

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,  
акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«14» июня 2015 г..

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Неорганическое материаловедение**

**Уровень высшего образования:**

Подготовка кадров высшей квалификации

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.06.01 Химические науки

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Химия твердого тела 02.00.21

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №4 от 10.06.2015)

Москва 2015

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 04.06.01 «Химические науки» на основе Образовательного стандарта, самостоятельно установленного МГУ имени М.В.Ломоносова (далее – ОС МГУ), утвержденного Приказом № 552 от 23.06.2014 г. по МГУ с учетом изменений в ОС МГУ, внесенных Приказом №831 по МГУ от 31.08.2015 г..

Год (годы) приема на обучение 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018,  
2018/2019, 2019/ 2020

1. Краткая аннотация: Основная цель курса - ознакомление аспирантов с современными подходами и инновационными идеями в области создания функциональных неорганических материалов, составляющих основу современной энергетики, оптоэлектроники, фотоники, сенсорики и других важных наукоемких областей народного хозяйства. Особенностью курса является то, что он составлен из разделов, посвященных широкому кругу неорганических материалов: полупроводники, сверхпроводники, термоэлектрические, пьезоэлектрические, магнитные материалы, материалы для энергетики и биосовместимые материалы. Каждый раздел представлен экспертами в данной области.

- Формирование общих принципов рассмотрения взаимосвязи «Состав-структура-свойство» для функциональных неорганических материалов.
- Создание у аспирантов физико-химической базы, необходимой для выбора материалов на основе их функциональных свойств, кристаллической и дефектной структуры.
- Формирование принципов получения материалов с заданными свойствами, выбора условий синтеза из соответствующих физико-химических свойств материалов и Р-Т-х фазовых диаграмм.

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки, направленность: Неорганическая химия.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок 1 «Дисциплины (модули)».

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
СПК-1: Способность планировать и осуществлять синтез твердотельных материалов с заданными свойствами	<b>Знать</b> современное состояние науки в области химии твердого тела <b>Владеть</b> методами синтеза неорганических соединений и материалов с заданными свойствами, современными инструментальными методами исследования состава, строения и свойств веществ и материалов на их основе

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 3 зачетные единицы, всего 108 часа, из которых 58 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа, 4 часа мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 50 часов составляет самостоятельная работа учащегося.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Для освоения программы в специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Математический анализ», «Физика», «Физическая химия», «Кристаллохимия», а также спецкурсы, в которых излагались основы физико-химического анализа многокомпонентных систем и зонной теории электронного строения кристаллов.

8. 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. П.	Всего
Раздел 1. Полупроводники. Углеродные материалы. Термоэлектрические материалы.	27	10	5	-	-	-	15	12	-	12

Раздел 2. Сверхпроводники. Магнитные материалы. Пьезоэлектрические материалы.	38	16	8	-	-	-	24	14	-	14
Раздел 3. Материалы для энергетики. Биосовместимые материалы.	27	10	5	-	-	-	15	12	-	12
<b>Промежуточная аттестация</b> зачет по курсу	16						4			12
<b>Итого</b>	<b>108</b>	36	18				<b>58</b>	38		<b>50</b>

#### 8. Образовательные технологии

Наряду с традиционными лекциями, для предметного ознакомления аспирантов с возможностями современного программного обеспечения проводятся лекции-демонстрации. В преподавание дисциплины используются результаты исследований, полученные сотрудниками МГУ.

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

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов.

#### 10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

##### 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. Морозов С. В., Новоселов К. С., Гейм А. К. Электронный транспорт в графене. *Успехи физических наук*, 2008, т. 178, с. 776.
6. Иоффе А.И. и др. Термоэлектрическое охлаждение. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
7. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
8. Шевельков А.В. Химические аспекты создания термоэлектрических материалов. *Успехи химии*, 2008, т. 77, с. 3–21.

9. White M.A. Properties of Materials. Oxford University Press. Oxford, 1999
10. Калинин В.Т., Ракитин Ю.В. Введение в магнетохимию. М.: Наука, 1980.
11. Мишин Д.Д. Магнитные материалы. М.: Высшая школа, 1981.
12. Cyrot M., Ravuna D.V. Introduction to Superconductivity and High-Tc Materials, World Scientific Publ. Co., London, New Jersey, Singapore, Hong Kong, Bangalore, Beijing (1992).
13. Антипов Е.В., Абакумов. А.М. Структурный дизайн сверхпроводников на основе сложных оксидов меди. *Успехи физических наук*, 2008, т. 178, с. 190–202.
14. Ивановский А.Л. Новые высокотемпературные сверхпроводники на основе оксиарсенидов редкоземельных и переходных металлов и родственных фаз: синтез, свойства и моделирование. *Успехи физических наук*, 2008, т. 178, №12, с. 1273.
15. Huggins R.A. Advanced batteries. Springer, 2009.
16. High Temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design and Applications. (Eds. S.C. Singhal, K. Kendall). Elsevier, Oxford, U.K., 2003.
17. Истомин С.Я., Антипов Е.В. Катодные материалы для среднетемпературных ТОТЭ на основе перовскитоподобных оксидов переходных металлов. *Успехи химии* 2013, т. 82, с. 686-700.
18. Adler S.B. Factors Governing Oxygen Reduction in Solid Oxide Fuel Cell Cathodes. *Chem. Reviews*, 2014, v. 104, p. 4791-4844.
19. Поплавко Ю.М., Переверзева Ю.П., Раевский И.П. Физика активных диэлектриков. Ростов-на-Дону. Изд-во Южного Федерального университета, 2009.
20. Кэди У. Пьезоэлектричество и его практическое применение. Пер. с англ. М., Из-во ин. лит., 1949.
21. Halasyamani P. S., Roppelmeier K.R. Noncentrosymmetric Oxides. *Chem. Mater.* 1998, v. 10, p. 2753-2769
22. Лайнс М., Гласс А. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы. М., «Мир», 1981
23. Герзанич Е.И., Фридкин В.М. Сегнетоэлектрики типа  $A^{\text{VB}}B^{\text{VI}}C^{\text{VII}}$ . М., Наука, 1982.
24. Park J.B., Lakes R.S. Biomaterials. An introduction. Plenum Press, NY, 1992, 394 p.
25. Дж. Ван Везер. Фосфор и его соединения, М.: Издательство, 1962, 687 с.

### Вспомогательная литература

1. Мясоедов Б.Ф., Давыдов А.В. Химические сенсоры, возможности и перспективы. *Журнал аналитической химии*, 1990, т. 45, с. 1259-1278.
2. Власов Ю.Г. Твердотельные сенсоры в химическом анализе. *Журнал аналитической химии*, 1990, т. 45, с. 1279-1289
3. Мясников И.А., Сухарев В.Я., Куприянов Л.Ю., Завьялов С.А. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях. М.: Наука, 1991.
4. Карпов Е.Ф., Басовский Б.И. Контроль проветривания и дегазации в угольных шахтах. М.: Недра, 1994.
5. Золотов Ю.А. Аналитическая химия в ИОНХ. *Журнал аналитической химии*, 1995, т. 50, с. 1223-1228.
6. Krishnan D., Kim F., Luo, J., Cruz-Silva R., Cote L. J., Jang H. D., Huang J. Energetic graphene oxide: Challenges and opportunities. *Nano Today*, 2012, v. 7, p. 137–152.

7. Kuila T., Bose S., Mishra A. K., Khanra P., Kim N. H., Lee J. H. Chemical functionalization of graphene and its applications. *Progress in Materials Science*, 2012, v. 57, p. 1061–1105.
8. Zhan D., Yan J., Lai L., Ni Z., Liu L., Shen Z. Engineering the Electronic Structure of Graphene. *Advanced Materials*, 2012, v. 24, p. 4055–4069.
9. Pei S., Cheng H.-M. The reduction of graphene oxide. *Carbon*, 2012, v. 50, p. 3210–3228.
10. Prasek J., Drbohlavova J., Chomoucka J., Hubalek J., Jasek O., Adam V., Kizek R. Methods for carbon nanotubes synthesis—review. *Journal of Materials Chemistry*, 2011, v. 21, p. 15872.
11. Jiang Hao, Sun Yun-Lei, Xu Zhu-An, Cao Guang-Han. Crystal chemistry and structural design of iron-based superconductors. *Phys. Rev. B*, 2013, v. 22, 087410.
12. Yanwei Ma. Progress in wire fabrication of iron-based superconductors. *Supercond. Sci. Technol.*, 2012, v. 25, 113001.
13. Мнелян М.Г., Сверхпроводники в современном мире. М.: Просвещение, 1991.
14. Токонесущие ленты второго поколения на основе высокотемпературных сверхпроводников. Под ред. А. Гояла. М.: ЛКИ, 2009.
15. Stewart G. R. Superconductivity in iron compounds. *Rev. Mod. Phys.*, 2011, v. 83, p. 4.
16. Winter M., Brodd R.J. What are batteries, fuel cells, and supercapacitors? *Chem. Reviews* 2004, v. 104, p. 4245-4269.
17. Goodenough J.B., Kim Y. Challenges for Rechargeable Li Batteries. *Chemistry of Materials*, 2010, v. 22, p. 587-603.
18. Whittingham M.S. Lithium batteries and cathode materials. *Chem. Reviews.*, 2004, v. 104, p. 4271–4301.
19. Thackeray M.M., Wolverton C., Isaacs E.D., Electrical energy storage for transportation – approaching the limits of, and going beyond, lithium-ion batteries. *Energy Environ. Sci.*, 2012, v. 5, p. 7854–7863.

### Периодическая литература

Журналы «Успехи химии», «Журнал неорганической химии», «Неорганические материалы», «Кристаллография», «Известия РАН. Серия химическая», «Доклады Академии наук. Серия химия», «Журнал структурной химии», «Координационная химия», *Materials Chemistry*, *Mendelev Communications*, *Scientific Reports*, *Journal of Materials Chemistry*, *Journal of Alloys and Compounds*, *Inorganic Chemistry*, *European Journal of Inorganic Chemistry*, *Chemistry - A European Journal*, *Journal of Crystal Growth*

### Интернет-ресурсы

materials.springer.com – доступ к различным базам данных по материаловедению

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):  
Базы данных NIST <http://www.nist.gov>

- Материально-техническое обеспечение: занятия проводятся в обычной аудитории с возможностью подключения техники для демонстрации презентаций и выходом в сеть ИНТЕРНЕТ

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте химического факультета <http://chem.msu.ru/>

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:

Д.х.н., профессор Шевельков Андрей Владимирович, shevelkov@inorg.chem.msu.ru

Д.х.н., профессор Антипов Евгений Викторович; antipov@inorg.chem.msu.ru

Д.х.н., профессор Гудилин Евгений Алексеевич; goodilin@inorg.chem.msu.ru

Д.х.н., профессор Кауль Андрей Рафаилович; kaul@inorg.chem.msu.ru

Д.х.н., профессор Казин Павел Евгеньевич; kazin@inorg.chem.msu.ru

Д.х.н., профессор Долгих Валерий Афанасьевич; dolgikh@inorg.chem.msu.ru

Д.х.н., профессор Кузьмина Наталия Петровна; kuzmina@inorg.chem.msu.ru

Д.х.н., профессор Гаськов Александр Михайлович; gaskov@inorg.chem.msu.ru

К.х.н., доцент Путляев Валерий Иванович; putlyaev@inorg.chem.msu.ru

Д.х.н., в.н.с. Морозов Игорь Викторович; miv448@mail.ru

Д.х.н., в.н.с. Яшина Лада Валерьевна; lvyashina@mail.ru

К.х.н., в.н.с. Дорофеев Сергей Геннадьевич dorofeev\_sg@mail.ru

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

1. Планируемые результаты обучения приведены в п.5.
2. Образцы оценочных средств:
  - примеры контрольных вопросов:
    1. Физические причины возникновения размерного эффекта в полупроводниках.
    2. Приведите типичный спектр поглощения квантовых точек полупроводников, укажите основные типы переходов.
    3. Какие свойства материала определяют возможность его использования в химических сенсорах?
    4. Объясните основные технологические подходы к получению длинномерных ВТСП материалов второго поколения.
    5. Каковы кристаллографические условия возникновения пьезоэффекта?



6. Какие свойства материала определяют его биосовместимость, биорезорбируемость?

- примеры домашних заданий:

1. Самостоятельно изучите по вспомогательной литературе основные методы синтеза заданного класса функциональных материалов.
2. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры установления взаимосвязи «состав – структура – свойство» для заданного класса функциональных материалов
3. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры использования диаграмм фазовых равновесий в процессах разработки новых материалов.
4. Самостоятельно изучите по вспомогательной и периодической литературе примеры кристаллохимического предсказания соединений с заданными функциональными свойствами.

- полный перечень вопросов к зачёту:

1. Физические причины возникновения размерного эффекта в полупроводниках. Типичный спектр поглощения квантовых точек, основные типы переходов. Типы гетеропереходов в квантовых точках полупроводников.
2. Коллоидный синтез квантовых точек полупроводников. Диаграмма Ла Мера. Основные реагенты и основные типы стабилизаторов для коллоидных квантовых точек А2В6.
3. Понятие химического сенсора. Классификация химических сенсоров. Основные параметры химических сенсоров. Выбор материалов для полупроводниковых газовых сенсоров. Обоснование преимуществ нанокристаллических материалов для газовых сенсоров. Основные приемы для изменения сенсорных характеристик полупроводниковых материалов.
4. Основные параметры сверхпроводящих материалов. Понятие критического тока, плотности критического тока. Эффект Мейснера.
5. Основные технологические подходы к получению длинномерных ВТСП материалов второго поколения. Влияние ориентации кристаллических зерен на сверхпроводящие свойства материалов. Пиннинг вихрей Абрикосова, идеальные центры пиннинга.
6. Прямой и обратный пьезоэффекты. Кристаллографические условия возникновения пьезоэффекта. Основные области применения пьезоэлектриков.
7. Структурные и пьезоэлектрические особенности сульфоиодида сурьмы. Основные методы получения поликристаллических и монокристалльных образцов сульфоиодида сурьмы.
8. Монокристаллические пьезоматериалы, пьезокерамика, пьезокомпозиты, пленочные пьезоматериалы, планарные структуры. Методы получения сегнето-, пьезоэлектрических пленок.
9. Классификация остеопластических биоматериалов. Биосовместимость, биорезорбируемость, остеокондуктивность, остеоиндуктивность.

10. Основные принципы регулирования резорбируемости фосфатных биоматериалов. Укажите способы получения порошков фосфатов кальция различной микроморфологии. Какова взаимосвязь между морфологическими характеристиками порошка и его растворимостью (резорбируемостью)?
11. Факторы, определяющие остеокондуктивность биокерамики. Современные приемы получения макропористой керамики для изготовления костных имплантатов.
12. Сопоставьте материалы реакционного связывания и керамические материалы. В чем видится перспектива применения материалов первого типа? Какими факторами определяется прочность реакционно-связанных фосфатных материалов?
13. Могут ли неорганические материалы обладать остеоиндуктивными свойствами? Каков предполагаемый механизм остеоиндукции в этих материалах?
14. Классификация магнитных материалов, основные характеристики и основы технологии магнитных материалов.
15. Классификация и основные характеристики материалов для электрохимических источников энергии, материалы для литий-ионных аккумуляторов, механизмы де/интеркаляция лития.
16. Материалы для топливных элементов, преимущества и недостатки различных типов ТЭ. Особенности электрохимических процессов в высокотемпературных ТЭ.

*Примеры ПКЗ.*

Задание 1.

Предложите метод синтеза и обоснуйте соответствующие операционные параметры для получения материала с заданными функциональными свойствами.

Задание 2.

На основании предложенной фазовой диаграммы определите условия синтеза заданного соединения.

Задание 3.

Предложите алгоритм установления взаимосвязи «состав – структура – свойство» для заданного материала. Обоснуйте выбор соответствующих методов исследования.

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет проводится по билетам; билет включает 2 вопроса. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае, если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено». Ведомость приема зачета подписывается членами комиссии.

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 не принципиального 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