

**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**

**Полимерные нанокомпозиты**

по направлению подготовки - 04.06.01 Химические науки (уровень  
подготовки 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 полимерных нанокompозитов; освоение методологии исследования структуры, физических и физико-химических свойств полимеров и многокомпонентных полимерных систем.

Задачи дисциплины - Задачи дисциплины: изложение сведений о современных методах и подходах к созданию и переработке полимерных материалов, композитов и нанокompозитов; развитие понимания причинно-следственной взаимосвязи между составом, структурой и свойствами полимерных материалов, композитов и нанокompозитов; 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 нанокompозитов, их влияния на свойства получаемых материалов; привитие навыков использования научной литературы.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

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

Настоящая элективная дисциплина «Полимерные нанокompозиты» - 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, 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 информационнокоммуникационных 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 58 часов аудиторных занятий, 50 часов самостоятельной работы.

##### 4.1. 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	Полимерные нанокompозиты	108	58	58				50	Зачет

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### 4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Разделы дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лекции	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Свойства макромолекулярных нанообъектов	3	8			10
2	Молекулярные модели наноуполннителей	3	8			10
3	Взаимодействие наноуполннителей с полимерными системами	3	8			10
4	Теория и моделирование взаимодействия нанообъектов между собой	3	8			10
5	Полимерные нанокомпозиты	4	10			10

#### 4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	<b>Свойства макромолекулярных нанообъектов</b>	Физические свойства макромолекулярных нанообъектов. 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. Конфигурация и конформация макромолекул. Основные модели полимерных цепей: свободно-сочлененная цепь, цепь с фиксированными углами. Характеристики размеров и формы полимерных цепей.	Лекции, семинары
2	<b>Молекулярные модели нанопополнителей</b>	Молекулярные модели. Геометрия молекул и атом-атомные потенциалы. Межмолекулярные взаимодействия. Построение модельных потенциалов. Наиболее распространенные системы потенциалов. Особенности модельных потенциалов для металлов и воды. Молекулярные модели полимеров. Статистические ансамбли.	Лекции, семинары

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
		<p>Понятие статистического ансамбля. Основные статистические ансамбли. Определение термодинамических средних в различных ансамблях. Флуктуации термодинамических величин. Структура молекулярных систем. Временные корреляционные функции и транспортные коэффициенты.</p> <p>Метод молекулярной динамики.</p> <p>Уравнения движения для атомных систем. Алгоритмы численного интегрирования траекторий (алгоритмы Верле, метод Рунге-Кутты). Расчет траекторий для молекул с жесткими связями (фиксированные валентные длины и/или углы). Моделирование систем с потенциалами твердых сфер.</p>	
3	<b>Взаимодействие нанопополнителей с полимерными системами</b>	<p>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.</p> <p>Структура и свойства кристаллических полимеров. Условия образования кристаллического состояния в полимерах. Основные типы кристаллических структур макромолекул.</p>	Лекции, семинары



№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
		<p>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.</p>	
4	<p><b>Теория и моделирование взаимодействия нанобъектов между собой</b></p>	<p>Организация молекулярнодинамических экспериментов. Вычисление сил, энергии и давления. Моделирование малых систем. Периодические граничные условия. Способы задания потенциалов взаимодействия. Расчеты с дальнодействующими потенциалами. Задание начальных координат и скоростей атомов. Общая структура программы.</p> <p>Анализ результатов моделирования. Вывод и обработка результатов. Различные источники ошибок в численном моделировании. Ошибки измерения термодинамических и структурных величин. Коррекция результатов при учете обрезания потенциала взаимодействия.</p>	<p>Лекции, семинары</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
		<p>Моделирование сложных полимерных систем. Расплавы олигомеров и полимеров. Монослой из цепочечных молекул. Внутримолекулярная подвижность и структура сложных биологические молекул. Моделирование полимерных кристаллов. Дефекты в полимерных кристаллах и их влияние на молекулярную подвижность.</p>	
5	<b>Полимерные нанокомпозиты</b>	<p>Термодинамика совместимости полимерных нанокомпозитов. 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. Трение и износ полимерных нанокомпозитов. 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, общие закономерности, влияние внешних факторов. Наполнители с нанометровым размером частиц. Структура и свойства нанокомпозитов. Нанокомпозиты с новыми оптическими, электронными,</p>	Лекции, семинары

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
		магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.	

## 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, учебнометодические 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, 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. 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 макромолекулярных нанообъектов. Механизм пластического и хрупкого разрушения макромолекулярных нанообъектов.

#### **2. Молекулярные модели наноуполнителей**

Молекулярные модели. Геометрия молекул и атом-атомные потенциалы. Межмолекулярные взаимодействия. Построение модельных потенциалов. Наиболее распространенные системы потенциалов. Особенности модельных потенциалов для металлов и воды. Молекулярные модели полимеров. Статистические ансамбли.

Особенности термодинамического поведения макромолекул в растворах по сравнению с поведением молекул низкомолекулярных веществ. Понятие об исключенном объеме. Второй вириальный коэффициент. 0-условия. Теория Флори-Хаггинса. Определение молекулярной массы по осмотическому давлению растворов макромолекул. Определение молекулярной массы методом светорассеяния. Связь характеристической вязкости с молекулярным весом (уравнение Марка-Хаувинка).

### **3. Взаимодействие нанонаполнителей с полимерными системами**

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.

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. Теория и моделирование взаимодействия нанобъектов между собой**

Нанокompозиты.. 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. Типы ингредиентов, материалы и методы, применяемые для получения нанокompозитов. Особенности их получения и основные свойства нанокompозитов, методы исследования нанокompозитов 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.

### **5. Полимерные нанокompозиты**

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 нанокompозитов. Виды материалов: полимер- полимерные смеси; ПКМ,

армированные непрерывными, короткими волокнами и пластинчатыми наполнителями; наполненные ПКМ, пенополимеры, многокомпонентные ПКМ. Типы и свойства матриц (термопластичные и терморезактивные полимеры, полимер-полимерные смеси). Методы получения полимерных композиционных материалов. **Критерий выполнения задания** - подтверждение ответами на контрольные вопросы знания теоретических основ курса.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

Вундерлих Б. Физика макромолекул. М.: Мир, 1978.

Метод Монте - Карло в статистической физике. / под ред. К.М. Биндера. М. : Мир. 1982. 400 с.

Де Жен П.Г. Теория скейлинга в полимерной физике.

Кантор Ч., Шиммел П. Биофизическая химия. М.: Мир, 1984.

Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. М.: Наука, 1989.

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

Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров. М.: Мир, 2000.

Encyclopedia of polymer science and technology, v. 1-12.: Wiley & Sons, Inc., 2005.

Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир, 2007.

Аскадский А.А., Хохлов А.Р. Введение в физическую химию полимеров. М.: Научный мир, 2009.

Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Полимеры и биополимеры с точки зрения физики. Долгопрудный.: Интеллект, 2010.

Belfiore L.A. Physical properties of macromolecules. Hoboken.: Wiley & Sons, Inc., 2010.

Polymer thermodynamics. Adv. Polym. Sei. 238, 1-422 (2011).

### **б) Дополнительная литература:**

Computer simulation of polymers. Ed. R.J.Roe. L.: Prentice-Hall Inc., 1991

Шайтан К.В., Сарайкин С.С., Молекулярная динамика, 1999

<http://www.moldYn.ru/library/md/default.htm> .

А.С. Фёдоров, П.Б. Сорокин, П.В. Аврамов, С.Г. Овчинников.

Моделирование свойств, электронной структуры ряда углеродных и неуглеродных нанокластеров и их взаимодействия с легкими элементами. Научное электронное издание, Новосибирск, Издательство СО РАН, 2006.

<http://www.kirensky.ru/master/articles/monogr/Boo/c/>

Физикохимия многокомпонентных полимерных систем: В 2-х т. / Под общ. ред. Липатова Ю. С. - Киев: Наук, думка, 1986.

Помогайло А. Д., Гибридные полимер-неорганические наноконпозиты, *Успехи химии*, 2000 (69), 1, 60-89.

Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. М. Машиностроение, 2003. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М. Изд. Моек. Ун-та, 2003.

Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию М.: Лаборатория базовых знаний, 2005.

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](http://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/vvsokie-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 научным 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 (Microcompounder); 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 Zetatracs, 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”. ГОСТ 12.1.044- 89. 1987 г. РФ, ИСГТМ 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  $-150 - +250^{\circ}\text{C}$ ; Измерение динамических механических свойств полимеров. 1990г. РФ, ИСПМ РАН; Измерение диэлектрических характеристик полимеров; Установка для измерения сопротивления постоянному току образцов твердых веществ четырехзондовым 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. - Комплекты для изучения свойств тонких пленок на поверхности раздела фаз «воздух-вода» фирмы NIMA, Великобритания: а) Ванна Лэнгмюра, модель 612D; Многоугловой эллипсометр - Gaertner Scientific L117F (США), предназначен для измерения толщины, а также показателя преломления пленок на подложках; Микротом-криостат Microm HM 525 (ФРГ) предназначен для приготовления тонких срезов полимерных образцов; Полярнограф ПУ-1.

Автор

заведующий лабораторией  
д.х.н., проф.

С.Н. Чвалун

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

Председатель Ученого совета  
член-корр. РАН

А. Н. Озерин