

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова
Российской академии наук**

ПРИНЯТО

Ученым советом ИСПИМ РАН

Протокол № 9 от 19 июня 2014 г.

Председатель Ученого совета

член-корр. РАН



А.Н. Озерин

Рабочая программа дисциплины

Химия полимеров и полимерных композиционных материалов

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

Специальность 02.00.06 - Высокомолекулярные соединения

Москва

2014 год

Рабочая программа дисциплины «Химия полимеров и полимерных композиционных материалов» по специальности 02 00 06 «Высокомолекулярные соединения» 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)».

Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины Формирование знаний и умений в области синтеза полимеризационных и конденсационных полимеров и изучение их основных свойств, а также определения зависимости свойств от строения мономера, функциональности, условий получения полимера и др., с целью создания полимерных структур с оптимальными функциональными параметрами для применения в различных областях науки и технологий.

Задачи дисциплины:

- изложение сведений о современных методах синтеза основных классов полимерных соединений;
- развитие понимания причинно-следственной взаимосвязи между условиями синтеза, структурой и свойствами полимеров;
- подготовка к профессиональной деятельности, эксплуатации современного оборудования и приборов, анализу технологичности процессов синтеза полимеров, внедрению в производство новых технологий;
- изучение и контроль процессов, протекающих в ходе синтеза полимеров, их влияния на свойства получаемых материалов;
- привитие навыков использования научной литературы.

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 обязательная дисциплина «Химия 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 фундаментальные представления об основных типах полимеров, получаемых полимеризацией и сополимеризацией радикальной, ионной, ионно-координационной, об особенностях полимеризации в растворе, в массе, в суспензии, в эмульсии, в твердой фазе. Иметь представления о поликонденсации равновесной и неравновесной, о типах химических реакций поликонденсации, об основных поликонденсационных полимерах, в том числе полигетероариленах, методах синтеза мономеров, из которых данные полимеры получают, а также об областях применения полимеров. Обучающийся должен иметь фундаментальные знания в области синтеза полисопряженных полимеров, химического строения, молекулярной и надмолекулярной структуры, знание типичных полисопряженных полимеров, иметь представление о современных методах синтеза мономеров и самих полимеров, в том числе с использованием реакций металлокомплексного катализа. У обучающегося должны быть представления о природных полимерах и их разновидностях, методах выделения из природного сырья, должны быть представления о полиэлектролитах.. Должны быть представления о химической модификация полимеров, о разветвленных и сшитых полимерах. Обучающийся должен знать, что такое дендримеры, изучить их синтез и особенности строения. Особое внимание должно быть уделено основной характеристике высокомолекулярных соединений – определению молекулярных масс, степени полимеризации олигомеров и полимеров, а также анализу молекулярно-массового распределения.

Для обучения по данной дисциплине необходимо высшее образование с освоением курса по химии высокомолекулярных соединений в части синтеза, идентификации молекулярной и надмолекулярной структур, курса физической химии в части изучения молекулярно-массового распределения и определения молекулярных масс, курса химической технологии пластических масс в части применения высокомолекулярных соединений.

3 Требования к результатам освоения дисциплины

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции:

| Универсальные компетенции | |
|----------------------------------|--|
| УК-1 | способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях |
| УК-2 | способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии |
| УК-3 | готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научнообразовательных задач |
| УК-4 | готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках |
| УК-5 | способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития |
| Общепрофессиональные компетенции | |
| ОПК-1 | способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области химии и смежных наук с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий |
| ОПК-2 | готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук |
| ОПК-3 | готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования |
| Профессиональные компетенции | |
| ПК-1 | умение и способность на основе глубоких знаний в области высокомолекулярных соединений и смежных дисциплин самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области синтеза олигомеров, специальных мономеров, полимеров и сополимеров, физической химии растворов, расплавов полимеров, математического моделирования их структуры, целенаправленного регулирования их строения и модификации химическими и физическими методами, синтеза многофункциональных полимеров и композитов, интеллектуальных структур с их применением, методов стабилизации их свойств в условиях внешних воздействий, технологий первичной и вторичной переработки полимерных материалов и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, с использованием новых приборов, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта |
| ПК-2 | способность грамотно планировать экспериментальные и теоретические исследования в области высокомолекулярных соединений, выбирать методы для их осуществления с учетом имеющегося аппаратурного обеспече- |

| | |
|------|---|
| | создания новых методик и оборудования, реализовывать подготовленный проект |
| ПК-3 | Способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химии мономеров и полимеров |
| ПК-8 | Способность организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты, обобщать в виде научных статей для ведущих профильных журналов |

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетные единицы (144 часа), в том числе 108 часов аудиторных занятий и 36 часов самостоятельной работы.

4.1 Структура дисциплины

| № п/п | Наименование дисциплины | Объем учебной работы (в часах) | | | | | | Вид итогового контроля | |
|----------|---|--------------------------------|-------|---------------|------|-----|-----|------------------------|------------------------|
| | | Всего | аудит | Из аудиторных | | | | | Самостоятельная работа |
| | | | | Лекц. | Лаб. | Пр. | КСР | | |
| 1 | Химия полимеров и полимерных композиционных материалов | 144 | 114 | 84 | 30 | | | 30 | 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 |
|----------|--|--|------|-----|-----|------------------------|
| | | Лек. | Лаб. | Пр. | КСР | |
| 1 | Полимеризация и сополимеризация: радикальная, катионная, анионная и ионно-координационная | 16 | 6 | | | 6 |
| 2 | Поликонденсация: равновесная и | 20 | 6 | | | 6 |

| | | | | | | |
|---|--|----|---|--|--|---|
| | неравновесная, синтез конденсационных полимеров и их химические превращения | | | | | |
| 3 | Полисопряженные полимеры | 12 | 4 | | | 4 |
| 4 | Природные полимеры, полиэлектролиты | 4 | 2 | | | 2 |
| 5 | Химическая модификация полимеров | 4 | 2 | | | 2 |
| 6 | Разветвленные полимеры и дендримеры | 20 | 4 | | | 4 |
| 7 | Молекулярно-массовые характеристики полимеров | 4 | 4 | | | 4 |
| 8 | Сшитые полимеры | 4 | 2 | | | 2 |

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела (темы) | Форма проведения занятий |
|--------------|--|---|---|
| 1 | Полимеризация и сополимеризация: радикальная, катионная, анионная и ионно-координационная | <p>1. Радикальная полимеризация. Полимеризация в растворе, в массе, в суспензии, в эмульсии, в твердой фазе. Механизм радикальной полимеризации. Строение мономеров и способность их к полимеризации, методы иницирования. Кинетика радикальной полимеризации. Влияние различных факторов на молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение полимера. Ингибиторы и регуляторы радикальной полимеризации. Способы проведения радикальной полимеризации: в массе, в растворе, в твердой фазе, в суспензии, криополимеризация. Эмульсионная полимеризация и ее особенности. Кинетика и механизмы эмульсионной полимеризации.</p> <p>2. Основные типы полимеров: полиолефины (полимеры непредельных углеводородов): полиэтилен, полипропилен, полистирол, полимеры галогенпроизводных непредельных углеводородов (поливинил-</p> | <p>Лекции, семинары.</p> <p>Лекции, семинары.</p> |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | | <p>хлорид, поливинилиденхлорид, политетрафторэтилен), полимеры акриловой и метакриловой кислот и их производных, полиакрилонитрил, полимеры диеновых углеводородов (полибутадиен, полиизопрен, полихлоропрен), поливиниловый спирт и его производные, полиэфиракрилаты. Синтез полимеров, основные свойства, применение.</p> <p>3. Катионная и анионная полимеризация. Реакционная способность мономеров в ионных реакциях, катализаторы. Кинетика процессов катионной и анионной полимеризации. Влияние условий полимеризации на кинетику и полидисперсность образующихся полимеров.</p> <p>4. Сополимеризация, ее механизм и основные закономерности. Композиционная неоднородность. Константы сополимеризации и их физический смысл. Связь строения мономеров с их реакционной способностью. Статистические, привитые и блок-сополимеры. Примеры образования «живых» полимерных цепей. «Живая» полимеризация: нитроксидный метод, методы ATRP (atom-transfer radical polymerization) и RAFT (radical addition-fragmentation chain-transfer polymerization) полимеризации.</p> <p>5. Ионно-координационная полимеризация и ее особенности.</p> <p>6. Полиприсоединение (миграционная полимеризация). Механизм образования полиуретанов, поликарбамидов и эпоксидных полимеров.</p> <p>7. Катализ в присутствии металлоценов, механизм и кинетика реакций.</p> | <p>Лекции, семинары.</p> <p>Лекции, семинары.</p> <p>Лекции, семинары.</p> <p>Лекции, семинары.</p> |
| 2 | <p>Поликонденсация: равновесная и неравновесная, синтез конденсационных полимеров и их химические превращения</p> | <p>1. Равновесная поликонденсация. Типы химических реакций поликонденсации. Функциональность мономеров, олигомеров и реакционная способность функциональных групп. Катализаторы. Кинетика равновесной поликонденсации. Правило неэквивалентности функциональных групп.</p> <p>2. Неравновесная поликонденсация. Зако-</p> | <p>Лекции, семинары.</p> <p>Лекции, семинары.</p> |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | | <p>номерности неравновесной поликонденсации и способы проведения. Межфазная поликонденсация, механизм реакции и ее основные закономерности. Совместная поликонденсация и ее характерные особенности в случае равновесной и неравновесной поликонденсации.</p> <p>3. Основные типы конденсационных полимеров и их синтез. Карбамидные и меламиноформальдегидные полимеры, фенолформальдегидные полимеры, эпоксидные полимеры, полиамиды, полиарилаты, полиимиды, поликарбонаты, термостойкие полигетероарилены циклоцепного строения (полиимиды, полиоксадиазолы, полибензимидазолы и др.), полисилилен, полифосфазены, простые полиэферы (полиформальдегид, полиэтиленоксид), сложные полиэферы, полиариленсульфоны, полиариленсульфоноксиды, координационные полимеры. Синтез мономеров для их получения. Молекулярно-массовые характеристики и области применения. Понятие разноразмерности в полимерной химии.</p> | <p>ры.</p> <p>Лекции, семинары.</p> |
| 3 | Полисопряженные полимеры | <p>1. Синтез полисопряженных полимеров, химическое строение, молекулярная и надмолекулярная структура типичных полисопряженных полимеров: полиацетилена, полидиацетилена, полианилина, полифениленвиниленов, полифениленэтиниленов, политиофенов, полифениленов, полифлуоренов. Понятие об их электронной структуре. Связь между методами их синтеза и строением.</p> <p>2. Реакции кросс-сочетания в синтезе сопряженных полимеров.</p> | <p>Лекции, семинары.</p> <p>Лекции, семинары</p> |
| 4 | Природные полимеры, полиэлектролиты | <p>1. Природные полимеры и их разновидности, методы выделения из природного сырья и идентификации, методы модификации. Целлюлоза, хитин, хитозан и их производные. Применение природных полимеров.</p> <p>2. Основные понятия о полиэлектролитах. Поликатионы, полианионы, полиамфолиты, полиэлектролитные комплексы.</p> | <p>Лекции, семинары.</p> <p>Лекции, семинары.</p> |

| | | | |
|----|--|--|---|
| 5 | Химическая модификация полимеров | 1. Химическая модификация полимеров. Основные закономерности модификации полимеров. Реакционная способность функциональных групп макромолекул. Эффекты цепи и соседней группы, конфигурационные и конформационные эффекты. Реакции замещения в полимерной цепи. Влияние условий на кинетические закономерности и строение образующихся полимеров. | Лекции, семинары. |
| 6. | Разветвленные полимеры и дендримеры | 1. Разветвленные полимеры. Основные признаки разветвленных полимеров и методы их синтеза. Конфигурация и конформация. Факторы, определяющие конформационные переходы. Структурная модификация и надмолекулярная структура. 2. Дендримеры, их синтез и особенности строения. Особенности молекулярно-массового распределения. | Лекции, семинары Лекции, семинары |
| 7. | Молекулярно-массовые характеристики полимеров | 1. Молекулярная масса, степень полимеризации, молекулярно-массовое распределение олигомеров и полимеров. Виды молекулярных масс. 2. Молекулярно-массовая и структурная неоднородность полимеров. 3. Методы определения молекулярных масс полимеров: гельпроникающая хроматография, осмометрический метод, метод ультрацентрифугирования (определение констант седиментации и диффузии), метод светорассеяния, метод вискозиметрии, определение молекулярной массы по концевым группам, криоскопический метод, ультрацентрифугирование, турбидиметрическое титрование, MALDI TOF - лазерная десорбционная ионизация в присутствии матрицы (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionisation) во времяпролетных масс-спектрометрах (time of flight). | Лекции, семинары Лекции, семинары Лекции, семинары. |
| 8. | Сшитые полимеры | 1. Сшитые полимеры. Типы сшитых полимеров. Формирование трехмерных структур. Влияние функциональности исходных соединений на степень сшивания. Сшитые жесткоцепные и эластичные полимеры. Статистические методы описания процессов образования сшитых полиме- | Лекции, семинары |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | ров. Параметры сеток. Основные зависимости между структурными характеристиками пространственно сшитых полимеров. Образование пространственных структур в эластомерах и их динамика. Виды сшивающих агентов и особенности строения сеток. | |
|--|--|--|--|

5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции и семинары.
2. Сопровождение лекций визуальным материалом в виде слайдов, подготовленных с использованием современных компьютерных технологий (программный пакет презентаций Microsoft Office Powerpoint), проецируемых на экран с помощью видеопроектора, компьютерных моделей органических соединений и их спектров.
3. Участие обучаемых в научной работе и выполнении 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. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

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.

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

Контрольные вопросы к зачету:

1. Полимеризация и сополимеризация: радикальная, катионная, анионная и ионно-координационная

Радикальная, катионная, анионная и ионно-координационная полимеризация и сополимеризация, особенности указанных полимеризационных процессов. Полимеризация в растворе, в массе, в суспензии, в эмульсии, в твердой фазе.

Основные типы полимеров: полиолефины (полимеры непредельных углеводородов): полиэтилен, полипропилен, полистирол, полимеры галогенпроизводных непредельных углеводородов (поливинилхлорид, поливинилиденхлорид, политетрафторэтилен), полимеры акриловой и метакриловой кислот и их производных, полиакрилонитрил, полимеры диеновых углеводородов (полибутадиен, полиизопрен, полихлоропрен), поливиниловый спирт и его производные, полиэфиракрилаты. Синтез полимеров, основные свойства, применение.

Механизм радикальной полимеризации. Строение мономеров и способность их к полимеризации, методы инициирования. Кинетика радикальной полимеризации и уравнение скорости полимеризации. Влияние различных факторов на молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение полимера. Понятие о длине кинетической цепи.

Ингибиторы и регуляторы радикальной полимеризации. Обратимое ингибирование. Радикальная полимеризация при глубоких степенях превращения. Гель-эффект. Способы проведения радикальной полимеризации: в массе, растворе, твердой фазе, в суспензии, криополимеризация. Эмульсионная полимеризация и ее особенности. Кинетика и механизмы эмульсионной полимеризации. Катионная и анионная полимеризации. Реакционная способность мономеров в ионных реакциях. Катализаторы и сокатализаторы. Механизмы процесса. Кинетика процессов катионной и анионной полимеризации, образование активного центра, рост и обрыв цепи, влияние среды и температуры на кинетику и полидисперсность образующихся полимеров. Сополимеризация, ее механизм и основные закономерности. Уравнение состава сополимера. Композиционная неоднородность. Константы сополимеризации и их физический смысл. Связь строения мономеров с их реакционной способностью. Влияние среды, давления и температуры. Статистические, привитые и блок-сополимеры. Примеры образования «живых» полимерных цепей. «Живая» полимеризация: нитроксидный метод и методы ATRP и RAFT полимеризации. Ионно-координационная полимеризация и ее особенности. Катализаторы Циглера-Натта. Ионно-координационная полимеризация на литиевых катализаторах. Полиприсоединение (миграционная полимеризация). Механизм образования полиуретанов, поликарбамидов и эпоксидных полимеров. Катализ в присутствии металлоценов, механизм и кинетика реакций.

2. Поликонденсация: равновесная и неравновесная, акцепторно-каталитическая, синтез конденсационных полимеров и их химические превращения

Типы поликонденсации - равновесная и неравновесная. Химические реакции поликонденсации. Функциональность мономеров, олигомеров и ее значение. Реакционная способность функциональных групп. Катализаторы.

Механизм равновесной поликонденсации. Кинетика равновесной поликонденсации. Зависимость молекулярной массы полимера от соотношения исходных мономеров; правило неэквивалентности функциональных групп. Закономерности неравновесной поликонденсации и способы проведения. Межфазная поликонденсация, механизм реакции и ее основные закономерности. Совместная поликонденсация и ее характерные особенности в случае равновесной и неравновесной поликонденсации. Акцепторно-каталитическая поликонденсация. Методы синтеза конформационно-регулярных полимеров. Понятие разноразветвленности в полимерной химии. Основные представители конденсационных полимеров: карбамидные и меламинаформальдегидные полимеры, фенолформальдегидные полимеры, эпоксидные полимеры, полиамиды, полиарилаты, полиимиды, поликарбонаты, термостойкие полигетероарилены циклоцепного строения (полиимиды, полиоксадиазолы, полибензимидазолы), поликсилилен, полифосфазен, простые полиэфиры (полиформальдегид, полиэтиленоксид), сложные полиэфиры (полиэтилентерефталат), полиариленсульфоны, полиариленсульфоксиды, координационные полимеры. Синтез мономеров для их получения. Синтез полигетероариленов, молекулярно-массовые характеристики и области применения.

3. Полисопряженные полимеры

Синтез полисопряженных полимеров, химическое строение, молекулярная и надмолекулярная структура типичных полисопряженных полимеров: полиацетилена, полидиацетилена, полианилина, полифениленвиниленов, полифениленэтиленов, политиофенов, полифениленов, полифлуоренов. Понятие об их электронной структуре. Связь между методами их синтеза и строением. Реакции кросс-сочетания в синтезе сопряженных полимеров.

4. Природные полимеры, полиэлектролиты

Природные полимеры и их разновидности, методы выделения из природного сырья и идентификации, методы модификации. Целлюлоза, хитин, хитозан и их производные. Применение природных полимеров. Основные понятия о полиэлектролитах. Поликатионы, полианионы, полиамфолиты, полиэлектролитные комплексы.

5. Химическая модификация полимеров

Химическая модификация полимеров. Основные закономерности модификации полимеров. Реакционная способность функциональных групп макромолекул. Эффекты цепи и соседней группы, конфигурационные и конформационные эффекты. Реакции замещения в полимерной цепи. Влияние условий на кинетические закономерности и строение образующихся полимеров.

6. Разветвленные полимеры и дендримеры

Разветвленные полимеры. Основные признаки разветвленных полимеров и методы синтеза, их конфигурация (на уровнях звена, цепи, присоединения звеньев, присоединения блоков) и конформация. Факторы, определяющие конформационные переходы. Структурная модификация и надмолекулярная структура. Дендримеры, их синтез и особенности строения. Особенности молекулярно-массового распределения.

7. Молекулярно-массовые характеристики полимеров

Молекулярная масса, степень полимеризации, молекулярно-массовое распределение олигомеров и полимеров. Виды молекулярных масс. Молекулярно-массовая и структурная неоднородность полимеров. Методы определения молекулярно-массового распределения.

Методы определения молекулярных масс полимеров: гельпроникающая хроматография, осмометрический метод, метод ультрацентрифугирования (определение констант седиментации и диффузии), метод светорассеяния (определение интенсивности рассеяния в зависимости от длины волны падающего света и угла наблюдения), метод вискозиметрии, определение молекулярной массы по концевым группам, криоскопический метод, ультрацентрифугирование, турбидиметрическое титрование, MALDI TOF (лазерная десорбционная ионизация в присутствии матрицы во времяпролетных масс-спектрометрах).

8. Сшитые полимеры

Сшитые полимеры. Типы сшитых полимеров. Формирование трехмерных структур. Влияние функциональности исходных соединений на степень сшивания. Сшитые жесткоцепные и эластичные полимеры. Статистические методы описания процессов образования сшитых полимеров. Параметры сеток. Основные зависимости между структурными характеристиками пространственно сшитых полимеров. Образование пространственных структур в эластомерах и их динамика. Виды сшивающих агентов и особенности строения сеток.

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

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. В.В.Коршак, Современное состояние и перспективы развития области поликонденсации. *Успехи химии*, **53**, 3 (1984).
2. Оудиан Дж. Основы химии полимеров. 1974 г.
3. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М.: Издательский дом «Академия», 2005.
4. Виноградова С.В., Васнев В.А., Поликонденсационные процессы и полимеры. М.: Наука, 2000.
5. Федтке М. Химические реакции полимеров. М.: Химия, 1989.
6. Платэ Н.А. Макромолекулярные реакции. М.: Химия, 1977.
7. Иванчев С.С. Радикальная полимеризация. Л. Химия, 1985.
8. В.А. Кабанов, “Полиэлектролитные комплексы в растворе и в конденсированной фазе”, *Усп. хим.*, **74**:1 (2005), 5–23
9. Коршак В.В., Виноградова С.В. Равновесная поликонденсация. М. Наука, 1968.
10. Коршак В.В., Виноградова С.В. Неравновесная поликонденсация, М. Наука, 1972.
11. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Юрайт, 2013.
12. В.Н.Кулезнев, В.А.Шершнев, Химия и физика полимеров. М.: Лань, 2014.
13. Семчиков Ю.Д., Жильцов С.Ф., Зайцев С.Д. Введение в химию полимеров. М.: Лань, 2014
14. Jesse Russel, Ronald Cohn. Физика полимеров. VSD. 2013

б) дополнительная литература:

1. Qiu J., Charleux B., Matyjaszewski K. Controlled/living radical polymerization in aqueous media: homogeneous and heterogeneous systems. *Progress in Polymer Science* 2001, 26, 2083
2. Моравец Г. Макромолекулы в растворе. М.: Мир, 1987.
3. А.Л. Русанов, Д.Ю. Лихачев, К. Мюллен. Электролитические протонпроводящие мембраны на основе ароматических конденсационных полимеров. *Усп. хим.*, **71**:9 (2002), 862–877
4. А.И. Ковалев, Н.С. Кушакова, А.В. Шаповалов, М.А. Бабушкина, И.А. Хотина. Синтез и перспективы использования разветвленных полиариленов в электролюминесцентных устройствах. *Усп. хим.*, 83 (11) 1062 - 1089 (2014)
5. А. Л. Русанов, В. П. Чеботарёв, С. С. Ловков. Суперэлектрофилы в синтезе конденсационных мономеров и полимеров. *Успехи химии*, **77**, 578 (2008).
6. А. Л. Русанов, Л. Г. Комарова, М. П. Пригожина, Д. Ю. Лихачев *Успехи химии*, **74**, 739 (2005).
7. А. Л. Русанов, Е. Г. Булычева, М. Г. Бугаенко, В. Ю. Войтекунас, М. Аббади. Сульфированные полинафтилимиды в качестве протонпроводящих мембран для топливных элементов *Успехи химии*, **78**, 56 (2009)

8. А.М. Музафаров, Е.А. Ребров, «Современные тенденции развития химии дендримеров», ВМС, Серия С, 2000, т. 42, № 11, с. 2015-2040.
Указанная литература имеется в библиотеке ИСПМ РАН.

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>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

ИСПМ РАН 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.

Рентгеновский дифрактометр D8 (Bruker Analytical X-Ray Systems GmbH, Germany), Германия.

Сканирующий микроскоп JSM-5300LV фирмы JEOL 1993 г. Япония.

Установки по переработке полимерных материалов. 2000. США, "DACA Instruments":

- а). Вытяжная линия (Spinline),
- б). Литьевая машина (Microinjector),
- в). Микросмеситель (Microcompounder).

Комплекс проточных гелиевых криостатов для исследований радиационно-химических превращений в низкомолекулярных и полимерных образцах методами ЭПР и оптической спектроскопии в диапазоне температур 8 - 300 К. Разработан и изготовлен в НИФХИ им. Л. Я. Карпова в 1986--1995 гг. Не имеет аналогов в мировой исследовательской практике.

ИК Фурье спектрометр Perkin Elmer 1710, ИК-Фурье спектрометр Equinox 55/S. 1998. Германия.

ЭПР-спектрометр, изготовленный АОЗТ "СПИН" (г. Санкт-Петербург) по специальному заказу.

Спектрометр ПМР SE/X2547.

Газо-жидкостной хроматограф модель «ЛХМ-80» (2 прибора) (з-д «Хроматограф»).

Газо-жидкостной хроматограф модель «3700» (з-д «Хроматограф», СССР, год выпуска – 1989. Хроматограф уже в лаборатории был доукомплектован вторым детектором и в настоящее время – основной прибор лаборатории для газо-жидкостного анализа смесей.

Жидкостной хроматограф «ГПЦ», два прибора, производство ЧССР,
Жидкостной хроматограф модель «2010» два прибора, производство ВНР.

Жидкостной хроматограф «SHIMADZU», (Германия, год выпуска – 2003). Современный прибор с компьютерным управлением, оснащенный рефрактометрическим и спектрофотометрическим («диодная матрица») детекторами. Программное обеспечение - «CLASS-VP» (Shimadzu). Прибор позволяет проводить анализ смесей методом ВЭЖХ и ГПХ и в настоящее время является базовым прибором лаборатории для анализа высокомолекулярных соединений.

Дифференциально-сканирующие калориметры Калориметр ДСК-500. 2003 г. РФ, г. Самара, ДСК –500 (г. Самара).

Заведующий лабораторией,
член-корр. РАН

С.А. Пономаренко

Программа принята на заседании Ученого совета ИСПИМ РАН
протокол № 9 от 19 июня. 2014 г.

Председатель Ученого совета
член-корр. РАН

А. Н. Озерин