

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

ИНСТИТУТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ИМ. Н.С. ЕНИКОЛОПОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

(ИСПМ РАН)

УТВЕРЖДЕНО

Ученым советом ИСПМ РАН
протокол № 1 от "10" февраля 2022 г.
Председатель Ученого совета
член-корр. РАН С.А. Пономаренко



**Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины
«ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ»**

Направление подготовки
1.4. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Направленность (профиль) программы
1.4.7. Высокомолекулярные соединения

Форма обучения – очная

Москва

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины: формирование знаний и умений в области синтеза элементоорганических полимеров и изучение их основных свойств, а также определения зависимости свойств от строения мономера, функциональности, условий получения полимера и др., с целью создания полимерных элементоорганических структур с оптимальными функциональными параметрами для применения в различных областях науки и техники.

Задачи дисциплины: изложение сведений о современных методах синтеза основных классов элементоорганических полимеров; развитие понимания причинно-следственной взаимосвязи между условиями синтеза, структурой и свойствами элементоорганических полимеров; исследования их структуры и молекулярно-массовых характеристик, освоения областей применения высокомолекулярных элементоорганических соединений на стыке наук; изучение и контроль процессов, протекающих в ходе синтеза элементоорганических полимеров, их влияния на свойства получаемых материалов; привитие навыков использования научной литературы.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Данная дисциплина входит в Основную профессиональную образовательную программу - программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 1.4. Химические науки, относится к дисциплинам, имеющим целью подготовку аспиранта к кандидатскому экзамену по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, является элективной и обязательной для изучения в период, указанный в индивидуальном плане работы аспиранта.

Обучающийся по данной дисциплине должен иметь фундаментальные представления об основных типах элементоорганических полимеров, в частности о кремнийорганических полимерах:

- линейных и разветвленных полиорганосилоксанах,
- полимерах с циклосетчатой структурой молекул,
- полимерах с циклолинейной лестничной структурой молекул,
- полимерах со спироциклической и спиролестничной структурой молекул,
- кремнийорганических дендримерах или полимерах типа «взрывающихся звезд»,
- полиорганосилазанах,
- полиэлементоорганосилоксанах,
- полимерных органометаллосилоксанах,
- каркасных органометаллосилоксанах,
- карборансодержащих полиорганосилоксанах,
- поликарбосиланах.

Обучающийся должен иметь представления о методах синтеза полиорганосилоксанов реакциями гидролиза органохлорсиланов, алкил(арил)алкоксисиланов, теломеризацией органоциклоксиланов, каталитической полимеризацией органоциклоксиланов, реакцией гетерофункциональной поликонденсации натрийокси(органо)алкоксисиланов, реакцией

аминолиза и каталитической поликонденсации.

Обучающийся должен иметь знания в области синтеза и свойств циклических кремнийорганических соединений:

- синтеза диалкил(арил)циклосилоксанов,
- синтеза циклосилоксанов с функциональными группами у атома кремния,
- синтеза циклосилазанов,
- синтеза циклосилазаоксанов.

Особое внимание должно быть уделено особенностям строения кремнийорганических соединений:

- синтезу и свойствам алкил(арил)гидроксисиланов, натрийокси(органо)- алкоксисиланов,
- гидролизу алкил(арил)ацетоксисиланов,
- гидролизу алкил(арил)аминосиланов,
- гетерофункциональной конденсации натрийокси(органо)алкоксисиланов,

а также применению кремнийорганических полимеров - жидкостей, эластомеров и вулканизаторов, лаков и смол.

Для обучения по данной дисциплине необходимо высшее образование с освоением курса по химии высокомолекулярных соединений в части синтеза, идентификации молекулярной и надмолекулярной структур, курса физической химии в части изучения молекулярно-массового распределения и определения молекулярных масс, курса химической технологии пластических масс в части применения высокомолекулярных соединений.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В рамках данной дисциплины углубляются познания в области синтеза и основных характеристик высокомолекулярных кремнийорганических соединений, знание основных направлений развития полимерной химии и основных классов кремнийорганических полимеров и современных методов их синтеза для понимания областей применения элементоорганических полимеров.

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций, в результате приобретения которых аспирант должен обладать:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (ПК-1);
- Способность и готовность к организации и проведению научно- исследовательских работ в области химии элементоорганических мономеров и полимеров (ПК-7).

В результате освоения дисциплины аспиранты будут:

знать: способы анализа имеющейся информации; методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий; сущность информационных технологий; принципы организации работы исследовательского коллектива в области химии и смежных наук; основные классы высокомолекулярных соединений, способы их синтеза и модификации; основы знаний о строении и физико-химических свойствах высокомолекулярных соединений, а также типовые методы анализа и контроля условий химических реакций, основное оборудование и приборы для синтеза и анализа полимеров; основные первичные источники (научные периодические издания) и информационные системы и базы данных; новые методы исследования структуры и свойств полимерных материалов; физико-химические методы исследования структуры и свойств мономеров и полимеров, выявлять особенности и области применения получаемых соединений; способы получения и химические свойства элементоорганических мономеров и полимеров; практическое значение элементоорганических полимеров; нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования; способы представления и методы передачи информации для различных контингентов слушателей; последние достижения в области инструментальной техники изучения структуры и свойств полимерных материалов.

уметь: ставить задачу и выполнять научные исследования при решении конкретных задач по химии и физике высокомолекулярных соединений, применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи информации с использованием современных компьютерных технологий; организовать работу исследовательского коллектива в области химии и физики высокомолекулярных соединений и смежных наук; обобщать и критически оценивать результаты, полученные отечественными и зарубежными исследователями, выявлять перспективные направления, составлять программу исследований; обосновывать актуальность, теоретическую и практическую значимость избранной темы научного исследования; проводить самостоятельные исследования в соответствии с разработанной программой; самостоятельно решать сложные теоретические и прикладные задачи в области высокомолекулярных соединений; способы получения и химические свойства элементоорганических мономеров и полимеров; практическое значение элементоорганических полимеров; практически использовать современные приборы и методики, проводить и организовывать эксперименты и испытания, осуществлять обработку и анализ результатов; организовать научно-исследовательскую работу в области изучения и изменения свойств полимеров, разрабатывать планы НИР, задания для исполнителей; проводить обработку и анализ результатов, обобщать их в виде научных статей в ведущих профильных журналах; находить необходимую информацию из доступных источников; анализировать и систематизировать полученную информацию; анализировать результаты экспериментальных исследований в осуществлять отбор материала, характеризующего достижения науки с учетом специфики направления подготовки; проявлять инициативу и самостоятельность в разнообразной деятельности; использовать оптимальные методы преподавания.

владеть: методами самостоятельного анализа имеющейся информации; практическими навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях; современными компьютерными технологиями для сбора и анализа научной информации; навыками организации работы исследовательского коллектива в области высокомолекулярных соединений; навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии; навыками литературной и деловой письменной и устной речи, навыками научной речи; методологией исследований высокомолекулярных полимеров и иметь способность к разработке новых методов и методик и их применению в научно-исследовательской деятельности; практическими навыками использования современных приборов и методик исследования высокомолекулярных соединений, проведения и организации экспериментов и испытаний, обработки и анализа результатов; методами работы с основными базами данных химической информации и оборудованием по теме исследования; способы получения и химические свойства элементоорганических мономеров и полимеров; практическое значение элементоорганических полимеров; практическими навыками и методиками исследования структуры и свойств элементоорганических мономеров и полимеров, проведения и организации экспериментов и испытаний, обработки и анализа результатов; владением культурой научного исследования в области химии элементоорганических мономеров и полимеров, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий;

умением обработать полученную информацию в виде публикаций в научных журналах; методикой критического анализа данных информационных ресурсов и их соотнесения с получаемыми экспериментальными данными; навыками создания экспериментальных установок для определения основных характеристик исследуемых систем; методами и технологиями межличностной коммуникации; навыками публичной речи, ведения дискуссии, аргументации.

4.1. Структура дисциплины

Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)					Самостоятельная работа	Вид итогового контроля
	Всего	Всего аудиторных	Из аудиторных				
			Лекции	Семинар.	Лаб.-пр.		
Элементорганические полимеры	108	84	36	24	24	24	зачет

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Разделы дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
		Лек.	Семинар.	Лаб.-пр.	
1	Основные типы поли- органосилоксанов -линейных и разветвленных, -с циклосетчатой структурой молекул, -с циклолинейной лестничной структурой молекул, -с спироциклической и спиролестничной структурой молекул	8	6	6	6
2	Кремнийорганические дендримеры - полимеры типа «взрывающихся звезд»	8	6	6	6
3	Полиорганосилазаны и силазоксаны	8	4	4	4
4	Полиэлементоорганосилоксаны. Полимерные органометаллосилоксаны. Каркасные органометаллосилоксаны. ЖК полимеры	6	4	4	4
5	Карборансодержащие полиорганосилоксаны и - силазаны	6	4	4	4

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	Линейные и разветвленные полиорганосилоксаны с заданной структурой макромолекул	1 Линейные и разветвленные полиорганосилоксаны. 2 Полиорганосилоксаны циклосетчатой структуры из полифункциональных олигомерных блоков. 3 Полиорганосилоксаны с циклолинейной лестничной структурой молекул. 4 Полимеры со спироциклической и спиролестничной структурой молекул.	Лекции, семинары, лаб.-пр.

2	Кремнийорганические дендримеры	1 Объёмнорастущие полиорганосилоксаны. Химия формирования молекулярного скелета полиорганосилоксановых дендримеров. 2 Методы идентификации и исследования дендримеров. 3 Химия внешней сферы дендримеров. Химия внутренней сферы дендримеров. 4 Дендримеры и процессы их самоорганизации.	Лекции, семинары, лаб.-пр.
3	Полиорганосилазаны	1 Получение полиорганосилазанов аммонолизом и соаммонолизом различных органохлорсиланов с последующей поликонденсацией продуктов аммонолиза. 2 Реакции диорганосилоксанов с нуклеофильными реагентами, приводящие к образованию полимеров циклической структуры. Синтез полимеров с силазоксановыми цепями конденсационным методом альфа, омега-алкиламиноолигоди-метилсилоксанов.	Лекции, семинары, лаб.-пр.
4	Полиэлементоорганосилоксаны. Полимерные органометаллосилоксаны. Каркасные органометаллосилоксаны. ЖК полимеры	1 Полититаноорганосилоксаны с 8-оксихинолиновой группой разветвленной структуры. 2 Полиорганосилоксаны содержащие в боковых цепях атомы фосфора. 3 Полиметалловинилсилоксаны. Содержащие атомы Ti и Al, получаемые гетерофункциональной поликонденсацией винил(дигидроксид)силанолата натрия с $TiCl_4$ и $AlCl_3$. 4 Полидиметилкарбоксилатметаллосилоксаны, содержащие в основной цепи атомы двухвалентных металлов, связанных с атомом кремния через карбоксилатную группу. 5 ЖК полимеры. Структура и свойства. Основные типы гребнеобразных ЖК полимеров: смектический, нематический, холестерический.	Лекции, семинары, лаб.-пр.
5	Карборансодержащие полиорганосилоксаны и -силазаны	1 Полиорганосилоксаны, содержащие о-карборановую группировку в основной и боковой цепи, способы их получения и свойства. 2 Полиорганосилоксаны, содержащие м-карборановую группировку в основной цепи, способы их получения и свойства.	Лекции, семинары, лаб.-пр.

		3 Полиорганосилазаны, содержащие о- и м-карборановую группировку в основной и боковой цепи. Применение карборансодержащих полиорганосилоксанов и -силазанов	
--	--	---	--

5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции и семинары.
2. Сопровождение лекций визуальным материалом в виде слайдов, подготовленных с использованием современных компьютерных технологий (программный пакет презентаций Microsoft Office Powerpoint), проецируемых на экран с помощью видеопроектора, компьютерных моделей органических соединений и их спектров.
3. Участие обучаемых в научной работе и выполнении исследовательских проектов.
4. Использование специального программного обеспечения и интернет- ресурсов для обучения в ходе практических и самостоятельных работ.

6. Фонд оценочных средств

Форма контроля знаний - зачет в конце курса, включающий теоретические вопросы.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Линейные и разветвленные полиорганосилоксаны с заданной структурой макромолекул

Синтез полиорганосилоксанов реакциями: гидролиза органохлорсиланов, алкоксисиланов, - ацетоксисиланов, каталитической полимеризацией органоциклоксанов, реакцией гетерофункциональной поликонденсации, амминолиза и каталитической поликонденсации.

2. Кремнийорганические дендримеры

Методы идентификации и исследования дендримеров. Химия внешней сферы дендримеров. Химия внутренней сферы дендримеров. Дендримеры и процессы их самоорганизации.

3. Полиорганосилазаны

Получение полиорганосилазанов аммонолизом и соаммонолизом различных органохлорсиланов с последующей поликонденсацией продуктов аммонолиза.

4. Полиэлементоорганосилоксаны. Полимерные органометаллосилоксаны. Каркасные органометаллосилоксаны. ЖК полимеры

Полититаноорганосилоксаны с 8-оксихинолилатной группой разветвленной структуры. Полиорганосилоксаны, содержащие чередующиеся атомы титана и кремния, получаемые реакцией гетерофункциональной конденсации метилфенилдиэтоксисилана с бис(триметилсилокси)дихлортитаном.

5. Карборансодержащие полиорганосилоксаны и -силазаны

Полиорганосилоксаны, содержащие м-карборановую группировку в основной цепи, способы их получения и свойства. Дексилы, способы их получения и свойства.

Критерий выполнения задания - подтверждение ответами контрольных вопросов на знание теоретических основ курса.

Оценка «отлично» выставляется аспиранту, сформулировавшему полный и правильный ответ на вопросы, логично структурировавшему и изложившему материал. Для получения отличной оценки необходимо дать исчерпывающие ответы на уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется аспиранту, который дал полный правильный ответ на вопросы семинара с соблюдением логики изложения материала, но допустил при ответе отдельные неточности, не имеющие принципиального характера. Оценка «хорошо» может выставляться аспиранту, недостаточно чётко и полно ответившему на уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, показавшему неполные знания, допустившему ошибки и неточности при ответе на вопросы, продемонстрировавшему неумение логически выстроить материал ответа. При этом хотя бы по одному из заданий ошибки не должны иметь принципиального характера.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, если он не дал ответа по основным вопросам; дал неверные, содержащие фактические ошибки ответы на все вопросы; не смог ответить на дополнительные и уточняющие вопросы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Музафаров, А.М. Бесхлорная химия силиконов – дорога в будущее / А. М. Музафаров. – М.: Перо, 2018 – 308 с. - ISBN 978-5-00122-811-0

2. Абакумов, Г. А., Пискунов, А. В., Черкасов, В. К., Федюшкин, И. Л., Анаников, В. П., Еремин, Д. Б., Андреев, М. В. (2018). Перспективные точки роста и вызовы элементоорганической химии. Успехи химии, 87(5), 393-507.

б) дополнительная литература:

1. Хананашвили Л.М. Химия и технология элементоорганических мономеров и полимеров. М.: Химия, 1998 - 528 с.

Указанная литература имеется в отделении БЕН РАН в ИСПМ РАН или может быть заказана по Межбиблиотечному абонементу.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

В настоящее время ИСПМ РАН располагает следующими полнотекстовыми электронными информационными ресурсами: Wiley, Elsevier, а также доступом к базам данных по химии: Reaxys и SciFinder и интернет- ресурсам:

- Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федерального портала Российское образование <http://www.window.edu.ru>;

- Национальный WWW-сервер по химии www.chem.msu.ru;
- База данных Американского института научной информации Web of Science <http://webofscience.com>;
- Новая электронная библиотека <http://www.newlibrary.ru>;
- Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://elibrary.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

ИСПМ РАН 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 Института объединены в локальную сеть с выходом в Интернет и с возможностью доступа к международным и российским научным базам данных и электронным библиотекам с основными международными научными журналами.

Инструментальная база Института, используемая в ходе преподавания дисциплины, включает в себя следующие приборы:

- роторные реакторы-испарители;
- препаративный жидкостный хроматограф;
- газо-жидкостный хроматограф;
- сканирующий микроскоп;
- ИК-Фурье спектрометр;
- ЯМР-спектрометр;
- рентгеновский дифрактометр.

Автор:

академик РАН, г.н.с.

А.М. Музафаров