



Государственный научный центр Российской Федерации
Акционерное общество
"Государственный Орден Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений"

ГНИИХТЭОС

УТВЕРЖДАЮ

Временный генеральный директор

П.А. Стороженко

_____ 2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ»**

Направление подготовки
04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль) подготовки
02.00.08. Химия элементоорганических соединений

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная, заочная

Москва 2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Химия ЭОС» имеет своей целью формировать у обучающихся общепрофессиональные (ОПК-1) и профессиональные (ПК-1) компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (уровень подготовки кадров высшей квалификации) с учетом специфики профиля подготовки – 02.00.08 «Химия элементоорганических соединений».

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Химия ЭОС» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору. Дисциплина «Химия элементоорганических соединений» направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальности 02.00.08 Химия элементоорганических соединений. Дисциплина изучается на 4 курсе аспирантуры. Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетные единицы (252 акад. часа).

Для освоения дисциплины «Химия элементоорганических соединений» обучающиеся должны обладать знаниями, умениями и навыками, полученными в результате формирования и развития компетенций в следующих дисциплинах:

ОПК-1 (Способность и готовность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий):

- Организация научных исследований;
- Методология научных исследований в химии, химической технологии и биотехнологии;
- Актуальные проблемы современной химии, химической технологии и биотехнологии;
- Особенности химии и технологии металлоорганических соединений;

ПК-1 (Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук)

- Современные методы исследований элементоорганических соединений;

- Особенности химии и технологии элементоорганических соединений.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения программы высшей квалификации (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код и название компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
<p>ОПК-1 (Способность и готовность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)</p>	<p>Знать: современные методы исследования в предметной области: синтетические методы элементоорганической химии</p> <p>Уметь: выбрать необходимые методы синтеза, очистки и исследования свойств, а также обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области химии элементоорганических соединений</p>
<p>ПК-1 (Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук)</p>	<p>Знать: предметную область элементоорганической химии в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.08 Элементоорганическая химия; основные достижения и тенденции развития элементоорганической химии: новые подходы к синтезу и выделению элементоорганических соединений; достижения структурного анализа в области элементоорганических соединений; современные подходы к промышленному получению основных элементоорганических соединений</p> <p>Уметь: сформулировать задачи научного исследования в области получения и изучения свойств элементоорганических соединений, а также выбрать необходимые методы их решения</p> <p>Владеть: способностью предложить химическую и, в ряде случаев, технологическую схему получения элементоорганических соединений</p>

4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетные единицы (252 акад. часа).

4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля.

№ раздела	Объем (в акад. час.)					СР	Контроль	Формы текущего контроля успеваемости Формы промежуточной аттестации
	Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)						
		Всего	ЛК	ПР				
1	40	9	6	3		21	10	Устное собеседование; выполнение практического задания
2	53	15	10	5		28	10	Устное собеседование; выполнение практического задания
3	53	15	10	5		28	10	Устное собеседование; выполнение практического задания
4	53	15	10	5		28	10	Устное собеседование; выполнение практического задания
5	53	15	10	5		28	10	Устное собеседование; письменный опрос
По материалам курса	252					133		Экзамен
Всего	252	69	46	23		133	50	

4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1	Понятие об элементоорганических соединениях (ЭОС). Кремнийорганические мономеры.	<p>Понятие об элементоорганических соединениях (ЭОС).</p> <p>Взаимосвязь химии ЭОС с другими химическими науками.</p> <p>Значение ЭОС для практического использования.</p> <p>Особенности химии и технологии ЭОС.</p> <p>Реакционная способность соединений в химии углерода и кремния.</p> <p>Номенклатура и классификация кремнийорганических соединений (КОС).</p> <p>Гидридсодержащие КОС.</p> <p>Методы синтеза и их свойства.</p> <p>Природа Si-H связи и ее особенности.</p> <p>Алкил(арил)хлорсиланы. Методы синтеза: металлоорганический синтез, прямой синтез, высокотемпературная конденсация, дегидрирование, гидросилилирование непредельных соединений.</p> <p>Химические свойства алкил(арил)хлорсиланов.</p>

		<p>Возможности прямого синтеза, процесса ВТК, металлоорганического синтеза.</p> <p>Причины низкого выхода целевых продуктов в процессах дегидрирования.</p> <p>Катализаторы гидросилилирования.</p> <p>Химические превращения органохлорсиланов.</p> <p>Эфиры и замещенные эфиры ортокремневой кислоты.</p> <p>Ацилоксипроизводные кремния.</p> <p>Органогидроксисиланы.</p> <p>Органосилиламины и силазаны.</p> <p>Способы получения, химические свойства.</p> <p>Циклосилазаны.</p> <p>Производные 2,5-дисилапиперазинов и производных 1,6-диокса-3,8-диаза-5,10-дисилациклодекан-2,7-диона.</p> <p>Фирмы и предприятия, выпускающие кремнийорганическую продукцию в России и за рубежом.</p>
2	<p>Органические производные германия, свинца и титана, бора и алюминия.</p>	<p>Особенности синтеза, свойств и строения органических производных германия.</p> <p>Прямой синтез органохлоргерманов.</p> <p>Реакции двойного гермирования.</p> <p>Прикладное использование германийорганических соединений.</p> <p>Органические производные олова.</p> <p>Особенности синтеза, свойств и строения.</p> <p>Прямой синтез органохлорстанныков.</p> <p>Реакции дихлоркарбена, дихлорсилилена и дихлоргермилена.</p> <p>Теоретические исследования этого вопроса.</p> <p>Прикладное использование оловоорганических соединений.</p> <p>Органические производные свинца и титана.</p> <p>Способы получения, химические свойства, области практического применения.</p> <p>Особенности использования органических производных свинца и титана.</p> <p>Органические производные фосфора.</p> <p>Способы получения, химические свойства, области практического применения.</p> <p>Фосфазены.</p> <p>Органические производные бора и алюминия.</p> <p>Способы получения, химические свойства, области практического применения.</p> <p>Диборан, его строение и свойства.</p> <p>Карбораны.</p> <p>Алюмоксаны.</p>
3	<p>Элементоорганические олигомеры и полимеры.</p>	<p>Особенности строения и свойств ЭО полимеров.</p> <p>Значение для развития современной техники.</p> <p>Классификация.</p> <p>Реакции образования полимеров с неорганическими главными цепями молекул.</p> <p>Реакция гидролитической поликонденсации.</p>

		<p>Реакции образования полимеров с неорганическими главными цепями молекул. Реакция гетерофункциональной конденсации. Полиэлементоорганосилоксаны. Реакции образования полимеров с неорганическими главными цепями молекул. Реакция каталитической полимеризации гетероциклов. Важнейшие представители: полиорга-носилоксаны, полиэлементоорганосилоксаны, полиорганосилазаны. Кремнийорганические жидкости, эластомеры, лаки. Полифосфазены. Синтез и свойства. Реакции образования полимеров с органонеорганическими главными цепями молекул. Реакция полимеризации гетероциклов. Реакция миграционной полимеризации. Реакции образования полимеров с органонеорганическими главными цепями молекул. Реакция гетерофункциональной поликонденсации карбофункциональных ЭО соединений. Элементоорганические полиэферы, полиамиды, полиуретаны. Реакции образования карбоцепных полимеров, содержащих ЭО группировки в обрамлении. Полимеризация винильных, аллильных, метакрилатных, стирильных и др. производных различных элементов.</p>
4	Технологические особенности технологии элементоорганических продуктов.	<p>Особенности технологии получения органохлорсиланов с помощью «прямого синтеза», ВТК, дегидрирования, металлоорганического синтеза и гидросилилирования. Особенности технологии получения азотсодержащих кремнийорганических продуктов. Особенности технологии получения силиконовых каучуков. Особенности технологии получения одно- и двухкомпонентных герметиков. Особенности технологии получения гидрофобизаторов. Особенности технологии получения кремнийорганических лаков. Особенности технологии получения вулканизирующих агентов силиконовых каучуков и эпоксидных смол. Особенности технологии получения обрывателей цепи полиорганосилоксанов.</p>
5	Использование элементоорганических продуктов в основном органическом синтезе и при получении биологически активных продуктов.	<p>Некоторые особенности химии и строения кремнийорганических соединений. Получение органических и кремнийорганических изоцианатов. О-силуриетаны. Использование аминов, их кремний-производных и силуриетанов в синтезе изоцианатов.</p>

		Использование в синтезе изоцианатов органических и кремнийорганических мочевины. Использование органических уретанов при получении изоцианатов. Получение ацилизоцианатов, амидов, кислот, триметилсилилизоцианата, триметилсилиловых производных гидроксамовых кислот и органических изоцианатов. Получение мочевины и семикарбазидов.
--	--	--

4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Практические занятия (ПЗ)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. ч)
1	1	Сравнение реакционной способности соединений кремния и углерода.	3
2	2	Металлоорганический синтез.	5
3	3	Методы синтеза связи элемент-углерод (Э-С), примеры из химии различных элементов.	5
4	4	Использование алюминийорганических соединений для получения высших жирных спиртов и кислот.	5
5	5	Строение и свойства полимеров с органической главной цепью, содержащих элементорганические группировки в обрамлении.	5
Всего:			23

4.5 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

- подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п 7.1 и 7.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);
- оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий);

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации – в соответствии с тематикой дисциплины.

5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

5.1. Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Химия элементоорганических соединений», с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы.

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая

5.2.1. Показатели и критерии оценивания компетенций, используемые шкалы оценивания

Формируемые компетенции (код и название компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 (способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)	<p>Знать: современные методы исследования в предметной области: синтетические методы элементоорганической химии</p> <p>Уметь: выбрать необходимые методы синтеза, очистки и исследования свойств, а также обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области химии элементоорганических соединений</p>
ПК-1 (Готовность к проведению синтетических исследований в области элементоорганической химии и разработке наукоемких химических и технологий получения)	<p>Знать: предметную область элементоорганической химии в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.08 Элементоорганическая химия; основные достижения и тенденции развития элементоорганической химии: новые подходы к синтезу и выделению элементоорганических соединений; достижения структурного анализа в области элементоорганических соединений; современные подходы к промышленному получению основных элементоорганических соединений</p> <p>Уметь: сформулировать задачи научного исследования в области получения и изучения свойств элементоорганических соединений, а также выбрать необходимые методы их решения</p>
	<p>Владеть: способностью предложить химическую и, в ряде случаев, технологическую схему получения элементоорганических соединений</p>

Элементы компетенций (знания, умения, владения)	Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Знать (ОПК-1)	Знание современных методов исследования в предметной области: синтетические методы элементоорганической химии	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания. <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Уметь (ОПК-1)	Умение выбрать необходимые методы синтеза, очистки и исследования свойств, а также обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области химии элементоорганических соединений	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2
Знать (ПК-1)	Знание предметной области элементоорганической химии в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.08 Элементоорганическая химия; основных достижений и тенденций развития элементоорганической химии: новых подходов к синтезу и выделению элементоорганических соединений; достижений структурного анализа в области элементоорганических соединений; современных подходов к промышленному получению основных элементоорганических соединений	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1

Уметь (ПК-1)	Умение сформулировать задачи научного исследования в области получения и изучения свойств элементоорганических соединений, а также выбрать необходимые методы их решения	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2
Владеть (ПК-1)	Владение способностью предложить химическую и, в ряде случаев, технологическую схему получения элементоорганических соединений	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2

5.2.2. Описание шкал оценивания степени сформированности элементов компетенций

Шкала 1. Оценка сформированности отдельных элементов компетенций

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции		
Цифр.	Оценка	Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно (по усмотрению преподавателя)	Знать на уровне ориентирования , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

5.3.1. Контрольные вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений) общепрофессиональных (ОПК-1) и профессиональных компетенций (ПК-1) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

Контрольные вопросы по разделам 1-5

Раздел 1

1. Понятие об элементоорганических соединениях (ЭОС). Взаимосвязь химии ЭОС с другими химическими науками. Значение ЭОС для практического использования.

2. Методы получения и свойства элементоорганических соединений.

Раздел 2

1. Особенности синтеза, свойств и строения органических производных германия.

2. Способы получения, химические свойства, области практического применения фосфорорганических соединений.
3. Органические производные свинца и титана. Способы получения, химические свойства, области практического применения. Особенности использования органических производных свинца и титана.
4. Способы получения, химические свойства, области практического применения

Раздел 3

1. Элементоорганические олигомеры и полимеры.
2. Полимеры с органическими цепями молекул, содержащие элементоорганические группы в обрамлении цепи.
3. Реакции образования полимеров с неорганическими главными цепями молекул.
4. Реакции образования полимеров с органонеорганическими главными цепями молекул.
5. Реакция гетерофункциональной поликонденсации карбофункциональных элементоорганических соединений.

Раздел 4

1. Особенности технологии элементоорганических продуктов.
2. Особенности технологии получения азотсодержащих кремнийорганических продуктов.
3. Особенности технологии получения вулканизирующих агентов силиконовых каучуков и эпоксидных смол.

Раздел 5

1. Получение органических и кремнийорганических изоцианатов через кремнийорганические О-силилуретаны.
2. Использование в синтезе изоцианатов органических и кремнийорганических мочевины.
3. Получение ацилизоцианатов, амидов, кислот, триметилсилилизоцианата, триметилсилиловых производных гидроксамовых кислот и органических изоцианатов.

5.3.2. Контрольные практические задания по разделам 1-5

(оценка сформированности элементов (знаний, умений) общепрофессиональных (ОПК-1) и профессиональных компетенций (ПК-1) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

Раздел 1

- Выберите химические методы для осуществления синтеза кремнийорганических изоцианатов и уретанов.
- Продемонстрируйте на конкретных примерах взаимосвязь структуры и биологической активности элементоорганических соединений.

Раздел 2

- Напишите реакции получения органических производных германия.

- Укажите особенности строения и реакционной способности. Выберите химические методы для осуществления синтеза кремнийорганических изоцианатов и уретанов.
- Продемонстрируйте на конкретных примерах взаимосвязь структуры и биологической активности элементоорганических соединений.
- Полимерные соединения с включением атомов германия. Возможности практического использования.
- Полимерные соединения с включением атомов свинца. Возможности практического использования.
- Полимерные соединения с включением атомов титана. Возможности практического использования.
- Полимерные соединения с включением атомов алюминия. Возможности практического использования.

Раздел 3

- Спланируйте и осуществите синтез кремнийорганического мономера с использованием реакции гидросилилирования.
- Напишите способы получения полимеров с органонеорганическими главными цепями молекул.
- Укажите возможность использования реакция гетерофункциональной поликонденсации карбофункциональных ЭО соединений для синтеза кремнийорганических полимеров.

Раздел 4

- Напишите химические стадии процесса, с помощью которых получают какое-либо кремнийазотсодержащее соединение.
- Для данного процесса напишите технологические стадии.
- Приведите последовательность прохождения данной разработки от лабораторной к опытной и опытно-промышленной через стадию выдачи данных для проектирования.

Раздел 5

- Напишите реакцию получения изоциантов через кремнийорганические соединения.
- Напишите возможные схемы синтеза органических изоцианатов.
- Укажите способы получения кремнийазотсодержащего соединения - ОСУ-Д.
- Особенности использования фосгена в основном органическом синтезе.
- Напишите реакции, с помощью которых можно получать биологически активные продукты через кремнийорганическое сырье.

5.3.4. Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка сформированности элементов (знаний, умений, владений) общепрофессиональных (ОПК-1) и профессиональных (ПК-1) компетенций в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

Содержание экзаменационного билета:

- 1 вопрос – фундаментальная теория (оценка знаний);
- 2 вопрос – прикладная теория (оценка умений);
- 3 вопрос – комплексное задание (оценка владений)

Пример типового экзаменационного билета:

1 вопрос – Борорганические соединения. Основные типы соединений, синтез, свойства, реакции. Гидроборирование ненасыщенных соединений, региоселективность реакции. Применение борорганических соединений в органическом синтезе.

2 вопрос – Предложите физико-химические методы исследований для установления строения кремнийорганических соединений. На чем основан выбор конкретного метода?

3 вопрос – Напишите химические стадии процессов, с помощью которых получают кремнийорганические изоцианаты.

**Вопросы к кандидатскому экзамену по специальности
02.00.08 Элементоорганическая химия**

1. Оптическая спектроскопия (ИК, УФ, КР). Физические и теоретические основы методов. Применение в химии ЭОС: установление строения молекул, изучение динамики молекул, измерение концентрации. Применение симметрии при интерпретации экспериментальных спектров.
2. Цинк- и кадмийорганические соединения: получение, строение, свойства. Реакция Реформатского. Органические соединения ртути: получение, строение, свойства. Меркурирование ароматических соединений. Реакция Несмеянова.
3. Алюминийорганические соединения. Основные типы соединений, синтез, свойства, реакции. Катализаторы Циглера-Натта. Применение алюминийорганических соединений в промышленности и органическом синтезе.
4. Германий-, олово- и свинецорганические соединения. Основные типы соединений, получение, строение, свойства и реакции. Представление о гипервалентных соединениях. Практическое использование органических производных элементов XIV группы.
5. Классификация и номенклатура элементоорганических соединений (ЭОС). Кремнийорганические соединения: способы получения и свойства на примере органосилоксанов.
6. Фото (ФЭС) и РФЭС (ЭСХА) спектроскопия. Физические и теоретические основы методов. Применение в химии ЭОС, изучении электронного строения молекул.
7. Основные положения квантовой химии. Особенности электронного строения атомов кремния и углерода. Атомные орбитали и их классификация.
8. Классификация и номенклатура элементоорганических соединений (ЭОС). Основные этапы развития химии ЭОС. Основные положения квантовой химии. Электронное строение атомов и их ионов. Атомные орбитали и их классификация.

9. Основные типы реагентов (электрофилы, нуклеофилы, протофилы, радикалофилы, карбеноиды). Классификация основных типов реакций с участием ЭОС.
10. ЯМР-спектроскопии в исследовании строения и реакционной способности ЭОС. Физические и теоретические основы метода. Понятие об основных ЯМР-параметрах: химическом сдвиге, константах спин-спинового взаимодействия, временах релаксации.
11. Борорганические соединения. Основные типы соединений, синтез, свойства, реакции. Гидроборирование ненасыщенных соединений, региоселективность реакции. Применение борорганических соединений в органическом синтезе.
12. Карбораны, металлокарбораны, получение, свойства. Основные типы карборанов. Икосаэдрические карбораны, основные реакции.
13. Теоретические методы моделирования структуры и электронного строения молекул. Метод молекулярных орбиталей (МО) как основа современной квантовой химии. Основные принципы построения неэмпирических и полуэмпирических квантово-химических методов. Использование методов квантовой химии для расчетов наблюдаемых свойств молекул. Анализ электронного строения молекул в терминах эффективных зарядов на атомах и заселенностей (порядков) связей.
14. Различия в строении и свойствах ЭОС в газовой, жидкой и твердой фазах. Роль полярности среды и специфической сольватации. Ионы и ионные пары, их реакционная способность.
15. Масс-спектрометрия. Физические и теоретические основы метода. Метод рентгеноструктурного анализа (РСА). Физические и теоретические основы метода. Области применения в химии ЭОС: установление строения молекул и кристаллов, исследование природы химических связей.
16. Магнийорганические соединения: получение, строение, свойства. Роль растворителя в синтезе магнийорганических соединений. Реакционная способность магнийорганических соединений и их применение в органическом и металлоорганическом синтезе.
17. Кремнийорганические соединения: получение, строение, свойства.
18. Прямой синтез, ВТК, методы дегидрирования и гидросилилирования. Полиорганосилоксаны. Силиловые эфиры. Азотсодержащие кремнийорганические соединения (аминосиланы, силаны, уретаны, изоцианаты, карбодиимиды, амиды, формамиды, производные гидразина). Кремнийорганические соединения в органическом синтезе и промышленности.
19. Природа химических связей в ЭОС. Гибридные орбитали и принципы их использования в качественной теории химического строения. Классификация типов химических связей в ЭОС. Природа связи в олефиновых, ацетиленовых, циклопентадиенильных и ареновых комплексах переходных металлов. Кратные связи элемент-углерод и элемент-элемент. Многоцентровые связи.
20. Симметрия молекул и ее использование в теории химического строения ЭОС. Молекулярные орбитали в олефиновых, аллильных, циклопентадиенильных и ареновых комплексах. Химические связи в электронодефицитных молекулах (на примерах простейших и полиэдрических гидридов бора и карборанов). Качественные способы оценки стабильности ЭОС. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Физические и теоретические основы методов. Галлий-, индий- и таллийорганические соединения: получение, строение, свойства.

21. Применение таллийорганических соединений в органическом синтезе. Сравнительная реакционная способность органических производных элементов XIII группы. Соединения элементов XIV группы с σ - и с кратными связями элемент-элемент: синтез, строение, свойства. Органические производные фосфора и мышьяка, основные типы соединений высшей и низшей степеней окисления, методы синтеза, строение, свойства. Гетероциклические соединения фосфора. Реакция Виттига. Применение органических производных элементов V группы в промышленности, сельском хозяйстве, медицине.
22. Теоретические основы стереохимии ЭОС. Понятие о конформациях и конфигурациях. Координационные полиэдры, характерные для координационных чисел 4, 5, 6. Хиральность полиэдров с моно- и бидентатными лигандами. Планарная хиральность и оптическая активность металлокомплексов с π -олефиновыми, π -циклопентадиенильными, π -ареновыми лигандами.
23. Фото- (ФЭС) и рентгенофотоэлектронная (ЭСХА) спектроскопии. Физические и теоретические основы методов.
24. Сурьма- и висмуторганические соединения.
25. Основные типы карбониллов металлов. Методы синтеза, строение и реакции. Карбонилат анионы, карбонил галогениды, карбонилгидриды. Природа связи металл-карбонил. Металлкарбонильные кластеры переходных металлов. Основные типы, получение. Стереохимическая нежесткость: миграция карбонильных, гидридных, углеводородных лигандов и металлического остова. Превращения углеводородов на кластерных карбонилах металлов. Практическое применение карбониллов металлов.
26. Металлоцены: ферроцен, никелецен, кобальтоцен. Синтез. Реакционная способность (замещение в лиганде, реакции с разрывом связи металл-кольцо, редокс-реакции). Металлоценилалкильные катионы.
27. Циклопентадиенильные производные титана и циркония. Типы комплексов. Синтез, применение в катализе процессов полимеризации.
28. Классификация элементоорганических соединений (ЭОС) на примере элементов IVB группы. Основные этапы развития химии этих элементов.
29. Классификация основных типов реакций с участием ЭОС.
30. Использование ЯМР-спектроскопии в исследовании строения и реакционной способности кремнийорганических соединений.
31. Кремнийорганические соединения: получение, свойства, применение на примере азотсодержащих продуктов.

5.3.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и(или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры и средства оценивания элементов компетенций по дисциплине «Химия элементоорганических соединений»

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	
					Экзамен

Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Практические задания	Письменный опрос	Экзаменационный билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

6. Ресурсное обеспечение дисциплины

6.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Химия элементоорганических мономеров и полимеров. Чернышев Е.А., Таланов В.Н. Москва, КолосС, 2010. -440 с. Экземпляров 50.
2. Учебное пособие в двух частях «Химия элементоорганических мономеров и полимеров. Ч.1. Химия элементоорганических мономеров. Ч.2. Химия элементоорганических полимеров». Методические указания для выполнения лабораторных работ. Под редакцией чл.-корр. РАН проф. Чернышева Е.А. - М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2006. – 177 с.: ил.
3. Методы элементоорганической химии под ред. А.Н. Несмеянова и К.А. Кочешкова, «Наука», М., 1973г.
4. Химия и технология элементоорганических мономеров и полимеров. Хананашвили Л.М. Учебник для вузов. М.: Химия, 1998. -528 с.
5. Органические соединения германия. Миронов В.Ф., Гар Т.К. Москва, Наука, 1967. -368 с.
- Карбораны. Р. Граймс. - Москва : Мир, 1974. - 264 с.
6. Galina Shcherbakova, Pavel Storozhenko, Alexander Kisin. Synthesis of siloxyalumoxanes and alumosiloxanes based on organosilicon diols. *Molecules* **2017**, 22(10), 1776; doi:10.3390/molecules22101776
7. Galina I. Shcherbakova, Pavel A. Storozhenko, Tatiana L. Apukhtina, Maxim S. Varfolomeev¹, Marianna G. Kuznetsova, Aleksander I. Drachev, Artem A. Ashmarin. Preceramic organomagnesiumoxanealumoxanes: synthesis, properties and pyrolysis. *Polyhedron*. **135** (2017) 144–152.
doi.org/10.1016/j.poly.2017.07.006

8. Щербакова, Г.Б. Сахаровская. Основные достижения в синтезе керамообразующих элементоорганических олигомеров. // Химическая промышленность сегодня. 2015. № 12. С. 40-55.
9. Г.И. Щербакова, П.А. Стороженко, Д.В. Сидоров, В.В. Шатунов, М.С. Варфоломеев, Г.Ю. Юрков. Керамообразующие элементоорганические олигомеры – для создания современных нанокерамокомпозитов. Нанотехника. 2013. № 3 (35). С. 15-23

б) дополнительная литература:

1. Металлоорганическая химия: пер. с нем. Эльшенбройх К. Москва, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 746 с. Экземпляров 1.
2. А.Д. Кирилин, Л.О. Белова, Н.А. Голуб, М.В. Плетнева «Применение азотсодержащих кремнийорганических соединений в синтезе изоцианатов, уретанов, мочевины, семикарбазидов и амидов кислот». М.. МИТХТ, 2015, 54с.
3. Полимеры с неорганическими главными цепями молекул. Андрианов К.А. Москва. Изд. АН СССР, 1962. -328 с.
- 4.Металлоорганические полимеры. Ч.Карраер, Дж.Шитс, Ч.Питтмен. Москва, Мир. 1981. - 352 с.
5. Фосфоразотистые соединения. Г. Оллок. Москва, Мир, 1976. -560 с.
7. Фосфорорганические соединения. Э.Е.Нифантьев. Изд-во Моск.ун-та, 1971. -352 с.

6.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины

1. www.sciencedirect.com – ведущая информационная платформа издательства Elsevier для ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов.
2. www.pubs.acs.org

6.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

- Программные средства Microsoft Office;
- Технологии моделирования на базе программы Acclabs

6.4. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным презентационным оборудованием.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с

требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (уровень подготовки кадров высшей квалификации) с учетом специфики профиля подготовки 02.00.08 «Химия элементоорганических соединений».

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании Ученого совета ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС» (протокол № 2 от «14» февраля 2018 г.)

Профессор-преподаватель, д.х.н., проф.



А.Д. Кирилин

Ученый секретарь, к.х.н.



Н.И. Кирилина

8. ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Дата внесения изменений	Номер пункта программы рабочей программы дисциплины	Содержание изменений	Согласование	
				Профессор-преподаватель	Генеральный директор института

**Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Химия элементоорганических соединений (ЭОС)»**

1. Цель освоения дисциплины

Дисциплина «Химия ЭОС» имеет своей целью формировать у обучающихся общепрофессиональные (ОПК-1) и профессиональные (ПК-1) компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (уровень подготовки кадров высшей квалификации) с учетом специфики профиля подготовки – Элементоорганическая химия.

В результате изучения дисциплины «Химия ЭОС» обучающийся должен:

Знать

- современные методы исследования в предметной области: синтетические методы элементоорганической химии (ОПК-1);
- предметную область элементоорганической химии в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.08 Элементоорганическая химия; основные достижения и тенденции развития элементоорганической химии: новые подходы к синтезу и выделению элементоорганических соединений; достижения структурного анализа в области элементоорганических соединений; современные подходы к промышленному получению основных элементоорганических соединений (ПК-1);

Уметь:

- выбрать необходимые методы синтеза, очистки и исследования свойств, а также обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области химии элементоорганических соединений (ОПК-1);
- сформулировать задачи научного исследования в области получения и изучения свойств элементоорганических соединений, а также выбрать необходимые методы их решения (ПК-1);

Владеть:

- способностью предложить химическую и, в ряде случаев, технологическую схему получения элементоорганических соединений (ПК-1).

Дисциплина «Химия ЭОС» направлена на изучение методов получения элементоорганических соединений, их строения, особенностей существующих технологий, возможности прикладного использования, в том числе в органическом синтезе. Основной целью изучения дисциплины является закрепление и расширение знаний по химии и технологии элементоорганических соединений. Опираясь на полученные ранее знания по специальным курсам в магистратуре, программа дисциплины предусматривает дальнейшее углубление аспирантами теоретических основ современных методов синтеза мономерных и полимерных элементоорганических соединений, приобретение аспирантами знаний о причинно-следственной связи физико-механических свойств продуктов с их химическим строением, структурой и молекулярной массой.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Химия ЭОС» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору.

3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетные единицы (252 часа)

Форма промежуточной аттестации – экзамен.