

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета



А.Д.Король

27 июня 2025 г.

Регистрационный № 3116/м.

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРОВ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

7-06-0531-01 Химия

Профилизация: Химический дизайн новых материалов

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-06-0531-01-2023; учебного плана № М44-5.5-42/уч. от 23.05.2025.

СОСТАВИТЕЛЬ:

М.В.Шишонак, профессор кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

А.В.Бильдюкевич, директор Государственного научного учреждения «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси», доктор химических наук, академик НАН Беларуси.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

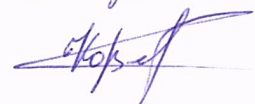
Кафедрой высокомолекулярных соединений БГУ
(протокол № 13 от 19.06.2025);

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

Заведующий кафедрой



А.С.Боковец

Т. В. Коваленко-Рабинкина


ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – приобретение знаний по модификации полимеров.

Задачи учебной дисциплины:

- 1) познание механизмов структурной модификации;
- 2) познание механизмов химической модификации;
- 3) познание структуры, свойств и практической значимости модифицированных полимеров.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с углубленным высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Направленный органический синтез» компонента учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.: «Высокомолекулярные соединения», «Актуальные тенденции развития химии», «Природные и синтетические молекулярные машины», «Современные полимерные материалы», «Полимерные материалы медицинского назначения», «Современная биохимия лекарственных средств».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Модификация полимеров» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Специализированные компетенции:

Осуществлять функционализацию органических молекул на основании теоретических знаний о связи между химическим составом, пространственной структурой и свойствами.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- механизмы конформационных переходов полимерных цепей;
- механизмы изменения морфологии полимеров;
- механизмы декристаллизации и рекристаллизации полимеров;
- механизмы полиморфных переходов полимеров;
- механизмы релаксационных переходов полимеров;
- механизмы химических реакций полимеров;
- закономерности модификации полимеров с целью направленного изменения эксплуатационных свойств полимерных материалов;

уметь:

- практически использовать знания о модификации полимеров в научной, педагогической и производственной деятельности;

иметь навыки:

- модификации и исследования полимеров.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается во 2 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Модификация полимеров» отведено для **очной формы** получения высшего образования – 108 часов, в том числе 36 аудиторных часа, лекции – 24 часа, семинарские занятия – 12 часов. **Из них:**

Лекции – 12 часов + 12 часов (ДОТ), семинарские занятия – 6 часов + 2 часа (ДОТ), управляемая самостоятельная работа (УСР) – 4 часа (ДОТ).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Структурная модификация

Тема 1.1. Конформационные переходы

Переходы клубок $\leftrightarrow$ стержень.

Переходы стержень $\leftrightarrow$ глобула.

Переходы клубок $\leftrightarrow$ глобула и стержень $\leftrightarrow$ складчатая цепь.

Превращение тепловой энергии в механическую работу.

Конформационные переходы биополимеров и их аналогов. Концепция Урри.

Изотермическое превращение химической энергии в механическую работу.

Тема 1.2 Морфологические переходы

Переходы изотропная морфология $\rightarrow$ анизотропная морфология. Практическая значимость ориентации.

Способы и механизмы ориентации полимеров. Ориентация в жидкокристаллическом состоянии. Модификация полимера в расплаве. Ориентационная кристаллизация. Модификация полимера в растворе. Модификация полимера в твердом состоянии. Модификация электропроводящих полимеров.

Структурная неоднородность полимеров. Регистрация ориентированной структуры. Аксиальная текстура. Плоскостная текстура. Количественные параметры ориентации.

Ориентация в адсорбционно-активной жидкости. Создание фибриллярно-пористой морфологии. Крейзинг.

Переходы фибриллярная морфология $\rightarrow$ микрокристаллическая морфология. Выделение микрокристаллов. Микрокристаллическая структура.

Практическая значимость модификации морфологической структуры.

Тема 1.3. Фазовые переходы

Аморфизация. Способы и механизмы аморфизации полимеров. Прикладное значение аморфизации.

Полиморфные переходы. Способы и механизмы.

Сочетание полиморфных и морфологических переходов.

Практическая значимость модификации фазовой структуры.

Тема 1.4. Релаксационные переходы

Задачи пластификации. Физико-химическая суть пластификации. Количественные характеристики пластификации.

Классификация процессов пластификации. Естественная пластификация. Искусственная пластификация. Молекулярная пластификация. Внутримолекулярная пластификация. Структурная пластификация.

Практическая значимость релаксационных переходов.

Раздел 2 Химическая модификация

Тема 2.1 Активация полимеров

Доступность структуры полимеров.

Способы и механизмы активации полимеров.

Активация посредством межкристаллитного набухания. Развитие капиллярно-пористой системы. Расстекловывание.

Активация в процессах ацилирования. Количественные характеристики продуктов химической модификации.

Активация посредством ограниченного внутрикристаллитного набухания.

Активация посредством образования соединений включения.

Активация посредством неограниченного набухания.

Гомогенное хлорирование. Гомогенная переэтерификация. Гомогенная этерификация. Гомогенное карбанилирование. Гомогенное алкилирование.

Тема 2.2 Модификация в процессе полимеризации

Классификация процессов полимеризации.

Контролируемый синтез, структура, свойства и применение сверхразветвленных полимеров — дендримеров. Ступенчатая полимеризация. Структура и свойства дендримеров. Получение нанокомпозитов с дендримерной матрицей.

Модификация в процессе привитой сополимеризации. Прививка линейных цепей. Прививка сверхразветвленных цепей.

Модификация в процессе блоксополимеризации.

Модификация в процессе получения нанокомпозитов.

Практическая значимость модификации в процессе синтеза.

Тема 2.3 Межмакромолекулярные реакции

Сшивание. Значимость перехода линейная цепь → сетка. Классификация процессов сшивания. Вулканизация. Структура вулканизатов. Свойства вулканизатов.

Интерполимерные реакции с образованием ковалентных сшивок.

Интерполимерное комплексообразование.

Тема 2.4 Применение макромолекулярных ансамблей

Связывание дисперсных материалов. Ликвидация последствий техногенных аварий. Использование полимерных отходов. Повышение плодородия почв. Аккумуляирование наночастиц.

Флокуляция.

Модификация мембран.

Получение нанокомпозитов с интерполимерной матрицей.

Применение полиплексов и дендриплексов.

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	Структурная модификация							
1.1	Конформационные переходы	2 + 2 (ДОТ)						
1.2	Морфологические переходы	2 + 2 (ДОТ)						
1.3	Фазовые переходы	2 + 2 (ДОТ)		2				доклад
1.4	Релаксационные переходы	2 + 2 (ДОТ)						
2	Химическая модификация							
2.1	Активация полимеров	2 (ДОТ)						
2.2	Модификация в процессе полимеризации	2		2 (ДОТ)			2 (ДОТ)	открытое эвристическое задание
2.3	Межмакромолекулярные реакции	2 (ДОТ)		2			2 (ДОТ)	открытое эвристическое задание

2.4	Применение макромолекулярных ансамблей	2		2				доклад
		24		8			4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Шишонок, М. В. Модификация полимеров : учебник для студентов учреждений высшего образования по группе специальностей "Химия" и специальностям "Производство изделий из композиционных материалов", "Производство и переработка полимерных материалов" / М. В. Шишонок. — Минск : Адукацыя і выхаванне, 2024. — 328 с.
2. Шишонок, М. В. Химия высокомолекулярных соединений : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по химическим и химико-технологическим специальностям / М. В. Шишонок. — Минск : Вышэйшая школа, 2021. — 624 с.

Дополнительная литература

1. Шишонок, М. В. Анализ патентов в преподавании естественно-научных дисциплин // Университетский педагогический журнал. — 2023. — № 2. — С. 18–25. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/308648>
2. Шишонок, М. В. Опыт организации и проведения интернет-занятий эвристического типа / ©2023 Межвузовский портал. Методология, содержание, практика креативного образования. <https://didact.bsu.by/item/razrabotkachichonok>
3. Шишонок, М. В. Творческие задания по анализу патентной литературы в преподавании естественнонаучных дисциплин / ©2019 Межвузовский портал. Методология, содержание, практика креативного образования. http://didact.bsu.by/item/Shishonok_article

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущей аттестации: открытое эвристическое задание в виде составления аналитического обзора современного патента; доклад по результатам анализа патента.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Модификация полимеров» учебным планом предусмотрен экзамен.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты,

определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- открытое эвристическое задание - 50 %;
- доклад - 50 %.

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 2.2. Модификация в процессе полимеризации (2 ДОТ)

Составить обзор современного патента «Swellable and structurally homogenous hydrogels and methods of use thereof» (2025 г.) по алгоритму, опубликованному в «Университетском педагогическом журнале» [1], а также на Межвузовском портале «Методология, содержание, практика креативного образования»: <https://didact.bsu.by/item/razrabotkachichonok> [2] и http://didact.bsu.by/item/Shishonok_article [3].

Форма контроля — открытое эвристическое задание, доклад.

Тема 2.3. Межмакромолекулярные реакции (2 ДОТ)

Составить обзор современного патента «Crosslinked rubber» (2021 г.) (по алгоритму, опубликованному в «Университетском педагогическом журнале» [1], а также на Межвузовском портале «Методология, содержание, практика креативного образования»: <https://didact.bsu.by/item/razrabotkachichonok> [2] и http://didact.bsu.by/item/Shishonok_article [3].

Форма контроля — открытое эвристическое задание.

Примерная тематика семинарских занятий

1. Использование фазовых переходов полимеров в современных технологиях.
2. Клик-реакции в современных технических решениях.
3. Получение и применение макромолекулярных ансамблей.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *эвристический подход*, который предполагает:

- осуществление студентами лично-значимых открытий окружающего мира;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;

- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

При организации образовательного процесса используются также **методы и приемы развития критического мышления**, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для организации самостоятельной работы рекомендуется использовать современные информационные ресурсы:

- печатные и электронные учебники, учебные пособия, представленные в библиотеке химического факультета БГУ, в том числе рекомендованные в списках основной и дополнительной литературы;
- учебно-методические материалы, электронные информационные ресурсы, размещенные на образовательном портале БГУ <https://educhem.bsu.by/course/view.php?id=94> и Межвузовском портале «Методология, содержание, практика креативного образования» https://didact.bsu.by/item/Shishonok_article

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Принципы управления конформационными переходами полимерных цепей. Примеры использования конформационных переходов полимерных цепей в современных технологиях.
2. Фазовые переходы. Аморфизация полимеров: способы и механизмы процессов.
3. Полиморфные переходы: способы и механизмы процессов.
4. Использование фазовых и полиморфных переходов в современных технологиях.
5. Морфологические переходы. Аксиальная и плоскостная текстура. Способы и механизмы ориентации полимеров. Ориентация в твердом и жидком состояниях.
6. Ориентация в процессе синтеза.
7. Ориентация в адсорбционно-активной жидкости.
8. Создание микрокристаллической структуры. Использование модификации морфологии в современных технологиях.
9. Релаксационные переходы. Способы и механизмы. Использование релаксационных переходов в современных технологиях.
10. Активация полимеров. Способы и механизмы.
11. Модификация в процессе полимеризации. Синтез дендримеров. Структура, свойства и применение дендримеров.
12. Использование полимераналогичных реакций в современных технологиях.

13. Клик-реакции в модификации полимеров.
14. Модификация в процессе привитой сополимеризации. Прививка линейных цепей.
15. Прививка сверхразветвленных цепей.
16. Модификация в процессе блоксополимеризации.
17. Модификация в процессе получения нанокомпозитов.
18. Межмакромолекулярные реакции. Сшивание.
19. Интерполимерные реакции с образованием ковалентных сшивок.
20. Интерполимерное комплексообразование. Механизм реакций комплексообразования.
21. Номенклатура макромолекулярных ансамблей. Полимер-полимерные комплексы (номенклатура, классификация, структура, свойства, применение).
22. Полиплексы. Дендриплексы. Полимер-коллоидные комплексы.
23. Межмакромолекулярные реакции как способы направленной модификации полимеров и создания новых материалов, пригодных для решения медицинских, биотехнологических и агротехнологических задач, а также экологических проблем.

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)
Полимерные материалы медицинского назначения	Кафедра высокомолекулярных соединений	Предложения отсутствуют	Рекомендовать к утверждению учебную программу (протокол № 13 от 19.06.2025)

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
