

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИМ. Н.С. ЕНИКОЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИСПМ РАН)**

УТВЕРЖДЕНО

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

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины

**"МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕРОВ
И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ"**

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 физико-химических методов исследования полимерных смесей и композитов; освоение методики установления структуры и состава полимерных смесей и композитов; изучение современных инструментальных методов анализа.

Задачи дисциплины: подготовить квалифицированных специалистов в области физики и физикохимии полимеров, способных к самостоятельной и продуктивной научной деятельности. Привить им навыки современного эксперимента и теоретического анализа экспериментальных данных. Ознакомить с современными физико-химическими методами исследования полимеров и полимерных материалов, их физическими основами, возможностями, ограничениями применения и интерпретацией результатов. Привить навыки использования научной литературы.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы исследования полимеров и полимерных композиционных материалов» 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, и является обязательной для изучения в период, указанный в индивидуальном плане работы аспиранта.

Обучающийся по данной дисциплине должен иметь высшее образование и базовые знания в области науки о полимерах. Они должны включать представления о структуре, методах синтеза, физических и физико-химических свойствах полимеров. Необходимы также практические навыки в области аналитической, органической и физической химии, в области физики и механики полимеров.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В курсе дается понимание базовых принципов физических и физико-химических методов исследования полимеров и многокомпонентных полимерных систем: рентгеноструктурного анализа, светорассеяния, ультрацентрифугирования, гель-хроматографии, вискозиметрии, денсиметрии, твердотельной и жидкостной сканирующей калориметрии, реакционной изотермической калориметрии, атомно-силовой микроскопии, термомеханического анализа и термического анализа; практические навыки использования указанных методов для исследования полимеров и многокомпонентных полимерных систем.

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);
- готовностью организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);
- 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) 02.00.06 - Высокомолекулярные соединения (ПК-1);
- способностью организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты, обобщать в виде научных статей для ведущих профильных журналов (ПК-7);

- готовностью к созданию новых экспериментальных установок для проведения лабораторных практикумов, к разработке учебно-методической документации для проведения учебного процесса (ПК-8);
- способностью к использованию современных физико-химических методов установления строения вещества (ПК-10).

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; источники информации о теоретических основах химии и физики высокомолекулярных соединений, биополимерах, полимерных смесей, полимерных композитов и нанокompозитах, о методах их получения и исследования, о принципах создания новых функциональных полимерных материалов; агрегатные, фазовые и физические состояния аморфных, кристаллических и сетчатых полимеров; природу прочности полимеров, обусловленную химическими связями, когезионным взаимодействием и типом химической и физической структуры полимеров; специфику деформационных и прочностных свойств полимеров в каждом из физических состояний, особенности растворов и расплавов полимеров; основные закономерности изменения физических свойств полимеров и полимерных систем в зависимости от их структуры и состава; методические подходы, их преимущества и ограничения к созданию новых полимерных материалов и полимерных композитов, теоретические основы и методы их диагностики; новые технические и научные достижения в области химии и физики полимеров и полимерных систем; 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; 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; базовые физические и химические принципы, заложенные в основу различных методов исследования строения вещества; возможности и границы применимости различных физико-химических методов исследования строения вещества;

уметь: ставить задачу и выполнять научные исследования при решении конкретных задач по химии и физике высокомолекулярных соединений, биополимеров, смесей полимеров и полимерных композитов и нанокompозитов с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств; 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; 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 области физики полимеров; применять методы планирования экспериментов и обработки их результатов; реализовывать знания в области химии и физики полимеров и композитов и методов их исследований; использовать оригинальные методики исследования и обобщать полученные результаты; использовать полученные знания для решения задач профессиональной деятельности; систематизировать и обобщать как уже имеющуюся в литературе, так и самостоятельно полученную в ходе исследований информацию; 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; специфическими компьютерными информационными технологиями по получению и анализу химической информации; умениями и навыками исследования структуры и функционально важных свойств высокомолекулярных соединений и полимерных композитов; оригинальными методами исследования структуры и свойств полимерных материалов; 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, аргументации, ведения дискуссии.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа), в том числе 52 часа лекции, 26 часов семинарских занятий, 28 часов лабораторно-практических занятий и 38 часов самостоятельной работы.

4.1. Структура дисциплины

Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля
	Всего	Всего аудиторных	Из аудиторных			Самостоятельная работа	
			Лекции	Семинар.	Лаб.-пр.		
Методы исследования полимеров и полимерных компози-	144	106	52	26	28	38	зачет

ционных материалов							
--------------------	--	--	--	--	--	--	--

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/ п	Разделы дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)				Контроль
		Лекции	Семинар	Лаб.-пр.	СР	
1	Методы определения молекулярной массы и молекулярно-массового распределения	8	4	4	6	
2	Методы установления химического строения вещества	8	4	6	6	
3	Методы исследования структуры полимеров и полимерных композиционных материалов	12	6	6	8	
4	Методы исследования тепловых характеристик полимеров	8	4	4	6	
5	Методы исследования механических и релаксационных характеристик	8	4	4	6	
6	Методы исследования фазовых состояний полимерных систем	8	4	4	6	
	ИТОГО	52	26	28	38	Зачет

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	Методы определения молекулярной массы и молекулярно-массового распределения	Способы выражения молекулярной массы и полидисперсности. Методы определения ММ и ММР: эбулиоскопия, криоскопия, светорассеяние, вискозиметрия, седиментация, осмометрия, ультрацентрифугирование, хроматография.	Лекции, семинары, лаб.-пр.
2	Методы установления химического строения вещества	Масс-спектрометрия МАЛДИ. Физические основы метода. Возможности и ограничения. Используемые матрицы. Интерпретация результатов. УФ- спектроскопия. Физические основы метода. Применение для количественного анализа. Ограничения. ИК и КР спектроскопия. Физические основы методов. Возможности и ограничения. Современные варианты реализации. Спектроскопия в режиме нарушенного полного внутреннего отражения. Применение ИК-спектроскопии для количественного анализа. Интерпретация результатов. Спектроскопия ЯМР. Твердотельный режим. Физические основы метода. Возможности и ограничения. Интерпретация результатов.	Лекции, семинары, лаб.-пр.
3	Методы исследования структуры полимеров и полимерных композиционных материалов	Атомно-силовая микроскопия. Возможности и ограничения. Получаемая информация. Рентгеноструктурный анализ. Дифракция рентгеновских лучей. Основные соотношения. Варианты реализации метода. Используемые аноды. Дифракция в больших и малых углах. Определение степени кристалличности. Возможности и ограничения метода. Интерпретация результатов. Оптическая микроскопия в неполяризованном и поляризованном свете. Типичные картины аморфной, кристаллической и жидкокристаллической фаз. Про-	Лекции, семинары, лаб.-пр.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
		явления анизотропии. Электронная микроскопия - сканирующая и просвечивающая. Разрешение. Подготовка образцов. Возможности и ограничения метода. Воздействие электронного пучка на образец. Критика метода. Дополнительные возможности метода. Применение позитронной аннигиляционной спектроскопии для определения свободного объема в полимерах. Физические основы метода. Возможности и ограничения. Интерпретация результатов.	
4	Методы исследования тепловых характеристик полимеров	Методы определения теплостойкости. Теплостойкость по Вика, по Мартенсу. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Физические основы метода. Возможности и ограничения. Интерпретация результатов. Определение температуры стеклования. Сравнение значений температуры стеклования, определяемой по ДСК и иными методами. Определение степени кристалличности. Модулированный ДСК, его возможности. Термогравиметрия. Реализация метода. Возможности и ограничения. Определение температуры деструкции.	Лекции, семинары, лаб.-пр.
5	Методы исследования механических и релаксационных характеристик	Динамический механический анализ. Варианты реализации. Основные соотношения. Определение температуры стеклования. Амплитуда и частота колебаний. Испытания при растяжении. Основные стандарты. Образцы. Влияние скорости нагружения. Основные соотношения. Расчет истинных напряжений. Понятие прочности. Модуль Юнга, удлинение при разрыве. Испытания при сжатии. Основные стандарты. Образцы.	Лекции, семинары, лаб.-пр. Лекции, семинары, лаб.-пр.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
		Трехточечный изгиб. Реализация. Требования к образцу. Стандарты. Ударные испытания по Шарли и Изоду. Оборудование. Стандарты. Требования к образцу.	
6	Методы исследования фазовых состояний полимерных систем	Понятие о фазовых диаграммах. Типичные фазовые диаграммы бинарных систем полимер-растворитель, полимер-полимер. Тройные фазовые диаграммы, их чтение. Метод точек помутнения. Турбидиметрическое титрование. Применение ДСК для исследования фазового состояния. Микроинтерферометрия. Возможности и ограничения. Анализ данных.	Лекции, семинары, лаб.-пр.

5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции, семинары, лабораторно-практические занятия.
2. Сопровождение лекций визуальным материалом в виде слайдов, проецируемых на экран с помощью видеопроектора; использование компьютерных моделей макромолекул.

6. Самостоятельная работа аспирантов

Виды самостоятельной работы:

- в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам;
- самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, конспекты лекций, ресурсы Интернет.

7. Фонд оценочных средств дисциплины

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

Контрольные вопросы к зачету:

1. Особенности применения физических методов для изучения структуры и свойств олигомеров, полимеров, полимерных материалов и полимерных композитов.
2. Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).
3. Спектроскопия полимеров: ИК, МНПВО, КР. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.

4. Флуоресцентный анализ полимеров.
5. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.
6. Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.
- 7 Масс-спектрометрия. Сущность метода, аппаратура, области применения. Времяпролетная масс-спектрометрия.
8. Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров. Большие периоды в полимерах. Специфика исследования смесей полимеров и ПКМ.
9. Оптическая и электронная микроскопия.
10. Физико-механические методы. Термомеханический метод.
11. Неразрушающие методы исследования ПКМ.
12. Динамические методы. Диэлектрическая и механическая спектроскопия.
13. Электрофизические методы исследования свойств полимеров и ПКМ.
14. Туннельная микроскопия.
15. Транспортные методы для исследования полимеров. Обращенная и гель-проникающая хроматография.
16. Особенности методов исследования нанокompозитов и их ингредиентов.

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

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. Методы исследования структуры и свойств полимеров. Казань: КГТУ, 2002 – 604 с.
2. Аскадский А.А., Попова М.Н., Кондращенко В.И. Физико-химия полимерных материалов и методы их исследования. М.: АСВ, 2015 - 408 с.
3. Кларк Э. Р., Эберхардт К. Н. Микроскопические методы исследования материалов. М.: Техносфера, 2007 – 376 с.
4. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Физико-химические методы исследования полимеров М.: Лань, 2018 – 140 с.

5. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М.: Техносфера, 2007 – 368 с.

6. Устынюк Ю.А. Лекции по спектроскопии ядерного магнитного резонанса. Москва: Техносфера, 2016. – 288с.

б) Дополнительная литература:

1. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности. М.: Мир, 1989 – 564 с.

2. Купцов А.Х., Жижин Г.Н. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров. М.: Физматлит, 2013 – 696 с.

3. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Молекулярная спектроскопия. М.: МГУ, 1994 – 320 с.

4. Рабек Я. Экспериментальные методы в химии полимеров. В 2-х ч. Ч. 1. - М.: Мир, 1983 - 384 с.; ч. 2. - М.: Мир, 1983 - 479 с.

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

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Научная электронная библиотека РФФИ www.elibrary.ru, Информационный ресурс для химиков-синтетиков www.reaxys.com, программа для обработки ЯМР спектров Spinworks (<http://www.spin-works.com>), программа для обработки масс-спектров mMass (<http://www.mmass.org>), программа для просмотра, редактирования, обработки и анализа спектральных данных Spectralworks (<http://www.spectralworks.com>), программа для анализа электронной структуры молекул и спектров Chemissian (www.chemissian.com).

Интернет-ресурсы: Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федерального портала Российское образование <http://www.window.edu.ru>, национальный www-сервер по химии www.chem.msu.ru.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Институт 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:

- рентгеновский дифрактометр;
- ЯМР-спектрометр;
- хроматограф препаративный жидкостный;
- рефрактометр;

- вискозиметр;
- масс-спектрометр;
- ИК-Фурье-спектрометр;
- спектрофотометр-флуориметр;
- сканирующий зондовый микроскоп с головками для атомно-силовой и сканирующей туннельной микроскопии;
- поляризационно-оптический микроскоп;
- совмещенный ТГА-ДСК (термогравиметрический анализатор и дифференциальный сканирующий калориметр).

Автор:

г.н.с., д.х.н., проф.

А.А. Кузнецов