

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)
Химия и физика композиционных материалов

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:

Программа курса «Химия и физика композиционных материалов» предназначена для аспирантов, специализирующихся в области химии неорганических веществ и материалов. Курс направлен на получение знаний в области методов и методик синтеза для получения веществ с заданными свойствами, рассмотрены методы характеристики композиционных материалов.

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

3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы: Неорганическая химия.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Вариативная часть ООП, тип дисциплины «d» - дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных (электив) и не обязательно в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 1 или 2 года обучения, во 2 или 3 семестре (по выбору аспиранта), предпочтительно – 2 семестр.

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 | Знать современные методы синтетической неорганической химии, их фундаментальные основы и способы реализации Уметь выбирать оптимальные методы и методики синтеза для получения веществ и материалов с заданными свойствами, модифицировать методы и методики и разрабатывать новые |
| СПК-2: Способен выполнять комплексное исследование общих и функциональных свойств твердотельных материалов с использованием современных физико-химических методов; интерпретировать и анализировать результаты исследований | Знать: методы анализа и контроля композиционных материалов и их компонентов Знать: методы характеристики композиционных материалов |

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 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов - занятия лекционного типа, 12 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 мероприятия промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

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

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Физическая химия», «Коллоидная химия» и «Неорганическая химия».

8. Образовательные технологии (отметить если применяется электронное обучение и дистанционные технологии).

Преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

| 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 коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)* | Всего | Выполнение домашних заданий | Подготовка рефератов и т.п.. | Всего |
| | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|--|----|----|---|---|---|---|----|---|----|----|
| Раздел 1. Теоретические основы композиционных материалов | 36 | 14 | - | - | - | 2 | 16 | - | 18 | 18 |
| Тема 1.1 Общие сведения о композиционных материалах | 4 | 4 | - | - | - | | | | | |
| Тема 1.2 Межфазные взаимодействия | 10 | 10 | - | - | - | | | | | |
| Раздел 2. Компоненты и технологии композиционных материалов | 38 | 16 | - | - | - | 2 | 18 | - | 18 | 18 |
| Тема 2.1 Непрерывная фаза в композиционных материалах | 8 | 8 | - | - | - | | | | | |
| Тема 2.2 Дисперсная фаза в композиционных материалах | 8 | 8 | - | - | - | | | | | |
| Раздел 3. Методы анализа и контроля композиционных материалов и их компонентов | 28 | 6 | - | - | - | 2 | 8 | - | 18 | 18 |
| Тема 3.1. Методы характеристики компо- | 4 | 4 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|--|------------|----|---|---|--|---|-----------|--|----|-----------|
| зиционных материа- лов | | | | | | | | | | |
| Тема 3.2. Неразру- шающий контроль | 2 | 2 | | | | | | | | |
| Промежуточная ат- тестация(зачет) | 6 | | 6 | | | | | | | |
| Итого | 108 | 36 | | 6 | | 6 | 54 | | 54 | 54 |

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

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. Аспиранты также снабжаются инструкциями по работе с приборами, используемыми в физико-химическом анализе.

Примеры тем для рефератов:

1. Взаимодействие на границе углеродного волокна с различными типами матриц
2. Технологические особенности формования неорганических композиционных материалов
3. Технологические особенности формования полимерных композиционных материалов
4. Применение композиционных материалов в высокотемпературных условиях
5. Анализ рынка композиционных материалов в России и за рубежом
6. Стеклообразное состояние полимеров, методы исследования
7. Влияние механических характеристик связующего на прочность композита
8. Неконструкционные применения композиционных материалов
9. Применение поверхностных явлений в различных областях техники
10. Взаимосвязь поверхностной энергии с прочностными характеристиками волокна

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Soo-Jin Park, Min-Kang Seo. Interface Science and Composites, 2011, Elsevier (London).
2. Е.А.Щукин, А.В.Перцов Е.А.Амелина Коллоидная химия, 3-у изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2004.
3. D. B. Miracle, S. L. Donaldson. Composites ASM Handbook.2001, ASM International (Chicago).
4. П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов, Физика твердого тела, "Высшая школа", 1985
5. F. C. Campbell. Manufacturing Processes for Advanced Composites.2003. Elsevier (London).
6. Вилков Л.В., Пентин Ю.А., Физические методы исследования в химии, М., Высшая школа, 1987.

Вспомогательная литература

Периодические научные реферируемые издания:

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

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

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук Кепман Алексей Валерьевич, E-mail alexkep@mail.ru, тел. +79265676936

Старший научный сотрудник, кандидат химических наук Булгаков Борис Анатольевич, E-mail: bbulgakov@gmail.com, тел. +79267997075

Младший научный сотрудник, Бабкин Александр Владимирович, ababkin@inunit.ru, +79262717190

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения приведены в п.5.
2. Вопросы для подготовки к зачету

Направленность (профиль) 02.00.01 Неорганическая химия

Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы, использования надкритического состояния. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез.

Твердофазный синтез и его особенности; использование механохимической активации. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Фотохимические и электрохимические методы синтеза. Применение вакуума и высоких давлений в синтезе. Основные методы разделения и очистки веществ. Методы выращивания монокристаллов и их классификация.

Химия р-элементов. Положение р-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди р-элементов. Закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах.

Элементы группы IIIA. Общая характеристика группы.* Особенности химии бора. Бороводороды, комплексные гидробораты, кластерные соединения бора, боразол, нитрид бора: особенности их строения и свойств.

Оксид алюминия. Алюминаты и гидроксоалюминаты. Галогениды алюминия. Комплексные соединения алюминия. Сплавы алюминия. Алюмотермия. Амфотерность оксидов галлия, индия и таллия. Особенности химии Tl(I). Применение бора, алюминия, галлия, индия и таллия и их соединений.

Элементы группы IVA. Общая характеристика группы.* Особенности химии аллотропных модификаций углерода. Фуллерены и их производные. Нанотрубки. Карбиды металлов. Синильная кислота, цианиды, дициан. Роданостоводородная кислота и роданиды. Сероуглерод. Фреоны и их применение. Оксиды углерода. Карбонилы. Карбонаты.

Оксиды кремния, германия, олова и свинца. Кварц и его полиморфные модификации. Кремниевая кислота и силикаты. Галогениды. Кремнефтористоводородная кислота. Карбид кремния. Комплексные соединения олова и свинца. Применение простых веществ и соединений элементов группы IVA. Понятие о полупроводниках. Свинцовый аккумулятор.

Методы исследования свойств веществ и материалов. Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография. Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК и комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР и γ – резонансные. EXAFS-спектроскопия. Спектроскопия циркулярного дихроизма. Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов. Импеданс-спектроскопия. Оптическая и электронная микроскопия. Локальный рентгено-спектральный анализ.

Термогравиметрия и масс-спектрометрия. Исследование поверхности методами рентгено- и фотоэлектронной спектроскопии, оже-спектроскопии и т.п.

Направленность (профиль) 02.00.04 Физическая химия

Межмолекулярные взаимодействия. Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.

Закономерности в строении молекул. Строение молекул простых и координационных неорганических соединений. Строение основных типов органических и элементоорганических соединений. Соединения включения. Полимеры и биополимеры.

Строение конденсированных фаз. Структурная классификация конденсированных фаз.

Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Кристаллы с неполной упорядоченностью. Доменные структуры.

Симметрия кристаллов. Кристаллографические точечные группы симметрии, типы решеток, сингонии. Понятие о пространственных группах кристаллов. Индексы кристаллографических граней.

Атомные, ионные, молекулярные и другие типы кристаллов. Цепочечные, каркасные и слоистые структуры.

Строение твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Аморфные вещества. Особенности строения полимерных фаз.

Металлы и полупроводники. Зонная структура энергетического спектра кристаллов. Поверхность Ферми. Различные типы проводимости. Колебания в кристаллах. Фононы.

Жидкости. Мгновенная и колебательно усреднённая структура жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Флуктуации и корреляционные функции. Структура простых жидкостей. Растворы неэлектролитов. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов.

Мицеллообразование и строение мицелл.

Мезофазы. Пластические кристаллы. Жидкие кристаллы (нематики, смектики, холестерики и др.).

Поверхность конденсированных фаз. Особенности строения поверхности кристаллов и жидкостей, структура границы раздела конденсированных фаз. Молекулы и кластеры на поверхности. Структура адсорбционных слоев.

Поверхность раздела фаз. Свободная поверхностная энергия, поверхностное натяжение, избыточные термодинамические функции поверхностного слоя. Изменение поверхностного натяжения на границе жидкость – пар в зависимости от температуры. Связь свободной поверхностной энергии с теплотой сублимации (правило Стефана), модулем упругости и другими свойствами вещества.

Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности твердых тел вследствие снижения их поверхностной энергии.

Капиллярные явления. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Капиллярная конденсация. Зависимость растворимости от кривизны поверхности растворяющихся частиц (закон Гиббса – Оствальда – Фрейндлиха).

Направленность (профиль) 02.00.21 Химия твердого тела

Специфика химии твердого состояния как раздела химической науки. Общие отличия строения и свойств твердых веществ от газов и жидкостей. Классификация твердых веществ. Кристаллические твердые тела. Монокристаллическое, поликристаллическое и нанокристаллическое состояния твердых веществ. Однофазные и гетерофазные кристаллические тела. Аморфные твердые вещества. Стекла. Некристаллические наночастицы. Микро и мезопористые твердые тела. Жидкие кристаллы. Значение химии твердого состояния для материаловедения и химической технологии

Строение твердых веществ. Структура аморфных твердых тел. Функция радиального распределения. Нерегулярные плотнейшие упаковки. Описание аморфных структур в полиэдрах. Кластерная модель. Стеклообразное состояние вещества. Факторы, влияющие на стеклообразование. Кинетическая природа стеклообразования. Ближний порядок. Структурные единицы. Топология сочленения структурных единиц на примере кварцевого стекла.

Структура квазикристаллов. Несоразмерные структуры. Структура жидких кристаллов

Фазовые переходы в твердых веществах. Термодинамическая классификация фазовых переходов. Стабильные и метастабильные фазы. Несоразмерные фазы. Жидкокристаллическое состояние. Некристаллическое состояние и фазовые переходы в стеклах.

Химические реакции твердых веществ. Классификация химических гетерогенных процессов с участием твердых фаз. Термическое разложение твердых фаз с образованием продуктов в различных фазовых состояниях. Реакции твердая фаза - твердая фаза, твердая фаза - газ, твердая фаза - жидкость. Примеры. Кинетические особенности процессов в каждом случае.

Основные факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел. Роль примесей и дефектов. Химические реакции на поверхности. Методы управления развитием процессов с участием твердых тел. Нетермические способы повышения реакционной способности твердых тел: фотохимические, радиационно-химические, механические и др.

Методы синтеза твердых веществ. Получение твердых веществ в виде тонких слоев и пленок. Получение пленок из растворов и расплавов. Жидкофазная эпитаксия. Электрохимическая кристаллизация пленок и покрытий.

Керамика. Основные закономерности и способы спекания. Способы получения твердых аморфных веществ и стекол. Методы получения твердых фаз в наноразмерном состоянии.

Методы исследования твердых веществ. Методы изучения кристаллического строения твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Брэгга, расчет межплоскостных расстояний. Метод порошка, научные основы и применение. Метод Гинье. Индексирование рентгенограмм. Идентификация веществ по рентгенограммам, рентгенофазовый анализ. Общие представления о структурном анализе по порошковым данным. Метод Ритвельда. Рентгенографическое исследование монокристаллов, общие представления о ходе структурного анализа. Получение структурных данных с помощью электронной и нейтронной дифракции. Особенности и возможности методов.

Другие методы изучения строения твердых веществ. Кристаллооптический анализ. Электронная микроскопия: принципы и возможности сканирующей электронной микроскопии, туннельной электронной микроскопии, электронной микроскопии высокого разрешения. Спектральные методы: колебательная спектроскопия, ИК- и КР- спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия; спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР); ядерная γ -резонансная (мессбауэровская) спектроскопия.

Методы определения химического состава. Химический элементный анализ. Рентгенофлуоресцентный анализ. Локальный рентгеноспектральный анализ, масс-спектрометрические методы, атомноэмисионная спектроскопия.

Методы исследования поверхности. Оже-электронная спектроскопия, РФЭС, обратное резерфордское рассеяние. Методы исследования ближнего окружения атомов. Рентгеновская абсорбционная спектроскопия (EXAFS, XANES).

Исследования термических свойств веществ. Термогравиметрический анализ. Дифференциально-термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия.

Методы исследования электрических и магнитных свойств.

Твердофазные материалы. Классификация твердофазных материалов по функциональным свойствам.

Тугоплавкие материалы. Оксиды, карбиды, бориды, нитриды, силициды. Композиционные материалы, их классификация и методология создания. Металлсодержащие композиционные материалы.

Аморфные материалы и стекла. Факторы, влияющие на стеклообразование. Оксидные и халькогенидные стекла. Электропроводящие стекла. Металлические стекла. Стеклокерамика. Ситаллы. Различные области применения стекол. Жидкие кристаллы.

Органические функциональные материалы. Основные типы и области применения. Биоматериалы.

(*) ПКЗ могут предлагаться в процессе индивидуального собеседования; оценка по ним учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

Основные типы контроля знаний:

- тестирование;
- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Основной тип контроля умений и владений - практические контрольные задания (ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

Виды практических контрольных заданий:

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания;
- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- нахождение ошибок в последовательности (определить правильный вариант последовательности действий);
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.
- задания на принятие решения в нестандартной ситуации (ситуации выбора, многоальтернативности решений, проблемной ситуации);
- задания на оценку последствий принятых решений;
- задания на оценку эффективности выполнения действия
- т.п.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет проводится по билетам, включающим 3 вопроса из списка, представленного выше, в зависимости от направленности (профиля) программы (02.00.01 Неорганическая химия, 02.00.03 Физическая химия, 02.00.21 Химия твердого тела). В ходе сдачи зачета проверяется, в первую очередь, формирование «знаниевой» компоненты компетенций, перечисленных в п.5, а также сформированность умений выбирать методы исследования, адекватные поставленной задаче. Уровень знаний оценивается по шкале «зачет» или «незачет». Протокол приема зачета подписывается членами комиссии.

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 |