

**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" февраля 2022 г.
Председатель Ученого совета
член-корр. РАН Пономаренко С.А. Пономаренко



**Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины
«ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ»**

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 фундаментальных знаний и экспериментальных навыков в области физики и физической химии полимерных нанокомпозитов; освоение методологии исследования структуры, физических и физико-химических свойств полимеров и многокомпонентных полимерных систем.

Задачи дисциплины: изложение сведений о современных методах и подходах к созданию и переработке полимерных материалов, композитов и нанокомпозитов; развитие понимания причинно-следственной взаимосвязи между составом, структурой и свойствами полимерных материалов, композитов и нанокомпозитов; подготовка к профессиональной деятельности, эксплуатации современного оборудования и приборов, анализу технологичности процессов получения и переработки полимерных материалов, внедрению в производство новых технологий; изучение и контроль процессов, протекающих в ходе создания и переработки полимерных материалов, композитов и нанокомпозитов, 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 высшее образование и базовые знания в области науки о полимерах. Они должны включать представления о структуре, физических и физико-химических свойствах полимеров. Необходимы также практические навыки в области физической и коллоидной химии, механики полимеров в рамках соответствующих курсов специализированного высшего учебного заведения.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В курсе излагаются основные понятия физики полимеров и полимерных композиций, дается понимание базовых принципов физических и физико-химических методов исследования полимеров и многокомпонентных полимерных систем, практические навыки использования различных методов для исследования полимеров и многокомпонентных полимерных нанокомпозитов.

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) 02.00.06 - Высокомолекулярные соединения (ПК-1);

- способностью и готовностью применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки научной и профессиональной информации; получать информацию из различных источников, в том числе с использованием современных компьютерных средств, сетевых технологий, баз данных и знаний (ПК-2);

- способность и готовность к проведению фундаментальных и прикладных исследований структуры и свойств смесей полимеров, взаимосвязи структуры и свойств полимерных смесей с их эксплуатационными характеристиками (ПК-5);

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, полимерных композитов и нанокompозитов, о методах их получения и исследования; методические подходы, их преимущества и ограничения к созданию новых полимерных материалов и полимерных нанокompозитов, теоретические основы и методы их диагностики; 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.

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; 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.

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; 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; умениями и навыками исследования структуры и свойств полимерных смесей; инструментальными методами исследования структуры и свойств смесей полимеров; 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; методами и технологиями межличностной коммуникации; навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов), в том

числе 36 часов лекционных, 24 часа семинарских, 24 часа лабораторно-практических занятий и 24 часа самостоятельной работы.

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.		
Полимерные нанокомпозиты	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)			
		Лекц.	Семинар.	Лаб.-пр.	СР
1	Свойства макромолекулярных нанообъектов	8	4	4	4
2	Молекулярные модели нанонаполнителей	4	4	4	4
3	Взаимодействие нанонаполнителей с полимерными системами	8	4	4	4
4	Теория и моделирование взаимодействия нанообъектов между собой	4	4	4	4
5	Полимерные нанокомпозиты	12	8	8	8

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	Свойства макромолекулярных нанообъектов	Физико-механические свойства макромолекулярных нанообъектов. Деформационные свойства макромолекулярных нанообъектов. Напряжение, деформация и упругость. Релаксационные явления в полимерах. Механические свойства кристаллических полимеров. Вытяжка, «холодное течение», характер деформационных и термомеханических кривых.	Лекции, семинары, лаб.-пр.
2	Молекулярные модели нанонаполнителей	Молекулярные модели нанонаполнителей. Особенности термодинамического поведения макромолекул в растворах по сравнению с поведением молекул низкомолекулярных веществ. Теория Флори-Хаггинса. Определение молекулярной массы по осмотическому давлению растворов макромолекул. Определение молекулярной массы методом светорассеяния.	Лекции, семинары, лаб.-пр.
3	Взаимодействие нанонаполнителей с полимерными системами	Наполнители с нанометровым размером частиц. Структура и свойства нанокомпозитов. Нанокомпозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов. Жидкокристаллическое состояние (ЖКС) полимеров. Области применения жидкокристаллических полимеров. Методы оптической и электронной микроскопии исследования полимеров.	Лекции, семинары, лаб.-пр.

4	Теория и моделирование взаимодействия нанообъектов между собой	Понятие о применении полимеров и ПКМ в функциональных и интеллектуальных (smart) структурах. Полимерные материалы, применяемые для их получения; связь между их компоновкой, внешними воздействиями и откликом. Сенситивные и адаптивные структуры и полимерные материалы для них. Термо- и фотохромные, химотронные, тензочувствительные и др. Материалы для интеллектуальных структур.	Лекции, семинары, лаб.-пр.
5	Полимерные нанокомпозиты	Смеси полимеров как матрицы для получения полимерных композиционных материалов (ПКМ). Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-наполнитель, полимер-жидкость. Адгезия. Структура и свойства межфазных слоев. Влияние формы частиц наполнителя, химического и физического состояния их поверхности на свойства ПКМ. Аппреты. Методы химической и физической модификации компонентов ПКМ.	Лекции, семинары, лаб.-пр.

5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции.
2. Сопровождение лекций визуальным материалом в виде слайдов, проецируемых на экран с помощью видеопроектора; широкое использование компьютерных моделей макромолекул.
3. Использование интернет-ресурсов для обучения в ходе практических и самостоятельных работ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы 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, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

7. Фонд оценочных средств.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

Формы контроля знаний - устный групповой опрос, зачет, включающий теоретические вопросы.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Свойства макромолекулярных нанообъектов

Физико-механические свойства макромолекулярных нанообъектов. Деформационные свойства макромолекулярных нанообъектов. Напряжение, деформация и упругость. Релаксационные явления в полимерах.

Механические свойства кристаллических полимеров. Вытяжка, «холодное течение», характер деформационных и термомеханических кривых.

2. Молекулярные модели нанонаполнителей

Молекулярные модели нанонаполнителей.

Особенности термодинамического поведения макромолекул в растворах по сравнению с поведением молекул низкомолекулярных веществ. Теория Флори-Хаггинса. Определение молекулярной массы по осмотическому давлению растворов макромолекул. Определение молекулярной массы методом светорассеяния.

3. Взаимодействие нанонаполнителей с полимерными системами

Наполнители с нанометровым размером частиц. Структура и свойства нанокомпозитов. Нанокомпозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.

Жидкокристаллическое состояние (ЖКС) полимеров. Области применения жидкокристаллических полимеров. Методы оптической и электронной микроскопии исследования полимеров.

4. Теория и моделирование взаимодействия нанообъектов между собой

Понятие о применении полимеров и ПКМ в функциональных и интеллектуальных (smart) структурах. Полимерные материалы, применяемые для их получения; связь между их компоновкой, внешними воздействиями и откликом. Сенситивные и адаптивные структуры и

полимерные материалы для них. Термо- и фотохромные, химотронные, тензочувствительные и др. Материалы для интеллектуальных структур.

5. Полимерные нанокомпозиты

Смеси полимеров как матрицы для получения полимерных композиционных материалов (ПКМ). Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-наполнитель, полимер-жидкость. Адгезия. Структура и свойства межфазных слоев. Влияние формы частиц наполнителя, химического и физического состояния их поверхности на свойства ПКМ. Аппреты. Методы химической и физической модификации компонентов ПКМ.

Критерий выполнения задания - подтверждение знания теоретических основ курса ответами на контрольные вопросы.

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.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Кербер М.Л. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. СПб: Профессия, 2018 – 640 с.
2. Мартин-Палма Р.Дж., Лахтакия А. Нанотехнологии. Ударный вводный курс. Долгопрудный: Интеллект, 2017 – 206 с.
3. Рамбиди Н.Г. Структура и свойства наноразмерных образований: реалии современной нанотехнологии: учеб. пособие. Долгопрудный: Интеллект, 2011 – 375с.

б) дополнительная литература:

1. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит, 2010 – 456 с.
2. Гочжун Цао, Ин Ван. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение. М.: Научный мир, 2012 – 515 с.
3. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. Полимерные нанокомпозиты. М.: Техносфера, 2011 – 687 с.
4. Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р.Дж., Агулло-Рueda Ф. Нанотехнологии для микро-и оптоэлектроники. М.: Техносфера, 2009 – 368 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:
- Новая электронная библиотека <http://www.newlibrary.ru>:
- Научная электронная библиотека eLibrary.ru
<http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- База данных Американского института научной информации Web of Science
<http://webofscience.com>

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;
- сканирующий электронный микроскоп с приставкой для рентгеновского микроанализа;

- ИК-Фурье спектрометр;
- совмещенный ТГА-ДСК (термогравиметрический анализатор и дифференциальный сканирующий калориметр);
- машина универсальная для испытания полимерных материалов с термокамерой;
- вискозиметр;
- система малоуглового рентгеновского рассеяния;
- тестер для трибологических измерений;
- прибор для измерения диэлектрических свойств в диапазоне СВЧ, КВСН;
- прибор для измерения пробойного напряжения полимерных пленок;
- испытательная машина для проведения испытаний полимерных пленок на разрыв, сжатие, изгиб.

Автор:

г.н.с., чл.-корр. РАН, проф.

С.Н. Чвалун