

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

**Институт элементоорганических соединений
им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук
(ИНЭОС РАН)**

ПРИНЯТО

Ученым советом ИНЭОС РАН

Протокол № 4... от 18 июня 2015 г.

Председатель Ученого совета

академик _____ А.М. Музафаров

Рабочая программа дисциплины

**Физика и методы исследования полимеров и полимерных
композиций**

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

Специальность 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения

Москва

2015 год

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. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетные единицы (144 часа), в том числе 114 час аудиторных занятий и 30 часов самостоятельной работы.

2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудиторных	Из аудиторных					Самостоятельная работа
				Лекции	Лаб.	Пр.	КСР		
1	Физика и методы исследования полимеров и полимерных композиций	144	114	44	70			30	Зачет

2.2 Содержание дисциплины

2.2.1 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	7	11			5
2	Высокомолекулярные соединения в растворе	6	11			5
3	Физические и фазовые состояния полимеров	6	11			5
4	Физико-механические свойства полимеров	6	11			5
5	Электрооптические и магнитные свойства полимеров и полимерных композитов	7	10			5
6	Теплофизические свойства и проницаемость полимеров	6	10			2
7	Полимерные нанокompозиты	6	6			3

Форма контроля знаний – зачет в конце курса, включающий теоретические вопросы. **Контрольные вопросы к 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 центрифугирования. 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. Вязко-текущее 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 (электронография, 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 терморезистивные 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.

3. 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 наноконпозиты , *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 наноконпозиты. 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.

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>;

к 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 для химиков синтетиков Reaxys <https://www.reaxys.com>;
- База данных Американского института научной информации ISI Web of Knowledge <http://apps.isiknowledge.com>;
- База данных SciFinder для осуществления литературного поиска по химии и в смежных областях <https://scifinder.cas.org/scifinder/login>;
- 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>
- База данных по наноматериалам и нанотехнологиям <http://www.nanoru.ru>

4. 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 включает:

1. Жидкостные хроматографы для эксклюзионной хроматографии полимеров с набором колонок и системой обработки данных “Agilent 1100” и “Agilent 1200”;
2. Спектрометр рассеяния света «Фотокор Комплекс» («Фотокор», Россия) для измерения статического и динамического рассеяния;
3. Дифференциальный рефрактометр “Optilab 903” (Wyatt Technology) для измерения инкремента показателя преломления полимеров;
4. Аналитические ультрацентрифуги “МОМ 3180 ” (МОМ, Венгрия);
5. Дифференциальные адиабатные сканирующие микрокалориметры «ДАСМ-4» и «ДАСМ-4А» (НПО «Биоприбор, Пущино);
6. Изотермический реакционный проточный микрокалориметр «ДПМК» (НПО «Биоприбор, Пущино);
7. Изотермический титровальный калориметр «КДК» (НПО «Биоприбор, Пущино);
8. Автоматический вискозиметр Цимма «АВ-1» (НПО «Биоприбор, Пущино);
9. Автоматический денсиметр «АД-1» (НПО «Биоприбор, Пущино);
10. Термомеханический анализатор ТМА Q400 фирмы TA Instrument;
11. Прибор для измерения термомеханических кривых в интервале температур от -100 до 600 °С;
12. Прибор для микромеханических испытаний образцов в условиях одноосного сжатия;
13. Динамометр типа Поляни;

14. Прибор для определения долговечности и ползучести пленочных материалов, позволяющий поддерживать постоянное напряжение в процессе ползучести;
15. Установка для измерения диэлектрической проницаемости пленок и тангенса угла диэлектрических потерь.