



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

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора – Научный руководитель
академик РАН

П.А. Стороженко

«07» августа 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Химия элементоорганических соединений»

Шифр и наименование группы научных специальностей
1.4. Химические науки

Шифр и наименование научной специальности
1.4.8. Химия элементоорганических соединений

Москва 2024 г.

Рабочая программа дисциплины «Химия элементарноорганических соединений» разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951; паспортом научной специальности 1.4.8. Химия элементарноорганических соединений.

1. Целью дисциплины «Химия элементарноорганических соединений» является создание аспирантам условий для приобретения необходимого для осуществления профессиональной деятельности уровня знаний, умений, навыков, опыта деятельности в области элементарноорганической химии, а также современных и перспективных направлений в смежных областях и подготовки к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

2. Задачи освоения дисциплины.

Задачами освоения дисциплины «Химия элементарноорганических соединений» являются:

1. Формирование систематических знаний в области химии элементарноорганических соединений.

2. Овладение базовыми знаниями химии элементарноорганических соединений, а также вопросами строения и их реакционной способности.

3. Изучение основных закономерностей химических процессов, взаимосвязи структура/свойства/реакционная способность элементарноорганических соединений.

3. Место дисциплины в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Дисциплина «Химия элементарноорганических соединений» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 1.4.8. Химия элементарноорганических соединений.

4. Форма обучения: с использованием различных образовательных технологий, в том числе дистанционные образовательные технологии, электронное обучение.

5. Требования к поступающему определяются Федеральным законодательством в области образования, в том числе, Порядком приема на обучение по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре на соответствующий учебный год.

6. Планируемые результаты. Требования к результатам освоения дисциплины «Химия элементарноорганических соединений».

В ходе освоения дисциплины «Химия элементарноорганических соединений» идет дальнейшее формирование элементов (знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности) аспиранта:

способность к самостоятельному обучению новым методам исследования,

способность к пониманию основных проблем в своей предметной области, выбору методов и средств их решения;

способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой своих исследований;

способность анализировать состояние научно-технической проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать: предметную область элементоорганической химии в соответствии с паспортом научной специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений; 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.

Уметь: сформулировать задачи научного исследования в области получения и изучения свойств элементоорганических соединений, а также выбрать необходимые методы их решения

Владеть: способностью предложить химическую и, в ряде случаев, технологическую схему получения элементоорганических соединений.

7. Организация образовательного процесса при реализации программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

7.1. Общая характеристика образовательной деятельности.

Образовательная деятельность по программе аспирантуры предусматривает:

- проведение учебных занятий по дисциплинам (модулям) в форме лекций, семинарских занятий, консультаций, иных форм обучения, предусмотренных учебным планом;
- проведение практик;
- проведение научных исследований в соответствии с направленностью программы аспирантуры;
- проведение контроля качества освоения программы аспирантуры посредством текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся, итоговой аттестации обучающихся.

8. Содержание дисциплины.

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

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

№ раздела	Объем (в акад. час.)						Контроль	Формы текущего контроля успеваемости Формы промежуточной аттестации
	Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР		
		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	

8.2. 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). Взаимосвязь химии ЭОС с другими химическими науками. Значение ЭОС для практического использования. Особенности химии и технологии ЭОС. Реакционная способность соединений в химии углерода и кремния.</p> <p>Номенклатура и классификация кремнийорганических соединений (КОС). Гидридсодержащие КОС. Методы синтеза и их свойства. Природа Si-H связи и ее особенности. Алкил(арил)хлорсиланы. Методы синтеза: металлоорганический синтез, прямой синтез, высокотемпературная конденсация, дегидрирование, гидросилилирование непредельных соединений. Химические свойства алкил(арил)хлорсиланов. Возможности прямого синтеза, процесса ВТК, металлоорганического синтеза. Причины низкого выхода целевых продуктов в процессах дегидрирования. Катализаторы гидросилилирования. Химические превращения органохлорсиланов. Эфиры и</p>

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
		<p>замещенные эфиры ортокремневой кислоты. Ацилоксипроизводные кремния. Органогидроксисиланы. Органосилиламины и силазаны. Способы получения, химические свойства. Циклосилазаны. Производные 2,5-дисилапиперазинов и производных 1,6-диокса-3,8-диаза-5,10-дисилацикло-декан-2,7-диона. 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. Прямой синтез органохлоргерманов. Реакции двойного гермирования. Прикладное использование германийорганических соединений. Органические производные олова. Особенности синтеза, свойств и строения. Прямой синтез органохлорстаннанов. Реакции дихлоркарбена, дихлорсилилена и дихлоргермилена. Теоретические исследования этого вопроса. Прикладное использование олово-органических соединений. Органические производные свинца и титана. Способы получения, химические свойства, области практического применения. Особенности использования органических производных свинца и титана. Органические производные фосфора. Способы получения, химические свойства, области практического применения. Фосфазены. Органические производные бора и алюминия. Способы получения, химические свойства, области практического применения. Диборан, его строение и свойства. Карбораны. Алюмоксаны.</p>
3	<p>Элементоорганические олигомеры и полимеры.</p>	<p>Особенности строения и свойств ЭО полимеров. Значение для развития современной техники. Классификация. Реакции образования полимеров с неорганическими главными цепями молекул. Реакция гидролитической поликонденсации. 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: полиорганосилоксаны, полиэлементоорганосилоксаны, полиорганосилазаны. Кремнийорганические жидкости, эластомеры, лаки. Полифосфазены. Синтез и свойства. Реакции</p>

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
		<p>образования полимеров с органонеорганическими главными цепями молекул. Реакция полимеризации гетероциклов. Реакция миграционной полимеризации.</p> <p>Реакции образования полимеров с органонеорганическими главными цепями молекул. Реакция гетерофункциональной поликонденсации карбофункциональных ЭО соединений.</p> <p>Элементоорганические полиэфиры, 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.</p> <p>Особенности технологии получения азотсодержащих кремнийорганических продуктов.</p> <p>Особенности технологии получения силиконовых каучуков.</p> <p>Особенности технологии получения одно- и двухкомпонентных герметиков.</p> <p>Особенности технологии получения гидрофобизаторов.</p> <p>Особенности технологии получения кремнийорганических лаков.</p> <p>Особенности технологии получения вулканизирующих агентов силиконовых каучуков и эпоксидных смол.</p> <p>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.</p> <p>Получение органических и кремнийорганических изоцианатов.</p> <p>О-силилуретаны. Использование аминов, их кремний-производных и силилуретанов в синтезе изоцианатов. Использование в синтезе изоцианатов органических и кремнийорганических мочевины.</p> <p>Использование органических уретанов при получении изоцианатов. Получение ацилизоцианатов, амидов, кислот, триметилсилилизоцианата, триметилсилиловых производных гидроксамовых кислот и органических изоцианатов. Получение мочевины и семикарбазидов.</p>

8.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

8.4. 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

9. 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 14) источников, учебного и научного программного обеспечения, ресурсов Интернет; (в соответствии с расписанием занятий);

регулярную проработку пройденного на лекциях учебного материала по разделам курса;

оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий);

подготовку реферата по тематике курса, подготовку к сдаче экзамена по курсу;

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

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

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

11.1.1. Показатели и критерии оценивания, используемые шкалы оценивания

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Умение	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Знание	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Владение	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	<i>Текущий контроль:</i> выполнение практического задания, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2

11.1.2. Описание шкал оценивания степени сформированности элементов компетенций

Шкала 1. Оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции		
Цифр	Оценка	Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительн о	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительн о	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированны е 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

12. 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.

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

Примеры вопросов по теме 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.

Пример практического задания по теме 1:

Задание 1. Доказать наличие трансанулярного взаимодействия электронной пары азота с d-орбиталями кремния на примере силатранов.

Примеры вопросов по теме 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

Пример практического задания по теме 2:

Задание 1. Напишите уравнения реакции гидросилилирования и гидрогермирования. Что общего и чем отличаются эти процесс друг от друга?

Примеры вопросов по теме 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.

Пример практического задания по теме 3:

Задание 1. Дайте определение кремнийфункциональным и карбофункциональным органическим соединениям и приведите примеры уравнений реакций синтеза таких полимеров.

Примеры вопросов по теме 4:

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

Пример практического задания по теме 4:

Задание 1. Напишите химические и технологические стадии процессов получения силиловых эфиров карбаминовых кислот с использованием реакций карбоксилирования и N-силоксикарбонилирования.

Примеры вопросов по теме 5:

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

Пример практического задания по теме 5:

Задание 1. Как используя сульфат гидроксиламина получить N,O,O'-трис(триметилсилил)гидроксикарбаминовую кислоту и триметилсилил-изоцианат.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках промежуточной аттестации по дисциплине) по дисциплине «Химия элементоорганических соединений»

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, силизаны, 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). Металлоциклические 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.

13. 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

14. Ресурсное обеспечение дисциплины

14.1. 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.
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.
10. Карбораны. Р. Граймс. - Москва : Мир, 1974. - 264 с.

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.

14.2. 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

14.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации лекций в PowerPoint;
- комплект контрольных заданий для итогового контроля освоения дисциплины

14.4. 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

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

АО «ГНИИХТЭОС» располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом, а также эффективное выполнение диссертационной работы. Аудитории для проведения лекций, оснащены оборудованием для демонстрации слайдов компьютерных презентаций. Компьютеры АО «ГНИИХТЭОС» объединены в локальную сеть с выходом в Интернет и с возможностью доступа к научным базам данных и электронным библиотекам. Имеется научно-техническая библиотека.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951 с учетом научной специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений.

**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)»**

Дисциплина «Химия элементоорганических соединений» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 1.4.8 Химия элементоорганических соединений.

1. Цель освоения дисциплины

Дисциплина «Химия элементоорганических соединений» имеет своей целью формировать у обучающихся общепрофессиональные (ОПК-1) и профессиональные (ПК-1) компетенции в соответствии с требованиями федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951с учетом научной специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений.

В результате изучения дисциплины «Химия элементоорганических соединений» 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 1.4.8. Химия элементоорганических соединений; 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 элементоорганических соединений» 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 программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Дисциплина «Химия элементоорганических соединений» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 1.4.8 Химия элементоорганических соединений.

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

Форма промежуточной аттестации – экзамен.