

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

**Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова
Российской академии наук
(ИСПМ РАН)**

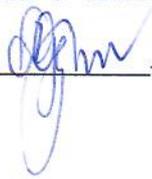
ПРИНЯТО



Ученым советом ИСПМ РАН

Протокол № 12 от 18 июня.2015 г.

Председатель Ученого совета

член-корр. РАН  А.Н. Озерин

Рабочая программа дисциплины

Физика полимеров и

полимерных композиционных материалов

по направлению подготовки - 04.06.01 Химические науки (уровень подго-
товки кадров высшей квалификации)

Специальность 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения

Москва

2015 год

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утверждённого Приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. N 869 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

1. Цели и задачи освоения дисциплины

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

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. Обучить методологии исследования структуры, физических и физико-химических свойств полимеров и многокомпонентных полимерных систем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина относится к группе специальных дисциплин отрасли науки и научной специальности Основной профессиональной образовательной программы (ОПОП ВО) (в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС)).

Настоящая дисциплина «Физика полимеров и полимерных композиционных материалов» – модуль вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) по специальности 02.00.06 – «Высокомолекулярные соединения».

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 навы-

ки в области аналитической, органической, физической и коллоидной химии 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: 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 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);

- способностью и готовностью организовать и осуществить комплексные исследования в области полимерных материалов с функциональными свойствами (ПК-3);
- способность и готовность организовать и осуществить комплексные исследования в области полимерных материалов с функциональными свойствами (ПК-4);
- 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);
- готовностью к созданию новых экспериментальных установок для проведения лабораторных практикумов, к разработке учебно-методической документации для проведения учебного процесса (ПК-8)

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.

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 результа-

тов; 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; представлениями об общих закономерностях, описывающих фазовое поведение полимерных смесей и взаимодействия на границе раздела фаз; 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; навыками создания экспе-

риментальных 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 78 часов аудиторных занятий, 30 часов самостоятельной работы и 36 часов – контроль.

4.1. Структура дисциплины

№ п/ п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итого- вого кон- троля	
		Все- го	Всего аудитор- ных	Из аудиторных					Самостоятель- ная работа
				Лек- ции	Лаб .	Пр .	КС Р		
1	Физика полимеров и полимерных композиционных материалов	144	114	78			36	30	Зачет с оценкой

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
		Лекции	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Конформационная статистика полимерных цепей	12			5	5
2	Высокомолекулярные соединения в растворе	10			5	5
3	Физические и фазовые состояния полимеров	12			5	5
4	Физико-механические свойства полимеров	12			5	5
5	Электрооптические и магнитные свойства полимеров и полимерных композитов	10			5	5
6	Теплофизические свойства и проницаемость полимеров	10			5	2
7	Полимерные нанокомпозиты	12			6	3

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	Конформационная статистика полимерных цепей	Конфигурация и конформация макромолекул. Основные модели полимерных цепей: свободно-сочлененная цепь, цепь с фиксированными углами. Характеристики размеров и формы полимерных цепей. Внутреннее вращение и поворотная изомерия. Полимеры с хиральными центрами. Конформация макромолекул и конформационная энергия. Стереорегулярность и микроструктура цепных молекул. Гибкость полимерных цепей и ее характеристики. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекул. Ближние и дальние взаимодействия. Размеры и формы реальных цепных молекул и их экспериментальное определение. Понятие о статистическом сегменте.	Лекции
2	Высокомолекулярные соединения в растворе	Термодинамика растворов полимеров. Взаимодействия в растворах полимеров.. Теория Флори-Хаггинса. θ -температура. Объемные эффекты. Светорассеяние в растворах полимеров. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе. Диффузия и седиментация макромолекул в растворе. Методы фракционирования полимеров. Растворы полиэлектролитов. Концентрированные растворы полимеров. Фазовые диаграммы полимер-растворитель Полимеры как матрицы для твердых электролитов. Иономеры.	Лекции
3	Физические и фазовые состояния полимеров	Структура и свойства полимерных стекол. Современные представления об аморфном состоянии и структуре стеклообразных полимеров. Стеклование полимеров и методы его определения. Теории стеклования. Явление вынужденной эластичности. Природа больших деформаций и дефор-	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
		<p>маций в области криогенных температур.</p> <p>Высокоэластическое состояние. Основные свойства высокоэластического состояния полимеров. Статистическая теория деформации макромолекул. Сеточная теория высокоэластичности. Основное уравнение кинетической теории высокоэластичности. Термодинамика деформации эластомеров. Термоупругая инверсия. Тепловые эффекты при деформации. Кристаллизация эластомеров при деформации.</p> <p>Вязко-текучее состояние и основы реологии полимеров. Закономерности течения расплавов полимеров, кривые течения, закон течения, механизм течения. Энергия и энтропия активации вязкого течения, их зависимость от параметров молекулярной структуры и от напряжения сдвига. Зависимость теплоты активации от температуры. Ньютоновская вязкость, методы определения и зависимость от структуры, молекулярной массы полимера и температуры. Уравнение Вильямса-Ландела-Ферри. Прочностные характеристики расплавов.</p> <p>Структура и свойства кристаллических полимеров. Условия образования кристаллического состояния в полимерах. Основные типы кристаллических структур макромолекул. Упаковка цепных молекул в кристаллах. Морфология кристаллических полимеров. Ламеллярные кристаллы. Сферолиты. Кристаллы с выпрямленными цепями. Степень кристалличности и методы ее определения. Дефекты полимерных кристаллов и их природа. Полимерные монокристаллы. Кристаллизация и плавление полимеров, методы исследования. Кристаллизация из разбавленных растворов и</p>	Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
		<p>расплавов. Зародышеобразование и рост. Кинетическая теория кристаллизации. Первичная и вторичная кристаллизация. Частичное плавление и рекристаллизация. Отжиг полимеров. Особенности кристаллизации полимеров в полимерных композитах. Жидкокристаллическое состояние полимеров. Ближний и дальний порядок. Типы симметрии. Мезоморфные состояния. Области применения жидкокристаллических полимеров.</p>	
4	Физико-механические свойства полимеров	<p>Деформационные свойства. Напряжение, деформация и упругость. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести.</p> <p>Релаксационные явления в полимерах. Релаксационный характер процессов деформации. Гистерезисные процессы. Ползучесть и релаксация напряжения. Принцип суперпозиции. Спектр времен релаксации и запаздывания. Динамические свойства полимеров: комплексный модуль и комплексная податливость. Соотношение между комплексным и релаксационным модулями. Линейная вязкоупругость. Принцип температурно-временной эквивалентности.</p> <p>Долговечность. Понятие о теоретической прочности полимеров. Кинетическая теория разрушения. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров. Механизм пластического и хрупкого разрушения. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.</p>	Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
5	Электрооптические и магнитные свойства полимеров и полимерных композитов (ПКМ)	<p>Оптические свойства полимеров: коэффициент светопропускания, спектральный коэффициент пропускания, светостойкость, светорассеяние, показатель преломления и оптический коэффициент напряжения и оптическая нетермостойкость. Факторы, определяющие уровень этих показателей. Старение оптических полимеров.</p> <p>Электрические свойства полимеров-диэлектриков и полимеров-проводников. Диэлектрическая поляризация и дипольные моменты полимеров. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери, электрическая прочность полимеров и ПКМ. Электризация полимеров и электрический пробой.</p> <p>Допирование полисопряженных полимеров: синтетические металлы и методы их получения. Электрические и оптические свойства полисопряженных полимеров. Перспективы использования полисопряженных полимеров для создания полимерной электроники, включающей высокопроводящие, полевые, электролюминесцентные, нелинейно-оптические элементы и устройства.</p> <p>Магнетосопротивление полимеров и ПКМ. ПКМ с высокими и низкими значениями комплексной диэлектрической и магнитной проницаемостей, связь между составом и структурой, методы определения.</p> <p>Линейные и нелинейные эффекты в полимерах и полимерных композитах. Сенсоры на основе полимеров и ПКМ.</p>	Лекции

6	Теплофизические свойства и проницаемость полимеров	<p>Плотность полимеров. Особенности теплового расширения полимеров. Теплоемкость. Теплопроводность и температуропроводность полимеров. Модели транспортных процессов. Влияние основных параметров полимеров и других ингредиентов композиционных материалов на теплофизические свойства.</p> <p>Газопроницаемость полимеров. Диффузия в полимерах. Сорбция газов и паров. Ионный обмен. Селективная проницаемость полимерных материалов, методы определения.</p>	Лекции
7	Полимерные нанокompозиты	<p>Термодинамика совместимости полимеров. Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-наполнитель. Структура и свойства межфазных слоев. Термодинамика взаимодействия компонентов в полимерных смесях и ПКМ. Адгезия. Фазовая структура и морфология.</p> <p>Физические свойства ПКМ. Микромеханика смесей полимеров. Деформация и разрушение твердых тел на основе полимерных смесей. Упругие и вязкоупругие свойства ПКМ. Модели, описывающие зависимость модуля упругости ПКМ от характеристик компонентов. Прочность, вязкость разрушения, усталостная выносливость. Тепловое расширение, тепло- и электропроводность ПКМ. Особенности зависимостей физических свойств ПКМ от типа наполнителя и распределения наполнителей в композиционном материале.</p> <p>Трение и износ полимеров. Особенности трения полимеров. Природа и механизм трения. Закон трения, влияние времени контакта, скорости скольжения и температуры. Износ полимеров. Связь явлений трения и износа. Усталостный износ, абразивный износ,</p>	Лекции

	<p>общие закономерности, влияние внешних факторов.</p> <p>Наполнители с нанометровым размером частиц. Структура и свойства нанокompозитов. Нанокompозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.</p>	
--	---	--

5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции.
2. Сопровождение лекций визуальным материалом в виде слайдов, подготовленных с использованием современных компьютерных технологий (программный пакет презентаций Microsoft Office Power Point 7), проецируемых на экран с помощью видеопроектора; широкое использование компьютерных моделей макромолекул.
3. Участие в выполнении научно-исследовательских проектов.
4. Использование специального программного обеспечения и 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. 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, дифференцированный зачет в конце 3, 6, и 7 разделов (всего три), включающий теоретические вопросы.

Контрольные вопросы к дифференцированному зачету:

1. Конформационная статистика полимерных цепей

Молекулярная масса полимера и коэффициент полимеризации. Молекула и звено. Особенности этих понятий. Полидисперсность полимеров. Понятие о средних молекулярных массах. Способы характеристики полидисперсности Полимеры и олигомеры. Структура макромолекул: линейные, разветвленные, лестничные, плоскостные и трехмерные полимеры. Внутримолекулярное вращение и гибкость. Среднее расстояние между концами цепи и радиус инерции молекул как характеристики ее конформации. Статистический сегмент цепи. Современные представления о молекулярном строении полимеров. Гибкость макромолекул, тепловое движение в полимерах. Основные методы определения характера теплового движения (диэлектрический, динамико-механический и др.). Зависимость свойств полимеров от молекулярной массы и полидисперсности

2. Высокомолекулярные соединения в растворе

Особенности термодинамического поведения макромолекул в растворах по сравнению с поведением молекул низкомолекулярных веществ. Понятие об исключенном объеме. Второй вириальный коэффициент. θ -условия. Теория Флори-Хаггинса. Определение молекулярной массы по осмотическому давлению растворов макромолекул. Определение молекулярной массы методом светорассеяния. Вискозиметрия как метод определения молекулярной массы. Гель-проникающая хроматография и определение ММР. Определение молекулярной массы и ММР методом центрифугиро-

вания. Приведенная и характеристическая вязкости. Связь характеристической вязкости с молекулярным весом (уравнение Марка-Хаувинка).

3. Физические и фазовые состояния полимеров

Три физических состояния полимеров. Термомеханический метод исследования. Хрупкость полимерных стекол. Влияние химического строения и молекулярной массы полимеров на температуру стеклования и температуру хрупкости. Пластификация полимеров. Основные типы пластификации. Применяемые пластификаторы. Высокоэластическое состояние. Основные свойства высокоэластического состояния полимеров. Статистическая теория деформации макромолекул. Сеточная теория высокоэластичности. Основное уравнение кинетической теории высокоэластичности. Термодинамика высокоэластической деформации. Тепловые эффекты при деформации. Природа высокоэластического состояния полимеров. Кристаллизация эластомеров при деформации. Морозостойкость каучуков. Вязкотекучее состояние полимеров. Механизм вязкого течения. Влияние молекулярной массы на температуру текучести и вязкость расплава. Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярная структура кристаллических полимеров. Основные физические методы анализа структуры (электроннография, рентгенография и др.)

Структура и свойства кристаллических полимеров. Условия образования кристаллического состояния в полимерах. Основные типы кристаллических структур макромолекул. Упаковка цепных молекул в кристаллах. Морфология кристаллических полимеров. Ламеллярные кристаллы. Сферолиты. Кристаллы с выпрямленными цепями. Степень кристалличности и методы ее определения. Дефекты полимерных кристаллов и их природа. Ориентированное состояние полимеров. Влияние ориентации на свойства. Способы получения волокон и пленок.

Жидкокристаллическое состояние (ЖКС) полимеров. Ближний и дальний порядок. Типы симметрии: смектическая, холестерическая, нематическая. Мезофазы. Особенности полимеров, дающих ЖКС. Области применения жидкокристаллических полимеров. Методы оптической и электронной микроскопии исследования полимеров.

4. Физико-механические свойства полимеров

Физико-механические свойства аморфных полимеров Деформационные свойства. Напряжение, деформация и упругость. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести. Релаксационные явления в полимерах. Релаксационный характер процессов деформации. Ползучесть и релаксация напряжения. Релаксационные спектры. Механические свойства кристаллических полимеров. Вытяжка, «холодное течение», характер деформационных и термомеханических кривых. Долговечность. Кинетическая теория разрушения. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров. Механизм пластического и хрупкого разрушения. Трение и износ полимеров. Особенности трения полимеров. Природа и механизм трения. Закон трения, влияние времени контакта, скорости скольжения и температуры. Связь явлений трения и износа. Усталостный износ, абразивный износ, общие закономерности, влияние внешних факторов.

5. Электрооптические и магнитные свойства полимеров и полимерных композитов

Электрические свойства полимеров-диэлектриков и полимеров-проводников. Диэлектрическая поляризация и дипольные моменты полимеров. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери, электрическая прочность полимеров и ПКМ. Электризация полимеров и электрический пробой. Электрофизические методы исследования свойств полимеров и полимерных композиционных материалов.

6. Теплофизические свойства и проницаемость полимеров

Плотность полимеров. Особенности теплового расширения полимеров. Теплоемкость. Теплопроводность и температуропроводность полимеров. Особенности теплофизического поведения композиционных материалов. Теплофизические методы исследования полимеров. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрия. Проницаемость полимеров. Газопроницаемость полимеров. Диффузия в полимерах. Сорбция

газов и паров. Ионный обмен. Селективная проницаемость полимерных материалов, методы определения.

7. Полимерные нанокомпозиты

Смеси полимеров. Истинные и коллоидные растворы смесей полимеров, механизм смешения и типы фазовых структур в смесях полимеров. Смеси полимеров как матрицы для получения полимерных композиционных материалов (ПКМ), специфика синтеза ПКМ с их применением. Многокомпонентные смеси полимеров. Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-наполнитель, полимер-жидкость. Адгезия. Термодинамика взаимодействия компонентов в полимерных смесях и ПКМ. 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. Классификация полимерных композиционных материалов и полимерных нанокомпозитов. Виды материалов: полимер-полимерные смеси; ПКМ, армированные непрерывными, короткими волокнами и пластинчатыми наполнителями; наполненные ПКМ, пенополимеры, многокомпонентные ПКМ. Типы и свойства матриц (термопластичные и термоактивные полимеры, полимер-полимерные смеси). Методы получения полимерных композиционных материалов. Нанокомпозиты.. 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. Типы ингредиентов, материалы и методы, применяемые для получения нанокомпозитов. Особенности их получения и основные свойства нанокомпозитов, методы исследования нанокомпозитов и их ингредиентов. Неразрушающие методы исследования ПКМ. 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.

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

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров. М.: Мир, 2000.
2. Encyclopedia of polymer science and technology. v. 1-12.: Wiley & Sons, Inc., 2005.
3. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир, 2007.
4. Аскадский А.А., Хохлов А.Р. Введение в физическую химию полимеров. М.: Научный мир, 2009.
5. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Полимеры и биополимеры с точки зрения физики. Долгопрудный.: Интеллект, 2010.
6. Belfiore L.A. Physical properties of macromolecules. Hoboken.: Wiley & Sons, Inc., 2010.
7. Polymer thermodynamics. Adv. Polym. Sci. 238, 1-422 (2011).
8. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. СПб: Профессия. 2007.
9. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. М.: «Лань», 2014 г
10. Блайт Э.Р., Блур Д. Электрические свойства полимеров. М.: Физматлит, 2008.
11. Полимерные композиционные материалы. Структура, свойства, технология./ Под. Ред. А.А. Берлина. СПб.: Профессия, 2008.

б) Дополнительная литература:

1. Помогайло А. Д., Гибридные полимер-неорганические наноконкомпозиты, *Успехи химии*, 2000 (69), 1, 60-89.
2. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. М. Машиностроение, 2003.
3. Гочжун Цао, Ин Ван. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение. М.: Научный мир, 2011
4. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. Полимерные наноконкомпозиты. М.: Техносфера, 2011.
5. Ферри Дж. Вязкоупругие свойства полимеров. М.: Инлит, 1963.
6. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. М.: Наука, 1989.

7. Будтов В.П. Физическая химия растворов полимеров. СПб.: Химия, 1992.

Указанная литература имеется в библиотеке ИСПМ или может быть заказана по Межбиблиотечному абонементу.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

доступ каждого аспиранта к фондам филиала Библиотеки естественных наук РАН: <http://www.ineos.ac.ru/dep-others/ns-library>.

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 ISI Web of Knowledge <http://apps.isiknowledge.com>;
- Новая электронная библиотека <http://www.newlibrary.ru>;
- База данных по дендримерам <http://www.iq-coaching.ru/vysokie-tehnologii/nanotehnologii/544.html>;
- Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

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 науч-

ным базам данных и электронным библиотекам с основными международными научными журналами.

Инструментальная база Института включает:

- Рентгеновский дифрактометр D8 Advance для исследования поликристаллов с базой данных PDF (Bruker Analytical X-Ray Systems GmbH, Germany), Германия. 2012 г; Рентгеновский дифрактометр NANOSTAR для измерений в больших и малых углах дифракции (Bruker Analytical X-Ray Systems GmbH, Germany), Германия. 2008 г.; ЯМР спектрометр Bruker 300 MHz с универсальным датчиком, 2008 г.; Сканирующий микроскоп JSM-5300LV фирмы JEOL 1993 г. Япония. В комплекте с приставкой Link ISIS (1997 г., Oxford, Англия) для рентгеновского микроанализа; Установки (lab-scale) по переработке полимерных материалов. 2000. США, “DACA Instruments”: а). Вытяжная линия (Spinline), б). Литьевая машина (Microinjector), в). Микросмеситель (Microcomprounder); Установка по изучению горючести «Воспламеняемость». ГОСТ 3042-96 (ISQ 5657). 2004 г. РФ, ФГУ ВНИИПО МЧС; ИК Фурье спектрометр Perkin Elmer 1710; ИК-Фурье спектрометр Equinox 55/S. 1998. Германия; ИК-Фурье спектрометр Nicolet 6700, 2012 г.; Лазерный анализатор размера частиц Zetatrac, 2012 г.; Тестер для трибологических измерений, Польша, 2010 г.; Прибор для синхронных термоизмерений STA 449; Термомеханический анализатор TMA 402 F3; Измерительный переносной прибор для измерения шероховатости, волнистости поверхности MARSURF; Дифференциально-сканирующие калориметры ДСК –500 (г. Самара); “Кислородный индекс”. ГОСТ12.1.044-89. 1987 г. РФ, ИСПИМ РАН; Дериватограф С 1985 г. Венгрия; Машина универсальная для механических испытаний полимерных материалов AGS-10 “Autograf” с термокамерой. 1998. Германия, “Shimadzu”; Металлографический микроскоп НЕОФОТ, Германия; Серия панорамных измерителей КСВН, оснащенных резонаторами и рупорными антеннами; Мосты переменного тока ВМ-432, В-602, ВМ-507, ВМ-508, ВМ-484, ВМ-444, цифровой LCR-метр АМ-3001, Fluke РМ 6306 и др.; Источники питания, цифровые измерители тока и напряжения, тераомметры, термостаты для температурного интервала –150 - +250°С; Измерение динамических механических свойств полимеров. 1990г. РФ, ИСПИМ РАН; Измерение диэлектрических характеристик полимеров; Установка для измерения сопротивления постоянному току образцов твердых веществ

четырёхзондовым методом; Установка для регистрации РТЛ полимеров после модернизации. Дифференциально-сканирующие калориметры ДСК-500 (г. Самара); Установка вибрационного просева СИИТ-2, позволяющая сепарировать частицы по размерам в пределах от 50 мкм до 1 мм; Установка для определения показателя текучести (вязкости) расплава полимера ИИРТ-2; Оптический микроскоп YENAVAL, Карл Цейсс, Германия.

Автор

заведующий лабораторией
член-корр. РАН



А.Н. Озерин

Программа принята на заседании Ученого совета ИСПМ РАН
протокол № 12 от 18 июня 2015 г.

Ученый секретарь,
к.х.н.



Т.В. Попова