han. // // Crystal chemistry and structural design of iron-based superconductors // Phys. B – Vol. 22, No. 8. – (2013) 087410.
27. 3. Yanwei Ma //Progress in wire fabrication of iron-based superconductors // Supercond. Sci. Technol. 25 (2012) 113001.
28. Мняян М.Г., Сверхпроводники в современном мире: Кн. Для учащихся.-М.:Просвещение, 1991.
29. Токонесущие ленты второго поколения на основе высокотемпературных сверхпроводников/ Под ред. А. Гояла; Пер. с англ.; ред. пер. А.Р.Кауль. М.: ЛКИ, 2009.
30. R.A. Huggins "Advanced batteries" Springer (2009).
31. M. Winter & R.J. Brodd "What are batteries, fuel cells, and supercapacitors?" *Chem. Reviews* 104 (2004) 4245-4269.
32. J.B. Goodenough, Y. Kim "Challenges for Rechargeable Li Batteries" *Chemistry of materials* 22 (2010) 587-603.
33. M. Stanley Whittingham, Lithium batteries and cathode materials // *Chem. Rev.*, 2004, 104, 4271–4301.
34. 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.
35. High Temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design and Applications. (Eds. S.C. Singhal, K. Kendall). Elsevier, Oxford, U.K., 2003.
36. С.Я. Истомин, Е.В. Антипов "Катодные материалы для среднетемпературных ТОТЭ на основе перовскитоподобных оксидов переходных металлов", *Успехи химии* 82, 2013, с. 686-700.
37. S.B. Adler "Factors Governing Oxygen Reduction in Solid Oxide Fuel Cell Cathodes" *Chem. Reviews* 104 (2004) 4791-4844.
38. Ю.М. Поплавко, Переверзева Ю.П., Раевский И.П. Физика активных диэлектриков. Ростов-на-Дону. Изд-во Южного Федерального университета, 2009.
39. Кэди У. Пьезоэлектричество и его практическое применение. Пер. с англ. М., Из-во ин. лит., 1949.
40. P. Shiv Halasyamani and Kenneth R. Poeppelmeier. Noncentrosymmetric Oxides. *Chem. Mater.* 1998, 10, 2753-2769
41. М.Лайнс, А.Гласс. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы. М., «Мир», 1981

42. Ю. Д. Третьяков. Развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных материалов. // Тезисы докладов ХУ11 Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Раздел "Достижения и перспективы химической науки", 2003. С.13.
43. 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.
44. Герзанич Е.И., Фридкин В.М. Сегнетоэлектрики типа $A^V B^VI C^{VII}$. М., Наука, 1982.
45. J.B. Park, R.S. Lakes. *Biomaterials. An introduction* (second edition), Plenum Press, NY, 1992, 394 p.
46. Дж. Ван Везер. Фосфор и его соединения, М.: Издательство, 1962, 687 с.

Периодическая литература

1. *Inorganic Chemistry*
2. *Inorganic Chemistry Frontiers*
3. *European Journal of Inorganic Chemistry*
4. *Advances in Inorganic Chemistry*
5. *Inorganic Chemistry Communication*
6. *Reviews in Inorganic Chemistry*
7. *Comments on Inorganic Chemistry*
8. *Zeitschrift fur Anorganische und Allgemeine Chemie*
9. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*
10. *Chinese Journal of Inorganic Chemistry*
11. *Accounts of Chemical Research*
12. *Angewandte Chemie*
13. *Annual Reports: Section A(inorganic chemistry)*
14. *Chemical Communications*
15. *Chemical Reviews*
16. *Coordination Chemistry Reviews*
17. *Dalton Transactions*
18. *Inorganica Chimica Acta*
19. *Mendeleev Communications*
20. *Nature*
21. *Science*
22. *Russian Journal of Coordination Chemistry*

- 23. Russian Chemical Reviews
- 24. Russian Chemical Bulletin

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://www.msm.cam.ac.uk/ascg/lectures/>, Lectures on Superconductivity, Computer and iPod Edition. Edited by B.Glowacki for CSENET-2.

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели: профессор, д.х.н. Гаськов А.М., профессор, д.х.н. Шевельков А.В., чл.-корр. РАН, профессор, д.х.н. Антипов Е.В., чл.-корр. РАН, профессор, д.х.н. Гудилин Е.А., профессор, д.х.н. Кауль А.Р., профессор, д.х.н. Казин П.Е., вед.научн.сотр., д.х.н. Долгих В.А., доцент, к.х.н. Путляев В.И., вед.научн.сотр., д.х.н. Морозов И.В., вед.научн.сотр., д.х.н. Яшина Л.В., вед.научн.сотр., к.х.н. Дорофеев С.Г.

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 и семинарам, результаты контрольных работ.

Образцы вопросов контрольных работ.

1. В какие моменты времени происходит начало и окончание нуклеации на диаграмме Ла-Мера. Как получить узкое распределение частиц по размерам.

2. Перечислите основные активные центры на поверхности материалов.
3. Что такое критический ток, плотность критического тока?
4. Что такое слабые связи в структуре сверхпроводника? Объясните зависимость плотности критического тока от угла разориентации соседних зерен в структуре ВТСП YBaCuO.
5. Какими методами можно получить сегнето-, пьезоэлектрические пленки?
6. Чем вызван рост резорбируемости фосфатов кальция с уменьшением отношения Ca/P? Какие основные принципы регулирования резорбируемости фосфатных биоматериалов используются в настоящее время?

Промежуточный контроль успеваемости (вопросы к экзамену)

Для аттестации по итогам освоения дисциплины «Химия функциональных неорганических материалов» 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:

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 A_2B_6 .
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 возможность использования 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.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ МАГИСТРАТУРЫ МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

(МПК-4) Способность применять познания в материаловедении для получения неорганических функциональных материалов с заданными свойствами.

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, кристаллохимии, коллоидной и физической химии, общей физики, математического анализа, а также на практических навыках в области неорганической химии;
- **УМЕТЬ:** пользоваться химической литературой и современными интернет-ресурсами.
- **ВЛАДЕТЬ:** базовыми навыками работы с компьютерными программами.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (МПК-4) 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: классификацию неорганических материалов по функциональным свойствам. Код 31 (МПК-4)</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о классификации неорганических материалов по функциональным свойствам.	В целом успешные, но не систематические представления о классификации неорганических материалов по функциональным свойствам.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о классификации неорганических материалов по функциональным свойствам.	Сформированные представления о классификации неорганических материалов по функциональным свойствам.	Контрольные работы. Устное собеседование на экзамене.
<p>Знать: основные физико-химические параметры синтеза неорганических материалов. Код 32 (МПК-4)</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных физико-химических параметрах синтеза неорганических материалов.	В целом успешные, но не систематические представления об основных физико-химических параметрах синтеза неорганических материалов.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления об основных физико-химических параметрах синтеза неорганических материалов.	Сформированные представления об основных физико-химических параметрах синтеза неорганических материалов.	Контрольные работы. Устное собеседование на экзамене.
<p>Уметь: выбирать условия синтеза материалов из расплава, раствора и пара из анализа Р-Т-х фазовой диаграммы. Код У1 (МПК-4)</p>	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения выбирать условия синтеза материалов из расплава, раствора и пара из анализа	В целом успешное, но не систематическое умение выбирать условия синтеза материалов из расплава, раствора и пара из анализа Р-Т-х	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения выбирать условия синтеза материалов из расплава, раствора и	Сформированное умение выбирать условия синтеза материалов из расплава, раствора и пара из анализа Р-Т-х фазовой диаграммы.	Контрольные работы. Устное собеседование на экзамене.

		Р-Т-х фазовой диаграммы.	фазовой диаграммы.	пара из анализа Р-Т-х фазовой диаграммы.		
<p>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>Код В1 (МПК-4)</p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение подходов основных методов синтеза нанокристаллов: золь-гель, криохимическая сушка, гидротермальный синтез, пиролиз аэрозолей, вакуумная конденсация, магнетронное и лазерное нанесение, ПЖК, химическое осаждение из пара.	В целом успешное, но не систематическое применение основных методов синтеза нанокристаллов: золь-гель, криохимическая сушка, гидротермальный синтез, пиролиз аэрозолей, вакуумная конденсация, магнетронное и лазерное нанесение, ПЖК, химическое осаждение из пара.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение основных методов синтеза нанокристаллов: золь-гель, криохимическая сушка, гидротермальный синтез, пиролиз аэрозолей, вакуумная конденсация, магнетронное и лазерное нанесение, ПЖК, химическое осаждение из пара.	Успешное и систематическое применение подходов основных методов синтеза нанокристаллов: золь-гель, криохимическая сушка, гидротермальный синтез, пиролиз аэрозолей, вакуумная конденсация, магнетронное и лазерное нанесение, ПЖК, химическое осаждение из пара.	Контрольные работы. Устное собеседование на экзамене.
<p>Владеть: основными методами исследования состава и структуры кристаллов, пленок и гетероструктур с учетом локальности и глубины анализа: электронная микроскопия, рентгеновская дифракция, спектроскопия поглощения.</p> <p>Код В2 (МПК-4)</p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение подходов основных методов исследования состава и структуры кристаллов, пленок и гетероструктур с учетом локальности и глубины анализа: электронная микроскопия, рентгеновская дифракция, спектроскопия	В целом успешное, но не систематическое применение основных методов исследования состава и структуры кристаллов, пленок и гетероструктур с учетом локальности и глубины анализа: электронная микроскопия, рентгеновская дифракция, спектроскопия	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение основных методов исследования состава и структуры кристаллов, пленок и гетероструктур с учетом локальности и глубины анализа: электронная микроскопия, рентгеновская дифракция, спектроскопия	Успешное и систематическое применение подходов основных методов исследования состава и структуры кристаллов, пленок и гетероструктур с учетом локальности и глубины анализа: электронная микроскопия, рентгеновская дифракция,	Контрольные работы. Устное собеседование на экзамене.

		рентгеновская дифракция, спектроскопия поглощения.	поглощения.	поглощения.	спектроскопия поглощения.	
--	--	---	-------------	-------------	------------------------------	--

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

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