

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета

_____ Д.В. Свиридов

« 06 » июня 2011 г.

Регистрационный № УД 4553 /баз.

**МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОЛИМЕРОВ**

Учебная программа по специальности

1-31 05 01 Химия (по направлениям)

направление специальности:

1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность);
специализация 1-31 05 01-01 05 Высокомолекулярные соединения

2011 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Л.Б. Якимцова, доцент кафедры высокомолекулярных соединений
Белорусского государственного университета, кандидат химических наук,
доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

кафедра нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов
Учреждения образования «Белорусский технологический университет»
(заведующий кафедрой доктор химических наук, профессор, член-
корреспондент НАН Беларуси Н.Р. Прокопчук)
Почтовый адрес: 220630, г. Минск, ул . Свердлова, 13а.

В.И. Мартинович, заместитель директора по научной работе
государственного научного учреждения «Институт физико-органической
химии НАН Беларуси», кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой высокомолекулярных соединений Белорусского
государственного университета (протокол № 13 от 19 мая 2011 г.)

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского
государственного университета
(протокол № 7 от 06.06.2011);

Ответственный за выпуск:

Л.Б. Якимцова

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по дисциплине специализации «Методы получения и исследования полимеров» разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта по специальности 1-31 05 01 «Химия» и предназначена для студентов специализации 1-31 05 01-01 05 «Высокомолекулярные соединения» направления 1-31 05 01-01 «Химия (научно-производственная деятельность)».

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении общих курсов «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Коллоидная химия», «Высокомолекулярные соединения». Знания, полученные студентами при изучении спецкурса, используются для изучения дисциплин специализации «Растворы полимеров», «Полимеры в медицине», а также при выполнении курсовых работ, учебной исследовательской работы студентов и дипломных работ.

Целью курса " Методы получения и исследования полимеров" является знакомство студентов с основными представителями промышленных полимеров, методами их синтеза из мономеров по реакциям цепной и ступенчатой полимеризации, методами исследования свойств и практическим применением полимеров.

Главной **задачей** изучения дисциплины является освоение основных методов синтеза полимеров, теоретических особенностей и практического приложения методов исследования полимеров, получение представлений о свойствах и применении полимеров.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен **знать**

- классификацию и характеристики важнейших промышленных полимеров;
- методы получения наиболее важных полимерных соединений и механизмы этих процессов;
- методы исследования полимеров и их применение на практике.

уметь

- практически использовать знания методов синтеза и свойств полимеров;
- определять основные характеристики полимеров посредством качественного и количественного анализа, измерения физических, деформационно-прочностных и термических свойств.
- использовать физические методы исследования полимеров: абсорбционную спектроскопию, ядерный магнитный резонанс, масс-спектрометрию и др.

Учебный план предусматривает для изучения дисциплины следующее количество часов:

Всего – 132, из них лекции – 52, лабораторные занятия – 60, семинарские занятия – 8, КСР – 12.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Тема	Лекции, час	Семинарские занятия, час	Лабораторные занятия, час	КСР
Представители высокомолекулярных соединений, получаемых по механизму цепной полимеризации	18	4	18	4
Представители высокомолекулярных соединений, получаемых по механизму ступенчатой полимеризации	18	4	12	2
Методы исследования полимеров	16	0	30	6
Итого	52	8	60	12

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Представители высокомолекулярных соединений, получаемых по механизму цепной полимеризации

1.1. Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия и определения

Механизмы и методы получения полимеров. Методы исследования полимеров. Мономер, мономерное звено, составное повторяющееся звено, степень полимеризации. Типы мономеров. Молекулярные массы полимеров и методы их определения, показатель полидисперсности, молекулярно-массовое распределение.

1.2. Классификация полимеров и методов их получения

Классификация полимеров на основе состава и структуры, механизма реакции полимеризации. Аддиционные и конденсационные полимеры. Механизмы цепной (радикальный, ионный) и ступенчатой (полиприсоединение, поликонденсация) полимеризации. Получение полимеров цепной и ступенчатой полимеризацией мономеров, химической модификацией полимеров. Различия цепной и ступенчатой полимеризации. Типы реакций поликонденсации. Способы проведения цепной и ступенчатой полимеризации. Достоинства и недостатки различных способов проведения полимеризации.

1.3. Общие черты и отличия закономерностей реакций цепной радикальной и ионной полимеризации

Стадии цепной полимеризации. Гомо- и гетеролитический разрыв связи. Сравнение радикальной и ионной полимеризации. Средняя степень цепной полимеризации с учетом реакций передачи цепи и при их отсутствии. Влияние температуры и давления на цепную полимеризацию. Влияние на полимеризацию растворителя. Псевдоживая цепная полимеризация. Псевдокатионная полимеризация. Гомогенные и гетерогенные катализаторы ионно-координационной полимеризации, сокатализаторы. Механизм стереоспецифической полимеризации.

1.4. Радикальная и ионная сополимеризация

Цепная сополимеризация. Количественная теория сополимеризации. Состав сополимера и относительные активности мономеров. Микроструктура сополимера. Многокомпонентная сополимеризация. Закономерности радикальной сополимеризации. Скорость сополимеризации. Эффект предконцевого звена. Влияние реакционной среды, температуры и давления. Чередующаяся сополимеризация. Связь строения мономера и радикала с реакционной способностью. Закономерности катионной сополимеризации. Закономерности анионной сополимеризации. Сополимеризация на катализаторах Циглера – Натта.

1.5. Полимеры из непредельных алифатических углеводородов и их производных

Получение полиэтилена полимеризацией при высоком, низком и среднем давлении. Зависимость структуры, свойств и применения от механизма полимеризации. Сополимеры этилена. Полимеры других α -олефинов. Механизм стереоспецифической полимеризации на примере α -олефинов, получение стереорегулярного полипропилена ионно-координационной полимеризацией. Получение полиизобутилена катионной полимеризацией. Структура, свойства и применение гомо- и сополимеров непредельных алифатических углеводородов.

1.6. Синтетические каучуки на основе диеновых мономеров. Механизм стереоспецифической полимеризации диенов

Стереорегулярный 1,4-*цис*-полиизопрен. Стереорегулярный 1,4-*цис*-полибутадиен. Полибутадиены с высоким содержанием звеньев 1,2-. Каучуки на основе сополимеров бутадиена и изопрена с другими мономерами. Полихлоропрен. Структура, свойства и применение стереорегулярных и нерегулярных каучуков. Каучуки общего и специального назначения.

1.7. Полимеры из непредельных ароматических углеводородов

Получение полистирола радикальной полимеризацией в блоке, суспензии, эмульсии. Термическая полимеризация стирола. Зависимость свойств полистирола от способа его получения. Пенополистирол. Сополимеры стирола: ударопрочный полистирол, АБС-пластики, сополимер стирола с дивинилбензолом, бутадиеном, метилметакрилатом, акрилонитрилом, α -метилстиролом и др. Свойства и применение полимеров и сополимеров стирола.

1.8. Полимеры из галогенпроизводных непредельных углеводородов

Получение полимеров радикальной гомо- и сополимеризацией хлорпроизводных непредельных углеводородов. Винилхлорид, винилиденхлорид. Получение полимеров радикальной гомо- и сополимеризацией фторпроизводных углеводородов. Политетрафторэтилен. Сополимеры тетрафторэтилена с гексафторпропиленом. Политрифторхлорэтилен. Поливинилфторид, поливинилиденфторид. Полимеры бромпроизводных непредельных углеводородов. Свойства и применение галогенсодержащих полимеров.

1.9. Полимеры из акриловой и метакриловой кислот и их производных

Получение полимеров из эфиров акриловой и метакриловой кислот. Зависимость свойств и применения полиакрилатов и полиметакрилатов от их химического строения. Блочный полиметилметакрилат, его термическая и фотолитическая деструкция.

Полиакрилонитрил, его пиролиз, щелочной и кислотный гидролиз. Сополимеры акрилонитрила. Производство волокон марки «Нитрон».

Гомо- и сополимеры акриламида, метакриламида, акриловой и метакриловой кислот и их производных.

Полиэлектролиты и полиэлектролитные гидрогели из акриловой и метакриловой кислот и их производных.

1.10. Полимеры сложных и простых виниловых эфиров

Получение полимеров сложных виниловых эфиров по механизму радикальной полимеризации. Поливинилацетат, его гидролиз. Получение полимеров простых виниловых эфиров по механизму катионной полимеризации. Свойства и применение полимеров сложных и простых виниловых эфиров.

1.11. Основные закономерности полимеризации по карбонильной группе и с раскрытием цикла. Простые полиэферы

Механизмы реакций ионной полимеризации альдегидов. Особенности полимеризации алкиленоксидов. Получение полиоксиметилена анионной и катионной полимеризацией формальдегида, катионной полимеризацией триоксана. Получение полиоксиэтилена и полиоксипропилена ионной полимеризацией циклов. Свойства и применение простых полиэфиров.

2. Представители высокомолекулярных соединений, получаемых по механизму ступенчатой полимеризации

2.1. Миграционная полимеризация. Полиуретаны

Исходные соединения для синтеза полиуретанов. Особенности миграционной полимеризации. Получение полиуретанов по реакции миграционной полимеризации. Полиуретаны линейного и пространственного строения. Реакции удлинения цепи. «Карбамидное» и «уретановое» сшивание. Пенополиуретаны. Свойства и применение полиуретанов.

2.2. Эпоксидные полимеры

Исходные соединения и методы синтеза эпоксидных полимеров. Образование эпоксидных олигомеров. Побочные реакции. Отверждение эпоксидных олигомеров аминами, дикарбоновыми кислотами и их ангидридами. Каталитическое отверждение. Свойства и применение эпоксидных полимеров.

2.3. Фенолоальдегидные полимеры

Исходные мономеры для синтеза фенолоальдегидных полимеров и их функциональность. Фенолформальдегидные олигомеры. Термопластичные олигомеры новолачного типа. Термореактивные олигомеры резольного типа. Механизмы взаимодействия фенола с формальдегидом в кислой и щелочной среде. Отверждение новолачных и резольных олигомеров. Свойства и применение фенолоальдегидных полимеров.

2.4. Аминоальдегидные полимеры

Исходные мономеры для аминоальдегидных полимеров и их функциональность. Методы получения аминоальдегидных полимеров.

Карбаминоформальдегидные полимеры. Механизмы реакции конденсации карбамида и формальдегида в щелочной и кислой среде. Отверждение олигомеров. Меламино-формальдегидные и анилиноформальдегидные полимеры. Свойства и применение аминопластов.

2.5. Гетероцепные линейные сложные полиэфиры

Исходные мономеры для получения линейных сложных полиэфиров. Синтез полиэтилентерефталата равновесной поликонденсацией в расплаве. Другие линейные сложные полиэфиры.

Закономерности неравновесной межфазной поликонденсации. Получение поликарбонатов и полиарилатов, зависимость их свойств от химического строения. Свойства и применение гетероцепных линейных сложных полиэфиров.

2.6. Гетероцепные сложные полиэфиры пространственного строения

Исходные мономеры и методы получения алкидных полимеров. Глифталевые и пентафталевые полимеры, методы их модифицирования. Ненасыщенные сложные полиэфиры: полималеинаты, полифумараты, полиэфиракрилаты. Свойства и применение сложных полиэфиров пространственного строения.

2.7. Полиамиды

Исходные мономеры и методы получения линейных полиамидов полимеризацией лактамов аминокислот, гетерополиконденсацией диаминов с дикарбоновыми кислотами и их дихлорангидридами, гомополиконденсацией аминокислот. Синтез поликапроамида гидролитической и анионной полимеризацией ϵ -капролактама. Линейные алифатические полиамиды: полигексаметиленадипамид, полигексаметиленсебацамид, полидодекаамид и др. Ароматические полиамиды: полиметафениленизофталамид, полипарафенилентерефталамид. Свойства и применение алифатических и ароматических полиамидов.

2.8. Полигетероциклоцепные полимеры

Исходные мономеры для получения полиимидов: диангидриды тетракарбоновых кислот, диамины, бис-имидазы. Линейные полиимиды конденсационного типа. Двухстадийный способ синтеза. Термическая и химическая циклизация. Побочные реакции полиамидокислоты.

Термореактивные полиимиды полимеризационного типа. Зависимость свойств полиимидов от химического строения макромолекулы. Свойства и применение полиимидов.

Другие полигетероциклоцепные полимеры: полибензимидазолы, полибензоксазолы, поли-1,3,4-оксадиазолы, полифенилхиноксалины, пирроны.

2.9. Элементорганические полимеры

Классификация элементорганических полимеров. Элементорганические полимеры с неорганическими цепями макромолекул. Особенности синтеза полиорганосилоксанов. Гидролиз кремнийорганических мономеров. Полимеризация циклических продуктов гидролиза. Поликонденсация кремнийорганических олигомеров. Элементорганические полимеры, содержащие алюминий, титан, фосфор. Элементорганические полимеры с органонеорганическими и органическими цепями макромолекул. Свойства и применение элементорганических полимеров.

3. Методы исследования полимеров

3.1. Качественный анализ полимеров

Основные методы исследования полимеров. Химические методы исследования полимеров. Качественные реакции элементов: азота, галогенов, серы, фосфора, кремния. Качественные реакции мономеров: фенолов, анилина и фурфурола, альдегидов, карбоновых кислот, спиртов. Качественные реакции двойных связей, ароматических соединений, углеводов. Качественные реакции полимеров: поведение полимеров при внесении в пламя горелки, реакция с фуксином, реакция Либермана-Шторха-Моравского.

3.2. Количественный анализ полимеров

Элементный анализ: количественное определение элементного состава - углерода и водорода в полимерах, содержащих углерод, водород и кислород; галогенов методом Шенигера, азота методами Дюма и Кьельдаля. Функциональный анализ: количественное определение функциональных групп в полимерах химическими методами - гидроксидных, карбоксильных (кислотного числа), сложноэфирных (числа омыления), алкоксидных групп, двойных связей (иодного числа). Анализ мономеров и примесей в полимерах.

3.3. Определение физических свойств полимеров

Определение растворимости, плотности, молекулярной массы методом вискозиметрии. Определение температурных характеристик полимеров: температур стеклования, течения, плавления методами дилатометрии, термомеханическим, дифференциальной сканирующей калориметрии, термогравиметрическим, дифференциального термического анализа. Теплостойкость полимеров по Мартенсу и Вика.

3.4. Физические методы исследования полимеров. Методы абсорбционной спектроскопии

Физические основы методов абсорбционной спектроскопии. Спектр поглощения (пропускания), его характеристики.

Спектроскопия ультрафиолетовой и видимой области излучения. Хромофоры и ауксохромы. Качественное и количественное определение химического строения полимеров.

Применение инфракрасной спектроскопии для качественного и количественного анализа полимеров: определение состава, концевых групп, содержания двойных связей, конфигурационных и конформационных изомеров, степени ориентации и кристалличности.

3.5. Метод ядерного магнитного резонанса в исследовании полимеров

Физические основы метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР). ЯМР низкого и высокого разрешения. Преимущества и ограничения методов протонного магнитного резонанса и ЯМР ^{13}C . Техника приготовления образцов для ЯМР. ЯМР высокого разрешения в твердом теле. Характеристики спектров ЯМР. Каталоги спектров ЯМР.

3.6. Масс-спектрометрический метод исследования полимеров

Физические основы метода масс-спектрометрии. Схематическое устройство масс-спектрометра и принцип его действия. Характеристики масс-спектра. Применение метода для изучения процессов полимеризации, механической и термической деструкции полимеров.

3.7. Определение молекулярной массы и молекулярно-массового распределения полимеров методом гелепроникающей хроматографии

Аппаратурное оформление метода. Определение молекулярной массы и молекулярно-массового распределения полимеров. Исследование кинетики полимеризации. Изучение олигомеров и сшитых полимеров.

3.8. Метод обращенной газовой хроматографии

Аппаратура для обращенной газовой хроматографии. Приготовление капиллярных колонок. Применение обращенной газовой хроматографии для анализа полимеров: определение температуры стеклования, степени кристалличности полимера, коэффициента диффузии растворителя в полимер, поверхностных свойств полимеров и наполненных полимерных систем.

3.9. Электронная микроскопия полимеров

Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия. Устройство микроскопа, препарирование образцов, методы контрастирования, метод реплик. Применение просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии для исследования полимеров.

3.10. Определение прочности и долговечности полимерных материалов

Понятия прочности и долговечности. Теория прочности Гриффитса. Статистическая (кинетическая) теория механической прочности. Уравнение долговечности С.Н. Журкова. Хрупкое и нехрупкое разрушение. Диаграммы растяжения аморфных и кристаллических полимеров при различных температурах. Определение прочности полимерных волокон и пленок. Статистическая обработка результатов определения прочности и деформации.

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Радикальная гомо- и сополимеризация акриламида с 2-акриламид-2-метилпропансульфонатом натрия в растворе.
2. Определение состава сополимеров акриламида с 2-акриламид-2-метилпропансульфонатом натрия методом инфракрасной спектроскопии.
3. Определение средневязкостной молекулярной массы полиэлектролитов на основе поли-2-акриламид-2-метилпропансульфоната натрия и сополимеров акриламида с 2-акриламид-2-метилпропансульфонатом натрия.
4. Определение среднечисловой, среднемассовой молекулярных масс, коэффициента полидисперсности и молекулярно-массового распределения сополимеров акриламида с 2-акриламид-2-

- метилпропансульфонатом натрия методом гель-проникающей хроматографии.
5. Радикальная блочная сополимеризация метилметакрилата с акриловой кислотой.
 6. Оценка констант сополимеризации метилметакрилата с акриловой кислотой путем определения состава сополимера методом кислотно-основного титрования.
 7. Синтез поли-(4,4'-дифенилоксид)пиромеллитамидокислоты поликонденсацией в растворе.
 8. Определение средневязкостной молекулярной массы поли-(4,4'-дифенилоксид)пиромеллитамидокислоты в растворе диметилформамида.
 9. Получение пленок из раствора поли-(4,4'-дифенилоксид)пиромеллитамидокислоты и их термическая циклодегидратация в твердой фазе.
 10. Определение деформационно-прочностных свойств пленок поли-(4,4'-дифенилоксид)пиромеллитамидокислоты. Установление корреляции напряжения при разрыве и удлинения от молекулярной массы форполимера.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Семчиков, Ю.Д. Высокомолекулярные соединения / Ю.Д. Семчиков. - М.: Академия, 2003. - 368 с.
2. Киреев, В.В. Высокомолекулярные соединения / В.В. Киреев. - М.: Высшая школа, 1992. - 512 с.
3. Коршак, В.В. Технология пластических масс / В.В. Коршак. - М.: Химия, 1985. - 536 с.
4. Платэ, Н.А. Основы химии и технологии мономеров / Н.А. Платэ, Е.В. Сливинский. - М.: Наука, 2002. - 696 с.
5. Крыжановский, В.К. Технические свойства полимерных материалов / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко, Ю.В. Крыжановский. - СПб.: Профессия, 2005. - 248 с.
6. Абдель-Бари, Е.М. Полимерные пленки / Е.М. Абдель-Бари. - СПб.: Профессия, 2005. - 352 с.
7. Уайт, Дж.Л. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины / Дж.Л. Уайт, Д.Д. Чой. - СПб.: Профессия, 2006. - 256 с.

8. *Аверко-Антонович, И.Ю.* Методы исследования структуры и свойств полимеров / И.Ю. Аверко-Антонович, Р.Т. Бикмиллин. Казань: КГТУ, 2002. 604 с.

9. *Попова, Г.С.* Анализ полимеризационных пластмасс / Г.С. Попова, В.П. Будтов, В.М. Рябикова, Г.В. Худобина. - Л.: Химия, 1988. - 304 с.

10. *Калинина, Л.С.* Анализ конденсационных полимеров / Л.С. Калинина, М.А. Моторина, Н.И. Никитина, Н.А. Хачапуридзе. - М.: Химия, 1984. - 296 с.

11. *Тарутина, Л.И.* Спектральный анализ полимеров / Л.И. Тарутина, Ф.О. Позднякова. - Л.: Химия, 1986. - 248 с.

12. *Рабек, Я.* Экспериментальные методы в химии полимеров: в 2 частях / Я. Рабек; пер. с англ. - М.: Мир, 1983. ч. 2. - 480 с.

Дополнительная литература

1. *Кольцов, Н.И.* Полиуретаны / Н.И. Кольцов, В.А. Ефимов // Соросовский образовательный журнал. 2000. - Т.6, № 9. - С.31-36.

2. *Куренков, В.Ф.* Водорастворимые полимеры акриламида / В.Ф. Куренков // Соросовский образовательный журнал. 1997 - № 5. - С.48-53.

3. *Крутько, Э.Т.* Полиимиды. Синтез, свойства, применение / Э.Т. Крутько, Н.Р. Прокопчук, А.А. Мартинкевич, Д.А. Дроздова. - Мн.: БГТУ, - 304 с.

4. *Дероум, Э.* Современные методы ЯМР для химических исследований / Э. Дероум. - М.: Мир, 1992. - 401 с.

5. Химия и технология новых веществ и материалов. Сб. научн. тр. под ред. А.В. Бильдюкевича. - Мн.: Технопринт, 2004. - 275 с.

6. *Купцов, А.Х.* Фурье-спектры комбинационного рассеяния и инфракрасного поглощения полимеров / А.Х. Купцов, Г.Н. Жижин. - М.: Физматлит, 2001. - 656 с.

ПРОГРАММА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Занятие 1. Получение основных представителей полимеров по механизму цепной полимеризации

Сравнение радикальной и ионной полимеризации. Зависимость механизма цепной полимеризации от химического строения мономеров. Влияние заместителей. Основные инициаторы радикальной полимеризации, используемые в промышленности. Катализаторы и сокатализаторы ионной полимеризации.

Схемы реакций всех элементарных стадий полимеризации мономеров при получении основных представителей полимеров по цепному механизму.

Сравнение кинетических закономерностей радикальной и ионной полимеризации. Зависимость средней степени полимеризации от температуры, давления, растворителя, способа полимеризации.

Решение задач по цепной полимеризации.

Занятие 2. Сополимеры, получаемые по механизму цепной полимеризации

Модель Майо-Льюиса. Зависимость состава сополимера от состава мономерной смеси. Уравнение состава сополимера. Определение значений относительных активностей мономеров по методу пересечений Майо-Льюиса, по методу Файнемана-Росса, Келена-Тудоша.

Идеальная азеотропная сополимеризация. Сополимеризация, в результате которой образуются случайные, статистические, альтернантные сополимеры.

Радикальная тер- и тетраполимеризация. Сополимеризация до глубоких конверсий.

Скорость радикальной сополимеризации. Модели обрыва цепи. Модели конечного и предконцевого звена. Природа эффекта предконцевого звена. Влияние температуры, давления и реакционной среды на радикальную сополимеризацию.

Реакционная способность мономера в соответствии со схемой Q – e.

Катионная сополимеризация. Анионная сополимеризация. Влияние растворителя и противоиона на состав сополимера. Сополимеризация с использованием катализаторов Циглера-Натта.

Решение задач по цепной сополимеризации.

Занятие 3. Полимеры, получаемые по механизму ступенчатой полимеризации

Основные закономерности миграционной полимеризации. Промышленные полимеры, получаемые по механизму миграционной полимеризации.

Схемы реакций получения полиуретанов, эпоксидных олигомеров. Схемы образования биуретовой, аллофанатной структур, изоциануратных циклов в полиуретанах. Схемы отверждения эпоксидных олигомеров по гидроксильным группам, с раскрытием эпоксидного цикла.

Решение задач по миграционной полимеризации и поликонденсации.

Занятие 4. Полигетероциклоцепные полимеры, получаемые поликонденсацией

Схемы реакций двухстадийного синтеза линейных ароматических полиимидов. Схема реакций получения трехмерных полиимидов взаимодействием бис-имидов и ароматических диаминов. Схемы реакций

получения полибензимидазолов, полибензоксазолов, поли-1,3,4-оксадиазолов, полифенилхиноксалинов, пиранов.

Взаимосвязь свойств полигетероциклоцепных полимеров с их химическим строением. Влияние методов циклизации на свойства полигетероциклоцепных полимеров.

Решение задач по равновесной поликонденсации диаминов с диангидами тетракарбоновых кислот.