

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

_____ А.Д.Король



27 июня 2025 г.

Регистрационный № УД-13930/уч.

НАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

1-31 05 02 Химия лекарственных соединений

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 02-2021, учебного плана №G31-1-008/уч. от 25.05.2021.

СОСТАВИТЕЛЬ:

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

РЕЦЕНЗЕНТ:

А.П.Поликарпов, заведующий лабораторией синтеза и исследования свойств ионообменных волокон Государственного научного учреждения «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси», кандидат химических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

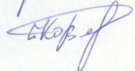
Кафедрой высокомолекулярных соединений БГУ
(протокол № 13 от 19.06.2025);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 11 от 26.06.2025)

Заведующий кафедрой _____



А.С.Боковец

Л.В.Коваленко-Коваленко


ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование системных знаний о механизмах и особенностях реакций направленного синтеза высокомолекулярных соединений с заданным комплексом свойств: составом, молекулярной массой, молекулярно-массовым распределением, строением макроцепи для их практического применения.

Задачи учебной дисциплины:

1. Изучение закономерностей и особенностей направленного синтеза высокомолекулярных соединений для выявления взаимосвязи структура – свойства.

2. Получение сведений о химических превращениях макромолекул в процессе синтеза и направлениях практического применения полимеров.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Прикладные аспекты химии лекарственных соединений» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин государственного компонента «Органическая химия», «Высокомолекулярные соединения», «Физическая химия» и «Аналитическая химия».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Направленный синтез высокомолекулярных соединений» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Универсальные компетенции:

Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

Базовые профессиональные компетенции:

Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры, готовить научные статьи, сообщения, рефераты, доклады и материалы к презентациям.

Специализированные компетенции:

Применять основные представления органической и координационной химии для направленного синтеза высокомолекулярных соединений, используемых в медицине и биотехнологии. Оценивать структурные особенности, принципы получения и свойства высокомолекулярных соединений лекарственного назначения.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать: основные законы классического и направленного синтеза высокомолекулярных соединений;

уметь: определять среднечисловую молекулярную массу, функциональность и степень полидисперсности синтезированных высокомолекулярных соединений различными методами;

владеть: навыками проведения синтеза и интерпретации результатов в области получения высокомолекулярных соединений с заданными свойствами для решения практических задач.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 9 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Направленный синтез высокомолекулярных соединений» отведено для **очной формы** получения высшего образования – 102 часа, в том числе 50 аудиторных часов: лекции – 32 часа, лабораторные занятия – 6 часов, семинарские занятия – 12 часов. **Из них:**

Лекции – 32 часа, семинарские занятия – 8 часов, лабораторные занятия – 6 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Синтез высокомолекулярных соединений по механизму направленной цепной полимеризации

Тема 1.1 Предмет и задачи дисциплины. Механизмы цепной полимеризации

Мономеры цепной полимеризации. Механизмы цепной полимеризации: радикальный, катионный, анионный, ионно-координационный. Различия механизмов направленной и классической полимеризации. Псевдоживая цепная полимеризация. Псевдокатионная полимеризация. Гомогенные и гетерогенные катализаторы ионно-координационной полимеризации, сокатализаторы. Механизм стереоспецифической полимеризации.

Тема 1.2 Радикальная и ионная сополимеризация

Типы сополимеров: статистические, случайные, чередующиеся, блочные, привитые. Скорость сополимеризации, эффект предконцевого звена, влияние реакционной среды, температуры и давления. Количественная теория сополимеризации. Модель Майо-Льюиса. Состав и микроструктура сополимера, относительные активности мономеров. Методы определения констант сополимеризации: Майо-Льюиса, Файнмана-Росса, Келена-Тьюдоша. Схема Q – e.

Тема 1.3 Синтез высокомолекулярных соединений из непредельных алифатических углеводородов и их производных

Классический синтез полиэтилена радикальной, ионно-координационной, ионной полимеризацией. Зависимость структуры, свойств и применения полиэтилена от механизма полимеризации. Направленный синтез линейного полиэтилена низкой плотности на металлоценовых катализаторах и катализаторах Циглера-Натта. Влияние типа каталитической системы, концентрации ее компонентов, температуры и давления на свойства полиэтилена. Синтез стереорегулярного полипропилена ионно-координационной полимеризацией. Получение полимеров других α -олефинов.

Тема 1.4 Направленный синтез полиизобутилена катионной полимеризацией

Получение полиизобутилена классической катионной полимеризацией. Направленный синтез полиизобутилена по катионному механизму. Влияние химического строения иницирующих систем, электронодоноров, функциональных инициаторов на свойства полимера. Синтез полиизобутиленов с концевым функционалом, с высокой реакционной способностью, макромономеров, звездообразных полимеров, блок-сополимеров.

Тема 1.5 Синтез высокомолекулярных соединений из непредельных ароматических углеводородов

Радикальный, анионный, катионный механизмы получения полистирола. «Живая» анионная полимеризация стирола. Ион-радикалы в качестве инициаторов. Кинетика «живой» анионной полимеризации в полярных и неполярных растворителях. Направленная катионная полимеризация стирола и

его производных. Механизм и кинетика катионной полимеризации стирола, пара-метоксистирола. Синтез функциональных и звездообразных полимеров стирола и его производных. Поли(алкоксистирол)ы с концевым функционалом.

Тема 1.6 Синтез высокомолекулярных соединений из галогенпроизводных непредельных углеводов

Синтез гомо- и сополимеров на основе хлорпроизводных непредельных углеводов: винилхлорида, винилиденхлорида. Синтез высокомолекулярных соединений на основе фторпроизводных непредельных углеводов: тетрафторэтилена, трифторхлорэтилена, винилфторида, винилиденфторида. Влияние химического строения галогенпроизводных непредельных углеводов на свойства полимеров.

Тема 1.7 Синтез высокомолекулярных соединений на основе сложных эфиров акриловой и метакриловой кислот

Полимеризация (мет)акрилатов по радикальному механизму. Классический синтез полиметилметакрилата и других сложных эфиров метакриловой кислоты. Влияние химического строения кислоты и заместителя в сложноэфирной группе на свойства полимеров. Направленная анионная полимеризация (мет)акрилатов. Побочные реакции. Выбор инициатора. Полимеризация в присутствии лигандов.

Тема 1.8 Синтез гомо- и сополимеров акрилонитрила, акриламида с ионогенными и неионогенными мономерами различного химического строения

Синтез полиакрилонитрила и сополимеров на основе акрилонитрила по радикальному и анионному механизму. Влияние природы сомономера на свойства сополимеров акрилонитрила. Радикальная и анионная полимеризация акриламида. Химические реакции полиакриламида. Линейные и сшитые сополимеры акриламида с солями акриловой и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислот. Влияние структуры, химического строения и соотношения звеньев в сополимерах акриламида на свойства и применение.

Тема 1.9 Синтез высокомолекулярных соединений на основе алкилвиниловых эфиров по катионному механизму

Механизм классической катионной полимеризации виниловых мономеров. Контролируемое инициирование направленной катионной полимеризации. Выбор инициатора полимеризации алкилвиниловых эфиров. Использование протонных ловушек. Контроль передачи и обрыва цепи. Синтез полиизобутилвинилового эфира с инициирующими системами HI/I_2 и HI/ZnI_2 . Влияние различных кислот Льюиса на полимеризацию алкилвиниловых эфиров. Живая катионная полимеризация алкилвиниловых эфиров без металлов. Макромомеры, телехелатные и звездообразные полимеры.

Тема 1.10 Синтез полиалкиленоксидов

Особенности полимеризации циклов. Получение полиоксиметилена и других полиалкиленоксидов. Направленный синтез поли[окси(1-метилэтилен)]а анионной полимеризацией пропиленоксида, инициируемой алкоксидами и гидроксидами щелочных металлов. Полимеризация в присутствии $B(C_6F_5)_3$. Схема промышленной полимеризации

гексафторпропиленоксида и её недостатки. Направленная анионная полимеризация гексафторпропиленоксида с различными фторидами щелочных металлов. Механизм полимеризации гексафторпропиленоксида с каталитической системой KF/Tetraglyme. Сравнительные характеристики полимеров, синтезированных в разных условиях.

Тема 1.11 Синтез гетероцепных сложных полиэфиров полимеризацией с раскрытием цикла

Мономеры полимеризации с раскрытием цикла. Анионная, катионная, координационная полимеризация с раскрытием цикла. Полимеризация лактида, ϵ -капролактона, δ -валеролактона. Механизмы полимеризации в присутствии $\text{Sn}(\text{Oct})_2$, $\text{Al}(\text{OiPr})_3$ и $\text{Ln}(\text{OR})_3$ в качестве катализаторов. Побочные реакции внутри- и межмолекулярной переэтерификации. Соединения висмута в качестве катализаторов полимеризации ϵ -капролактона.

Раздел 2 Синтез высокомолекулярных соединений по механизму направленной ступенчатой полимеризации

Тема 2.1 Синтез полиуретановых высокомолекулярных соединений по механизму миграционной полимеризации

Мономеры для синтеза полиуретанов. Условия синтеза политетраметилгексаметиленуретана. Реакции удлинения цепи. Карбамидное и уретановое сшивание. Направленное изменение условий синтеза, природы мономеров и строения макромолекул для получения полиуретанов с необходимым комплексом свойств. Эластичные полиуретаны линейного строения, спандекс. Жесткие полиуретаны с высокой степенью сшивки.

Тема 2.2 Синтез эпоксидных высокомолекулярных соединений по реакции полиприсоединения

Исходные мономеры и методы синтеза эпоксидных полимеров. Образование эпоксидных олигомеров, побочные реакции. Отверждение эпоксидных олигомеров: аминами, дикарбоновыми кислотами и их ангидридами, каталитическое отверждение. Направленное изменение природы мономеров и отвердителей, структуры макромолекул в синтезе эпоксидных полимеров с заданными свойствами.

Тема 2.3 Синтез гетероцепных сложных полиэфиров гомо- и гетерополиконденсацией мономеров

Исходные мономеры. Гомополиконденсация гидроксикислот. Гетерополиконденсация дикарбоновых кислот, хлорангидридов дикарбоновых кислот с двухатомными спиртами. Синтез полиэтилен- и полибутилентерефталата, поликарбонатов, полиарилатов. Воздействие химического строения мономеров и способа поликонденсации на свойства и применение сложных полиэфиров.

Тема 2.4 Синтез алифатических и ароматических полиамидов по механизму ступенчатой полимеризации

Мономеры и методы синтеза алифатических полиамидов. Синтез поликапроамида гидролитической и анионной полимеризацией ϵ -капролактама, гомополиконденсацией ϵ -аминокапроновой кислоты. Синтез других алифатических полиамидов гетерополиконденсацией дикарбоновых кислот, хлорангидридов дикарбоновых кислот с диаминами. Синтез ароматических полиамидов: поли-*мета*-фениленизофталамида и поли-*пара*-фенилентерефталамида. Сравнительный анализ их структуры, свойств и областей применения.

Тема 2.5 Синтез полигетероциклоцепных высокомолекулярных соединений

Мономеры для синтеза линейных полиимидов конденсационного типа. Двухстадийный метод синтеза поли-N,N'-дифениленоксидпиромеллитимида и других ароматических полиимидов. Взаимосвязь химического строения исходных мономеров и физических свойств полиимидов. Термореактивные полиимиды. Синтез других полигетероциклоцепных полимеров: полибензимидазолов, полибензоксазолов, поли-1,3,4-оксадиазолов, полибензоиленбисбензимидазолов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Синтез высокомолекулярных соединений по механизму направленной цепной полимеризации							
1.1	Предмет и задачи дисциплины. Механизмы цепной полимеризации	2						Экспресс-опрос
1.2	Радикальная и ионная сополимеризация	2			6			Экспресс-опрос Отчет о выполнении лабораторных исследований
1.3	Синтез высокомолекулярных соединений из непредельных алифатических углеводородов и их производных	2						Экспресс-опрос
1.4	Направленный синтез полиизобутилена катионной полимеризацией	2					2	Контрольная работа
1.5	Синтез высокомолекулярных соединений из непредельных ароматических углеводородов	2		2				Опрос
1.6	Синтез высокомолекулярных соединений из галогенпроизводных непредельных углеводородов	2						Экспресс-опрос

1.7	Синтез высокомолекулярных соединений на основе сложных эфиров акриловой и метакриловой кислот	2						Экспресс-опрос
1.8	Синтез гомо- и сополимеров акрилонитрила, акриламида с ионогенными и неионогенными мономерами различного химического строения	2		2				Контрольная работа
1.9	Синтез высокомолекулярных соединений на основе алкилвиниловых эфиров по катионному механизму	2						Экспресс-опрос
1.10	Синтез полиалкиленоксидов	2						Экспресс-опрос
1.11	Синтез гетероцепных сложных полиэфиров полимеризацией с раскрытием цикла	2		2				Контрольная работа
2	Синтез высокомолекулярных соединений по механизму направленной ступенчатой полимеризации							
2.1	Синтез полиуретановых высокомолекулярных соединений по механизму миграционной полимеризации	2						Экспресс-опрос
2.2	Синтез эпоксидных высокомолекулярных соединений по реакции полиприсоединения	2						Экспресс-опрос
2.3	Синтез гетероцепных сложных полиэфиров гомо- и гетерополиконденсацией мономеров	2						Экспресс-опрос
2.4	Синтез алифатических и ароматических полиамидов по механизму ступенчатой полимеризации	2					2	Контрольная работа
2.5	Синтез полигетероциклоцепных высокомолекулярных соединений	2		2				Опрос
	Всего	32		8	6		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Шишонок, М. В. Модификация полимеров : учебник / М. В. Шишонок. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2024. 328 с.
2. Шишонок, М. В. Химия высокомолекулярных соединений : учебное пособие / М. В. Шишонок. – Минск : Вышэйшая школа, 2021. 624 с.
3. Шишонок, М. В. Современные полимерные материалы: учебное пособие / М. В. Шишонок. Минск : Вышэйшая школа, 2017. 278 с.

Дополнительная литература

1. Лавров, Н. А. Процессы направленного синтеза и модификации полимеров / Н. А. Лавров // Пластические массы. 2019.-№ 9-10. -С. 3 – 7.
2. Василенко, И. В. Синтез функционализированных полимеров методами контролируемой полимеризации / И. В. Василенко, Д. И. Шиман, Ю. А. Пискун, А. В. Радченко, А. Н. Фролов, Л. В. Гапоник, С. В. Костюк // Свиридовские чтения : сб. ст. Вып. 10 / редкол.: О.А. Ивашкевич (пред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2014. – С. 178–192.
3. Odian, G. Principles of Polymerization, 4th ed. – Wiley-Interscience: Hoboken, NJ, 2004. – 387 pp.
4. Vasilenko, I. V. Cationic polymerization of isobutylene in toluene: toward well-defined exo-olefin terminated medium molecular weight polyisobutylenes under mild conditions / I. V. Vasilenko // Polym. Chem. – 2017. – V. 8. – P. 1417-1425.
5. Kostjuk, S. V. Cationic polymerization of p-methoxystyrene co-initiated by $B(C_6F_5)_3$: effect of acetonitrile and proton traps / S. V. Kostjuk // Eur. Polym. J. – 2020. – V. 129. – P. 109632.
6. Костюк, С. В. Дизайн современных каталитических систем катионной, координационной и радикальной полимеризации стирола, его производных и высших α -олефинов / С. В. Костюк, И. В. Василенко, Ф. Н. Капуцкий, А. В. Радченко, А. Н. Фролов, Ю. А. Пискун, Д. И. Шиман, Л. В. Гапоник // Химические проблемы создания новых материалов и технологий : сб. ст. Вып. 3 / под ред. О.А. Ивашкевича. – Минск : БГУ, 2008. – С. 180–203.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Для диагностики компетенций используются следующие средства текущей аттестации: контрольная работа; экспресс-опрос на аудиторных лекционных занятиях; опрос на семинарских занятиях; отчет о выполнении лабораторных исследований.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Направленный синтез высокомолекулярных соединений» учебным планом предусмотрен **экзамен**.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- контрольная работа – 25 %;
- результаты экспресс-опроса на лекционных занятиях – 25%;
- ответы на семинарских занятиях – 25 %;
- отчет о выполнении лабораторных исследований – 25 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (модульно-рейтинговой системы оценки знаний) 40 % и экзаменационной отметки 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 1.4. Направленный синтез полиизобутилена катионной полимеризацией (2 ч)

1. Катионная полимеризация изобутилена. Приведите состав иницирующих систем на основе BCl_3 , TiCl_4 и $\text{Me}_{1.5}\text{AlCl}_{1.5}$ и оцените насколько полимеризацию изобутилена в их присутствии можно считать направленным синтезом.

2. Синтез полиизобутиленов с концевыми функциональными группами путем использования инициаторов, содержащих эпоксидные группы. Приведите структурные формулы этих инициаторов и схему реакции полимеризации с одним из них.

3. Напишите схему реакции синтеза звездообразных полиизобутиленов методом функционального инициатора с многоступенчатым процессом синтеза в присутствии TiCl_4 .

4. Напишите схему реакции синтеза звездообразных полиизобутиленов методом дифункционального мономера в присутствии хлорида титана и пиридина.

Форма контроля – контрольная работа

Тема 2.4 Синтез алифатических и ароматических полиамидов по механизму ступенчатой полимеризации (2 ч)

1. Напишите схему реакции гидролитической полимеризации ϵ -капролактама.

2. Напишите схему реакции анионной полимеризации ϵ -капролактама. Сравните анионную полимеризацию с гидролитической.

3. Напишите схему получения полигексаметиленадипамида. Проведите сравнительный анализ свойств алифатических полиамидов в зависимости от их химического строения.

4. Напишите схемы синтеза поли-*мета*-фениленизофталамида и поли-*пара*-фенилентерефталамида. Проведите сравнительный анализ свойств указанных ароматических полиамидов.

Форма контроля – контрольная работа

Примерный перечень лабораторных занятий

1. Лабораторная работа «Определение констант сополимеризации 2-акриламидо-2-метилпропансульфоната натрия с производными акриловой и метакриловой кислот методами Файнмана-Росса и Келена-Тьюдоша»(6 ч).

Примерная тематика семинарских занятий

1. Занятие по теме 1.5 (2 ч). Синтез высокомолекулярных соединений классической и направленной полимеризацией стирола и его производных.

2. Занятие по теме 1.8 (2 ч). Синтез полиакриламида и сополимеров акриламида с метакриламидом, акрилатом и метакрилатом натрия, 2-акриламидо-2-метилпропансульфонатом натрия. Анализ свойств и применения сополимеров акриламида в зависимости от химического строения второго мономера (2 ч).

3. Занятие по теме 1.11 (2 ч). Мономеры, полимеризующиеся с раскрытием цикла с образованием гетероцепных сложных полиэфиров. Механизмы полимеризации сложных циклических эфиров. Полимеризация ϵ -капролактона в присутствии комплексов титана с диалканоламинными лигандами. Катионная полимеризация лактида с раскрытием цикла.

Занятие по теме 2.5 (2 ч). Мономеры и схемы реакций получения полигетероциклоцепных высокомолекулярных соединений: полиимидов, полибензимидазолов, полибензоксазолов, поли-1,3,4-оксадиазолов, полибензоиленбисбензимидазолов. Анализ свойств и применения указанных полимеров в зависимости от их химического строения.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При изучении дисциплины используется один из эффективных способов работы со студентами, в особенности на лабораторных занятиях, **метод проектов**. Выбор темы осуществляет преподаватель. Формируются малые творческие группы, которые выполняют свою часть работы. Полученные результаты объединяются, затем происходит совместная интерпретация результатов работы групп и обсуждение с преподавателем.

Проектный метод является одновременно практико-ориентированным. Он стимулирует активность студентов в группах, основан на развитии критического мышления, познавательных навыков, эмоционального интеллекта, повышает чувство ответственности отдельного студента за результат коллективной работы.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для организации самостоятельной работы необходимо:

1. Разработка и размещение в сетевом доступе вопросов по изучаемой теме, пояснение основных требований к выполнению контрольных работ как формы контроля самостоятельной работы.
2. Наличие методических указаний по проведению лабораторных работ.
3. Использование современных информационных технологий - размещение в сетевом доступе программы учебной дисциплины, вопросов по изучаемым темам, списка рекомендуемой литературы.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Напишите элементарные стадии реакций классической катионной полимеризации винилового мономера: инициирование, рост цепи, обрыв цепи, передача цепи.
2. В чем заключаются синтетические возможности направленной полимеризации? Перечислите возможности получения гомо- и сополимеров, различных по составу, структуре цепи, функциональности и проиллюстрируйте их примерами.
3. Определите механизм и напишите схему направленной полимеризации алкилвиниловых эфиров в присутствии каталитической системы HI/I_2 .
4. Напишите схему направленной анионной полимеризации пропиленоксида в присутствии трис(пентафторфенил)борана.
5. Какие соединения являются инициаторами катионной полимеризации с раскрытием цикла? Напишите их формулы. Приведите схему катионной полимеризации лактида с раскрытием цикла, иницируемую метиловым эфиром трифторметансульфоновой кислоты.
6. Напишите схему реакции полимеризации замещенных стиролов с использованием каталитической системы тетрагидрид олова/тетра-*n*-бутиламмонийхлорид. Приведите формулы замещенных стиролов по снижению скорости реакции полимеризации на указанной каталитической системе.
7. Сетчатые полиимиды полимеризационного типа. Получение и отверждение олигомера на основе бис-малеимидодифенилметана и 4,4'-диаминодифенилметана. Применение термореактивных полиимидов.
8. Приведите реакции образования и отверждения эпоксидных олигомеров, а также побочные реакции, сопровождающие образование эпоксидных олигомеров.
9. Различия механизмов направленной и классической полимеризации.
10. Синтез линейных полиимидов ступенчатой полимеризацией диангидридов тетракарбоновых кислот и диаминов на примере полиимида «Картон». Структурные формулы наиболее распространенных мономеров для синтеза ароматических полиимидов. Взаимосвязь структуры мономеров со свойствами линейных полиимидов.

11. Напишите уравнения химической реакции синтеза полиарилатов на основе хлорангидридов изофталевой и терефталевой кислот и фенолфталеина. Какие свойства придают полиарилатам использование в качестве мономеров кардовых бисфенолов?

12. Напишите схему реакций анионно-координационной полимеризации пропилена на катализаторах Циглера-Натта.

13. Напишите схему реакций радикальной сополимеризации тетрафторэтилена с гексафторпропиленом в присутствии пероксида трихлорацетила. Влияние химического строения фторпроизводных непредельных углеводородов на свойства высокомолекулярных соединений.

14. Приведите конфигурации цепи и сопоставьте свойства полиэтилена низкой плотности или высокого давления, линейного полиэтилена низкой плотности, полиэтилена высокой плотности. Надмолекулярная структура и свойства различных видов полиэтилена.

15. Приведите структурные формулы полидентантных аминосодержащих лигандов, используемых в направленной «живой» радикальной полимеризации.

16. Напишите реакции, лежащие в основе различных методов направленной радикальной полимеризации: NMP, ATRP, RAFT, ITP.

17. Напишите схемы направленного синтеза полиизобутиленов с концевым функционалом, высокой реакционной способностью, звездообразных и блок-сополимеров.

18. Кинетика «живой» анионной полимеризации непредельных ароматических углеводородов в полярных и неполярных растворителях.

19. Напишите схемы реакций направленной катионной полимеризации стирола и его производных.

20. Напишите схемы направленного синтеза функционализированных и звездообразных полимеров стирола и его производных.

21. Приведите схему направленного синтеза поли(алкоксистирол)а с концевым функционалом.

22. Напишите схемы реакций направленной анионной полимеризации (мет)акрилатов. Побочные реакции и выбор инициатора. Полимеризация в присутствии лигандов.

23. Напишите схемы реакций синтеза линейных и сшитых сополимеров акриламида с солями акриловой, метакриловой и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислот. Влияние структуры, химического строения и соотношения звеньев в сополимерах акриламида на свойства и применение.

24. Приведите схему промышленной полимеризации гексафторпропиленоксида и укажите её недостатки. Направленная анионная полимеризация гексафторпропиленоксида с фторидами щелочных металлов.

25. Напишите структурные формулы мономеров, полимеризующихся с раскрытием цикла. Побочные реакции внутри- и межмолекулярной переектерификации.

26. Напишите схему реакций направленного синтеза линейного полиэтилена низкой плотности на металлоценовых катализаторах.

27. Напишите схему синтеза поликапроамида анионной полимеризацией ϵ -капролактама.

28. Приведите структурные формулы мономеров и схемы реакций синтеза полиуретанов. Эластичные полиуретаны линейного строения и жесткие полиуретаны сетчатого строения.

29. Напишите уравнения химических реакций каталитического отверждения эпоксидных олигомеров.

30. Влияние химической природы мономеров и отвердителей, структуры макромолекул в синтезе эпоксидных полимеров с заданными свойствами.

31. Напишите схемы реакций синтеза гетероцепных сложных полиэфиров гомополиконденсацией гидроксикислот, гетерополиконденсацией дикарбоновых кислот и их хлорангидридов с двухатомными спиртами.

32. Приведите схемы реакций синтеза поликарбонатов и полиарилатов. Проведите анализ влияния химического строения мономеров и способа синтеза на свойства и применение сложных полиэфиров.

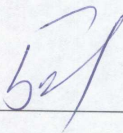
33. Напишите уравнения реакций синтеза полибензимидазолов и полибензоксазолов. Проведите анализ свойств и применения этих полигетероциклоцепных полимеров в зависимости от химического строения высокомолекулярных соединений.

34. Напишите уравнения реакций синтеза поли-1,3,4-оксадиазолов и полибензоиленибензимидазолов. Проведите анализ свойств и применения этих полигетероциклоцепных полимеров в зависимости от химического строения высокомолекулярных соединений.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой
высокомолекулярных соединений
кандидат химических наук



А.С. Боковец

19.06.2025

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на ____/____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
