

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Факультет наук о материалах

**УТВЕРЖДАЮ**  
**Зам. декана ФНМ по учебной**  
**работе**  
\_\_\_\_\_/А.В. Кнотько /  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**

**Химия металлоорганических и гибридных материалов**

---

**Уровень высшего образования:**

**бакалавриат**

---

**Направление подготовки:**

**04.03.02 Химия, физика и механика материалов**

---

**Направленность (профиль)/специализация ОПОП:**

**общий**

---

**Форма обучения:**

**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Методической комиссией факультета наук о материалах  
(протокол №\_\_\_\_\_, дата)

Москва 2016

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 «Химия, физика и механика материалов» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ от \_\_\_\_\_20\_\_ г.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО: вариативная часть, профессиональная подготовка, общепрофессиональные спецкурсы по выбору, курс предназначен для студентов факультета наук о материалах **4-го года обучения (8-й семестр)**, курс является обязательным по выбору

---

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть):

Общая химия и химия элементов с основами качественного анализа

Органическая химия

Современная неорганическая химия

Химическая термодинамика и кинетика

3. Результаты обучения по дисциплине:

*Знать:* основные классы молекулярных элементоорганических соединений, основные варианты линейных полимерных линейных соединений, построенных не на основе углеродных цепей и основные типы каркасных элементоорганических и элементнеорганических структур; методы синтеза, установления структурного и электронного строения ключевых типов элементоорганических соединений

*Уметь:* объяснять электронное и структурное строение и свойства указанных выше соединений;

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е. (72 ак.ч.)

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Вид работы	Семестр				Всего
	8				
<b>Общая трудоёмкость, акад. Часов</b>	72				72
<b>Аудиторная работа:</b>	24				24
Лекции, акад. Часов	24				24
Семинары, акад. Часов					
Лабораторные работы, акад. часов					
<b>Самостоятельная работа, акад. часов</b>	48				48
<b>Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)</b>	Зач.				

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

1. Химия органических соединений непереходных металлов и элементов.

Лекция 1. 2 часа.

Вводные замечания: локализованная  $\pi$ -связь C-M и C-Э как основной элемент структурного строения органических соединений непереходных элементов. Связь C-M и C-Э как главнейший реакционный фрагмент молекулы. Степень ионности и ковалентности связей и влияние этого фактора на строение металло- и элементоорганических соединений. Другие способы связывания органических молекул с атомами металлов.

Лекция 2. 2 часа. Соединения щелочных металлов (Li, Na, K): методы синтеза соединений Li, Na, K в лабораторных условиях и промышленности. Основные закономерности строения органических соединений Li, Na, K. Ассоциация органических соединений щелочных металлов в кристаллической фазе и растворах. Строение соединений в газовой фазе. Влияние растворителя на строение и реакционное поведение органических соединений щелочных металлов. Основные химические свойства соединений Li, Na, K. Процессы, использующие эти вещества в промышленности.

Лекция 3. 2 часа. Органические соединения алюминия: методы синтеза и реакции образования органических соединений алюминия. Соединения алюминия типа  $R_3Al$ ,  $R_2AlX$ ,  $RAlX_2$ . Лабораторные и промышленные методы синтеза. Структура алюминийорганических соединений в растворах, твердой и газовой фазах. Димеризация и олигомеризация. Теоретические представления о природе связи M-C-M в электронодефицитных соединениях переходных металлов. Термодинамические и структурные закономерности. Основы химического превращения алюминийорганических соединений.

Лекция 4. 2 часа. Органические соединения ртути (II): основные типы органических соединений ртути. Природа связи Hg-C. Закономерности структурного строения органических соединений ртути. Неорганические соли ртути как основные исходные соединения для синтеза органических соединений ртути. Реакция обмена радикалов в органических соединениях ртути: симметризация, диспропорционирование, реакции с соединениями других металлов. Ртутноорганические соединения как основа исследования механизмов реакций металлоорганических соединений с  $\pi$ -связью металл-углерод.  $\pi$ -Комплексы катиона  $Hg^{2+}$  с непредельными органическими соединениями. Соединения ртути с различными функциональными заместителями в органических радикалах.

Лекция 5. 2 часа. Органические соединения кремния: особенности структурного и электронного строения тетраэдрических органических соединений Si, Ge, Sn. Сравнительная полярность и реакционная способность  $\pi$ -связей Si-C, Ge-C, Sn-C. Важнейшие методы синтеза кремнийорганических соединений. Важнейшие реакции соединений кремния.

Лекция 6. 2 часа. Органические соединения германия и олова. Важнейшие методы синтеза соединений Ge и Sn. Важнейшие химические свойства германий- и оловоорганических соединений. Полиэлементные соединения Si, Ge, Sn. Соединения со связями -Si-O-Si-. Соединения со связями Si-Si, Ge-Ge, Sn-Sn. Соединения со связями Si=Si, Si=C, Ge=Ge, Sn=Sn, Pb-Pb.

2. Химия органических соединений переходных металлов. Химия полимерных и каркасных структур.

Лекция 7. 2 часа. Введение в химию органических комплексов переходных металлов. Принятые определения и язык области. Неопределенность представлений о природе органических лигандов, валентном состоянии металла и характере связи металл-лиганд. Классификация органических комплексов переходных металлов. Карбонильные комплексы переходных металлов. Область существования. Закономерности строения: моно- и биядерные соединения. Методы синтеза и основные химические свойства. Карбонильных анионы, карбонилгидриды и карбонилгалогениды: строение и свойства.

Лекция 8. 2 часа. Олефиновые комплексы переходных металлов. Природа связи металл-олефин. Модели ДЧД. Методы синтеза и область существования. Превращение олефинового

лиганда в координационной сфере металла. Органические соединения переходных металлов как исходные соединения и как продукты превращения олефиновых комплексов.

Лекция 9. 2 часа. Полиеновые сэндвичевые комплексы переходных металлов. Металлоцены как наиболее изученный класс сэндвичевых комплексов переходных металлов. Природа связи металл-кольцо в сэндвичевых комплексах: электронность связи, кратность связи, прочность связи. Электронное строение металлоценов, причина несоблюдения правила 18-ти электронов. Химические свойства металлоценов. Клиновидные сэндвичи, многопалубные сэндвичи, полусэндвичи, гетеролигандные сэндвичи.

Комплексы переходных металлов, проявляющие свойства ароматических соединений. Ферроцен и его аналоги, цимантрен, циклобутадиеンジелезотрикарбонил: синтез, строение, свойства; механизм реакций замещения, участие атома металла.

Лекция 10. 2 часов. Гидридные комплексы переходных металлов. Основные структурные типы гидридных комплексов металлов: соединения с терминальным водородом и с 2-, 3- и 6- мостиковым водородом. Основные методы синтеза: из карбонилатов металлов, в результате  $\sigma$ -гидридного сдвига, из молекулярного водорода и гидридов непереходных металлов и элементов, в результате протонирования комплексов металлов. Основные характеристики связи металл-водород. Двойственная природа водородного атома в комплексах металлов: гидридная и протонная подвижность атома водорода. Комплексы металлов с молекулярным водородом: синтез, строение и свойства. Комплексы с диводородными лигандами, с силанами, алканами, агостические комплексы. MO-описание. Динамическое поведение перечисленных комплексов.

Лекция 11. 2 часа. Соединения со связью М-М. Соединения с ординарной связью М-М. Гомо- и гетероядерные соединения. Основные методы синтеза, особенности электронного строения и реакционного поведения. Соединения с кратной связью М-М. Ключевые особенности электронного и структурного строения. Пути получения и превращения.

Лекция 12. 2 часа. Каркасные соединения металлов и элементов: металлокластеры и карбораны. Основные химические реакции, приводящие к образованию каркасных соединений. Зависимость между электронным и структурным строением кластеров и карборанов. Электронные правила Уэйда. Структурные перегруппировки кластеров, вызванные изменением числа валентных (скелетных) электронов в них.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Дискуссии по темам лекций

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Органические соединения ртути. Основные методы синтеза соединений  $RHgX$  и  $R_2Hg$ . Структурно жесткие и структурно нежесткие соединения с функциональными группами в органическом радикале.

2. Правило 18-ти электронов. Значение этого правила в химии органических соединений переходных металлов. Типичные примеры соединений, подчиняющихся и не подчиняющихся правилу 18-ти электронов; предсказательная сила правила.
3. Классические сэндвичевые комплексы переходных металлов; металлоцены. Природа связи металл-кольцо в сэндвичевых комплексах, электронное строение металлоценов, причины несоблюдения правила 18-ти электронов. Зависимость характера реакционного поведения металлоценов от числа электронов у атома металла.
4. Теоретические представления о природе связи М-С-М в электроннодефицитных соединениях непереходных металлов. Примеры электроннодефицитных соединений непереходных металлов. Сравнение различных мостиковых фрагментов М-Х-М между собой: геометрия фрагментов; энергия связи; электронные представления.
5. Простейшие карбонильные комплексы металлов первого переходного ряда. Строение молекул; методы синтеза; важнейшие реакции, протекающие с сохранением связи металл-углерод и с разрушением этой связи. Природа связи металл-карбонил.
6. Соединения кремния, германия и олова со связями Si-Si, Ge-Ge, Sn-Sn Si=Si, Ge=Ge, Sn=Sn. Методы синтеза; особенности структурного строения; сравнительные данные по энергиям связей.
7. Сравнительная характеристика строения, природа связи и основные реакционные превращения ферроцена, кобальтоцена и никелоцена.
8. Реакции переметаллирования (транс-металлирования) как метод синтеза нужных органических соединений непереходных металлов (механизм, стереохимия, синтетические возможности и ограничения).
9. Кластерные соединения переходных металлов и непереходных металлов и элементов. Пути возникновения, закономерности строения и типичные химические превращения, затрагивающие их структуру.
10. Гидридные комплексы переходных металлов. Методы синтеза, типичные представители комплексов, физические методы исследования, химические свойства.
11. Органические соединения элементов 14 группы (Si, Ge, Sn, Pb) с расширенной координационной сферой (к.ч. 5 и 6). Область существования, сравнительная устойчивость, доступные примеры, стереохимия и свойства.
12. Соединения переходных металлов со связями металл-металл разной кратности. Подходы к их синтезу. Закономерности изменения энергий связей.

## 7. Ресурсное обеспечение:

### 7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

1. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия. М, Мир 2004
2. Хьюи Дж. Неорганическая химия. М. Химия 1987
3. К. Эльшенбройх, «Металлоорганическая химия», М, «Бином. Лаборатория знаний», 2011

Дополнительная литература

1. Housecroft C.E., Sharpe A.G. Inorganic Chemistry, 2-nd Ed., N.Y., Prentice Hall 2005.
2. Колмен Дж., Хигедас Л., Нортон Дж., Финке Р. «Металлоорганическая химия переходных металлов», М, Мир, 1989
3. Харгиттай И., Харгиттай М, Симметрия глазами химика М, Мир, 1989
4. Ф. Коттон, Дж. Уилкинсон, «Современная неорганическая химия», в трех томах, «Общая теория», М, Мир, 1969.
5. Cotton F.A. Chemical application of group theory 3-rd Ed. N.Y., A Willey-Interscience Publication 1990
6. Эткинс П. Физическая химия М, Мир 1980

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

Не требуется

7.3. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория с доской, компьютерный проектор,

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.

д.х.н., проф. Д.А. Леменовский