

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/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Химия элементоорганических соединений**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Органическая химия

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

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 / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020

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)
<b>ОПК-1.С.</b> Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	<b>ОПК-1.С.3.</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов с использованием теоретических основ элементоорганической химии	<b>Уметь</b> анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, <b>Уметь:</b> самостоятельно составлять план исследования <b>Владеть:</b> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения
<b>СПК-1.С.</b> Способен использовать фундаментальные понятия органической химии и основные теоретические подходы к изучению механизмов реакций органических соединений при решении задач профессиональной деятельности	<b>СПК-1.С.1</b> Предлагает возможные механизмы реакций с участием элементоорганических соединений	<b>Знать:</b> ключевые закономерности структурного и электронного строения элементоорганических соединений; методы синтеза и понимать связь реакционного поведения элементоорганических соединений с их электронным строением. <b>Уметь:</b> на основании знания путей синтеза и направлений превращения типичных элементоорганических соединений предлагать схемы синтеза новых соединений. <b>Владеть:</b> навыками анализа осуществленных в литературе схем синтеза сложных соединений и предлагать альтернативные подходы.

3. Объем дисциплины 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 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 78 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часа занятия лекционного типа, 36 часов занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 66 часов составляет самостоятельная работа учащегося.*

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

Обучающийся должен:

**знать** основные классы элементоорганических соединений, полученных и изученные к настоящему времени;

**уметь** объяснять электронное и структурное строение и свойства элементоорганических соединений; применять основные законы при обсуждении полученных результатов;

**владеть** теоретическими знаниями методов синтеза (химические эксперименты), установления структурного и электронного строения ключевых типов элементоорганических соединений (анализ элементоорганических соединений).

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине	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	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	<b>Всего</b>
Раздел 1. Химия органических соединений непереходных металлов Соединения непереходных металлов с высокой полярностью связи металл-углерод	<b>12</b>	4	4				<b>8</b>	4		<b>4</b>
Раздел 2. Химия органических соединений непереходных металлов. Соединения непереходных металлов и элементов с низкой полярностью связей С-Э	<b>26</b>	10	10				<b>20</b>	6		<b>6</b>
Раздел 3. Теоретические представления о природе связи и закономерностях структурного строения координационных соединений переходных и	<b>6</b>	2	2				<b>4</b>	2		<b>2</b>

непереходных металлов и элементов										
Раздел 4. Химия органических соединений переходных металлов.	64	20	20	2			42	22		22
Итоговая аттестация <u>экзамен</u>	36					4	4			32
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>78</b>	<b>20</b>		<b>66</b>

#### 6. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- 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):

Конспект лекций.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

##### Основная литература

1. К. Эльшенбройх, «Металлоорганическая химия», М, «Бином. Лаборатория знаний», 2011
2. Housecroft C.E., Sharpe A.G. Inorganic Chemistry, 2-nd Ed., N.Y., Prentice Hall 2005.
3. «Методы элементоорганической химии». Изд. «Наука» 1965-1990
4. Comprehensive Organometallic Chemistry. Elsevier, 1th Ed-1982; 2th Ed-1995; 3th-Ed-2007
5. Колмен Дж., Хигедас Л., Нортон Дж., Финке Р. «Металлоорганическая химия переходных металлов», М, Мир, 1989
6. Харгиттаи И., Харгиттаи М, Симметрия глазами химика М, Мир, 1989

### **Дополнительная литература**

1. Cotton F.A. Chemical application of group theory 3-rd Ed. N.Y., A Willey-Interscience Publication 1990
2. Эткинс П. Физическая химия М, Мир 1980
3. К. Эльшенбройх, «Металлоорганическая химия», М, «Бином. Лаборатория знаний», 2011
4. F. A. Cotton, G. Wilkinson, «Advanced inorganic chemistry», 6th Edition.

### **Периодическая литература:**

Журналы: Известия РАН Сер. Химич., Synthesis, Tetrahedron, Tetrahedron Letters, J. Org. Chem., J. Amer. Chem. Soc., Angew. Chem., Org. Lett.

Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами), техникой для демонстрации презентаций

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: Леменовский Дмитрий Анатольевич, д.х.н., профессор

### **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.

### **Полный перечень вопросов по «Химии элементоорганических соединений» для самостоятельного обучения и к экзамену:**

1. Как получить  $\text{PhCH}_2\text{CH}_2\text{BMe}_2$ ?
2. В чем разница в строении  $\text{Ph}_3\text{Tl}$  и  $\text{Ph}_2\text{TlCl}$ ?
3. Какие вещества ассоциированы в кристалле и растворе:  $\text{PhMgBr}$ ;  $\text{PhLi}$ ;  $\text{PhAlCl}_2$ ;  $\text{Ph}_2\text{Hg}$ ;  $\text{PhBCl}_2$ ;  $\text{PhHgCl}$ ?
4. Что получится при реакции  $\text{Ph}_2\text{Hg}$  и  $\text{TlCl}$ ?
5. Что получится при действии  $\text{Me}_2\text{AlH}$  на фенилацетилен?
6. В чем разница в строении ацетилацетоната натрия и ацетилацетоната  $\text{SiMe}_3$ ?

7. Как получить  $\text{Ph}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{BMe}_2$ ?
8. Что получится при реакции дифенилртути и  $\text{TiCl}_3$ ?
9. Что получится при действии натрия на  $\text{Me}_3\text{SnCl}$ ?
10. Что получится при действии избытка  $\text{NH}_3$  на фенилацетилен?
11. Что получится, если на пиридин подействовать  $\text{BuLi}$  с одной стороны и  $\text{PhSnCl}$ , с другой?
12. Что получится при реакции  $\text{Ph}_2\text{SnMe}_2$  и  $\text{HgCl}_2$  в соотношении 1:1?
13. Как получить  $(\text{Me}_3\text{Si})_2$ ?
14. Напишите продукты реакции  $\text{Me}_3\text{SiCl}$  и отдельно  $\text{Me}_3\text{SiI}$  с  $\text{PhLi}$ .
15. В чем разница в строении  $\text{Et}_3\text{Al}$  и  $\text{Et}_3\text{B}$ ?
16. Что получится при действии  $\text{Ph}_2\text{SnMe}_2$  на  $\text{HgCl}_2$ ?
17. Напишите продукт реакции  $\text{Ph}_2\text{Hg}$  и  $\text{SnCl}_4$ .
18. В чем разница в строении  $\text{Et}_3\text{Al}$  в эфире и в смеси эфира и тетраметилэтилендиамина?
19. Предложите способы синтеза (E)-1,2-(дифенилэтилен)диметилбора и (Z)-1,2-(дифенилэтилен)диметилбора.
20. Как получить дифенилмагний?
21. Механизм реакции Штаудингера. Типы различных фосфоранов. Приведите примеры.
22. Как получить винилокситриметилолово?
23. Что получится при растворении и кристаллизации из пиридина метиллития?
24. Как получить триметилацетонилолово?
25. Синтез ароматических фосфинов. Две основные стратегии.
26. Что получится при кристаллизации  $(\text{Me}_2\text{N})_2\text{Me}_2\text{Si}$  из эфира; о-ксилола?
27. Что получится при взаимодействии бутиллития с п-бромтолуолом?
28. Правило 18-ти электронов. Значение этого правила в химии органических соединений переходных металлов. Типичные примеры соединений, подчиняющихся и не подчиняющихся правилу 18-ти электронов.
29. Простейшие олефиновые комплексы переходных металлов. Природа связи олефин-металл; модель ДЧД; методы их синтеза; важнейшие реакции.
30. Классические сэндвичевые комплексы переходных металлов; металлоцены. Природа связи металл-кольцо в сэндвичевых комплексах. Электронное строение металлоценов, причины несоблюдения правила 18-ти электронов.
31. 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.
32. Соединения поздних переходных металлов и пост-переходных металлов. Простейшие типы комплексов. Соединения с необычным валентным состоянием металла и соединения со связями М-М.



33. Представления о  $\pi$ -аллильных комплексах переходных металлов. Примеры реакций, в ходе которых образуются  $\pi$ -аллильные комплексы. Примеры превращений, в ходе которых  $\pi$ -аллильный (циклопентадиенильный) лиганд возникает в координационной сфере металла или превращается в них в лиганды других типов.
34. Сравнительная характеристика строения, природа связи и основные реакционные превращения ферроцена, манганоцена, хромоцена и ванадоцена
35. Водородные комплексы переходных металлов. Важнейшие типы соединений, отличающихся характером связывания (координации) водорода с металлом. Методы синтеза простейших металл-гидридных комплексов с M-H терминально связанным водородом. Свойства этих соединений. Соединения с углеводородным лигандом: строение, физические и химические свойства. Превращения одних структурных типов водородных комплексов в другие.

#### Темы семинарских занятий:

1. Теоретические представления о природе связи M-C-M в электроннодефицитных соединениях непереходных металлов.
2. Методы синтеза литийорганических соединений
3. Строение элементоорганических соединений с высокой полярностью связи M-C в кристалле, в растворах и в газовой фазе.
4. Органические соединения алюминия  $RAlX_2$ ;  $R_2AlX$ ;  $R_3Al$ . Важнейшие лабораторные и промышленные методы синтеза.
5. Побочные и конкурентные реакции соединений с высокой полярностью связи M-C.
6. Органические соединения таллия: два семейства соединений - Tl(I) и Tl(III). Закономерности строения. Методы синтеза соединений Tl(I) и Tl(III). Взаимные превращения в соединениях Tl(I) и Tl(III).
7. Основные методы синтеза соединений  $RHgX$  и  $R_2Hg$ . Структурно жесткие и структурно нежесткие соединения.
8. Соединения кремния, германия и олова со связями Si-Si; Ge-Ge; Sn-Sn и Si=Si; Ge=Ge; Sn=Sn. Методы синтеза; особенности структурного строения; сравнительные данные по энергиям связей.
9. Правило 18-ти электронов. Условия и причины нарушения правила 18-ти электронов. Значение этого правила в химии органических соединений переходных металлов. Теорема Яна-Теллера и теорема Купменса.
10. Аллильные комплексы переходных металлов. Методы синтеза, строение. Реакции возникновения и превращения аллильного лиганда в координационной сфере металла.
11. Типы сэндвичевых соединений.
12. Методы синтеза простейших металл-гидридных комплексов с M-H терминально связанным водородом. Свойства этих соединений.
13. Соединения со связями металл-металл в ряду переходных металлов.
14. Кластерные соединения металлов.
15. Карбонильные комплексы переходных металлов. Строение молекул; методы синтеза; важнейшие реакции, протекающие с сохранением связи металл-углерод и с разрушением этой связи. Природа связи металл-карбонил.

16. Олефиновые комплексы переходных металлов. Природа связи олефин-металл; модель ДЧД; методы их синтеза; важнейшие реакции.
17. Ацетиленовые комплексы переходных металлов.
18. Соединения переходных металлов с сигма-связью металл-углерод и карбеновые комплексы.

**Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

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 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

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<b>знать:</b> ключевые закономерности структурного и электронного строения элементоорганических соединений; методы синтеза и понимать связь реакционного поведения элементоорганических соединений с их электронным строением.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<b>Уметь</b> на основании знания путей синтеза и направлений превращения типичных элементоорганических соединений предлагать схемы синтеза новых соединений.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<b>владеть:</b> навыками анализа осуществленных в литературе схем синтеза сложных соединений и предлагать альтернативные подходы.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене