

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
Учебно-методическое объединение по педагогическому образованию

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра  
образования Республики Беларусь  
\_\_\_\_\_ А.Г.Баханович

\_\_\_\_\_

Регистрационный № \_\_\_\_\_

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЕЩЕСТВ**

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине  
для специальности  
6-05-0113-03 Природоведческое образование (биология и химия)**

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель учебно-методического  
объединения по педагогическому  
образованию

\_\_\_\_\_ А.И.Жук

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
профессионального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ С.Н.Пищов

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
общего среднего и дошкольного  
образования Министерства  
образования Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ М.С.Киндиренко

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Проректор по научно-методической  
работе Государственного  
учреждения образования  
«Республиканский институт высшей  
школы»

\_\_\_\_\_ И.В.Титович

\_\_\_\_\_

Эксперт-нормоконтролер

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Е.Н.Мицкевич, старший преподаватель кафедры химии и методики преподавания химии факультета естествознания учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра физической, коллоидной и аналитической химии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 9 от 20.03.2025);

Ф.Ф.Ляхвич, доцент кафедры общей химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат химических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:**

Кафедрой химии и методики преподавания химии факультета естествознания учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка» (протокол № 9 от 28.03.2025);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка» (протокол № 4 от 15.04.2025);

Научно-методическим советом по природоведческому образованию учебно-методического объединения по педагогическому образованию (протокол № 5 от 23.04.2025)

Ответственный за редакцию: Е.Н.Мицкевич

Ответственный за выпуск: Е.Н.Мицкевич

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Современные методы получения веществ» разработана для учреждений высшего образования в соответствии с требованиями образовательного стандарта общего высшего образования по специальности 6-05-0113-03 «Природоведческое образование (биология и химия)» и учебного плана по указанной специальности.

Материал учебной дисциплины «Современные методы получения веществ» представляет собой интеграцию знаний и умений, полученных студентами при изучении свойств неорганических и органических веществ, методов анализа химических веществ, физико-химических закономерностей протекания химических процессов. Учебная дисциплина предусматривает в первую очередь систематическое рассмотрение методов синтеза химических веществ, роль препаративной химии в жизни человека.

**Целью** изучения учебной дисциплины является формирование у студентов системы химических знаний и практических умений в области синтеза химических соединений и развитие навыков синтетического мышления, целостного представления о применении химической термодинамики и кинетики в химическом синтезе.

**Задачи** учебной дисциплины:

- освоение студентами основными принципами планирования химического синтеза;
- систематическое изучение методов синтеза химических соединений;
- овладение методологией синтеза химических веществ;
- формирование навыка осуществления препаративных многостадийных синтезов химических соединений;
- закрепление навыков определения строения и физико-химических характеристик синтезированных соединений.

Учебная дисциплина «Современные методы получения веществ» опирается на знания, умения и навыки, приобретенные обучающимися при изучении учебных дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Основы химии полимеров», а также учебных дисциплин компонента учреждения образования «Физическая химия», «Коллоидная химия». Является базой для изучения учебных дисциплин «Общая химическая технология», «Зеленая химия» и «Организация научно-исследовательской деятельности».

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

**знать:**

- физико-химические основы протекания химических процессов;
- типологию и методологию химического синтеза;
- методы синтеза основных классов неорганических соединений;
- методы синтеза основных классов органических соединений, включая реакции построения углеродного скелета и его функционализации;
- общие принципы и основные методы разделения и очистки веществ;

**уметь:**

- проводить ретросинтетический анализ;
- решать типовые расчетные задачи на применение основных закономерностей протекания реакций;
- планировать и осуществлять многостадийный синтез;
- проводить выделение и очистку промежуточных и целевых продуктов;
- использовать данные физико-химических методов исследования для идентификации полученных веществ;
- применять знания о физических и химических свойствах веществ с целью безопасной постановки химического эксперимента;

**иметь навыки:**

- поиска, обобщения и анализа информации в области химического синтеза при работе с учебной и научной литературой;
- планирования и проведения эксперимента по химическому синтезу;
- применения основных приемов физико-химических методов анализа для идентификации синтезированных веществ;
- разделения и очистки химических соединений;
- использования химической посуды и лабораторного оборудования;
- применения на практике правил безопасной работы в химической лаборатории.

Изучение учебной дисциплины «Биологическая химия» направлено на формирование у студентов **базовой профессиональной компетенции:** владеть классическими разделами химических дисциплин для осуществления учебно-исследовательской деятельности.

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Современные методы получения веществ» рассчитана на 108 учебных часов, из них аудиторных – 58 часов. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 16 часов, практические занятия – 12 часов; семинарские занятия – 10 часов, лабораторные занятия – 20 часов.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№	Наименование темы	Всего аудиторных часов	Из них			
			лекции	практические	семинарские	лабораторные
1.	Введение. Предмет и задачи химического синтеза	4	2	2		
2.	Неорганический синтез с участием газов	8	2	2		4
3.	Неорганический синтез в растворах и расплавах	10	2	4		4
4.	Синтез координационных соединений	8	2	2		4
5.	Методология органического синтеза	6	2	2	2	
6.	Методы построения углеродного скелета	4	2		2	
7.	Методы функционализации и перефункционализации	10	2		4	4
8.	Актуальные направления и тенденции современного химического синтеза	8	2		2	4
	<b>Всего:</b>	<b>58</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>20</b>

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Введение. Предмет и задачи химического синтеза**

Основные понятия. Место синтеза в общей системе химических знаний. Цели и задачи химического синтеза. Лабораторный, промышленный и природный (абиотический и биологический) химический синтез. Предсказание результатов химического синтеза. Термодинамические и кинетические критерии определения направления химической реакции. Термодинамический и кинетический контроль. Критерии эффективности схемы синтеза: выход, селективность, время, стоимость, экологичность, безопасность и т.д.

Химический синтез в неживой природе. Геохимические процессы синтеза минералов. Понятие о пребиотической химической эволюции. Экспериментальное моделирование абиотического синтеза органических веществ (исследования Миллера, Ора и т.д.).

Биологический синтез. Особенности условий химического синтеза в живых организмах. Практическое использование направленного биосинтеза в фармацевтической и пищевой промышленности.

Сравнение промышленных и лабораторных методов синтеза. Критерии выбора эффективного промышленного синтетического метода.

Методы идентификации веществ. Критерии индивидуальности химического вещества. Идентификация по составу и структуре: химические, физические и физико-химические методы определения элементного состава, методы определения химического строения и кристаллической структуры вещества. Идентификация по свойствам: количественные физико-химические и спектральные характеристики индивидуальности вещества, исследование химических свойств и продуктов превращений. Встречный синтез как метод идентификации.

Методы лабораторной техники, выделения и очистки веществ. Очистка и сушка газов. Выделение веществ из раствора: перегонка (дистилляция), кристаллизация, высаливание, экстракция. Методы отделения осадков. Препаративная хроматография: принципы подбора. Высушивание растворителей и продуктов реакции, вещества-осушители и их свойства. Вымораживание. Методы тонкой очистки твердых веществ: сублимация, зонная плавка. Электрохимическое рафинирование металлов. Методы высушивания твердых веществ.

### **Тема 2. Неорганический синтез с участием газов**

Факторы, которые влияют на направление и скорость реакций с участием газов. Неорганический синтез в газовой фазе и гетерогенных системах с участием газов. Основные представления о технике работы с газами. Синтезы в газовой фазе. Гетерогенные синтезы с участием газов: синтез оксидов, галогенидов, гидридов и других бинарных соединений.

Понятие о транспортных химических реакциях. Физико-химические основы и технологические особенности промышленного синтеза аммиака.

### **Тема 3. Неорганический синтез в растворах и расплавах**

Общие закономерности реакций и типы равновесий в водных растворах. Химическое и электрохимическое восстановление металлов в водной среде. Электролиз как метод получения неметаллов. Получение оснований, кислот, и солей: методы, основанные на обменных и окислительно-восстановительных реакциях. Зависимость окислительно-восстановительных свойств веществ от рН и ее применение в синтезе.

Гидролиз как важный побочный процесс при синтезах в водных растворах, способы его подавления. Методы синтеза, основанные на гидролизе. Ионообменные смолы и их применение в синтезе кислот, оснований и солей.

Неорганический синтез в неводных растворах, гелях и расплавах. Неводные растворители, используемые в неорганическом синтезе. Синтез неорганических веществ в неводных растворах. Особенности процессов химического синтеза в гелях. Гель-синтез монокристаллов труднорастворимых веществ. Термодинамические и кинетические особенности протекания реакций в расплавах. Синтез металлов, неметаллов, бинарных и многоэлементных веществ в расплавах. Получение аморфных фаз. Особенности техники работы при электролизе расплавов.

### **Тема 4. Синтез координационных соединений**

Классификация методов синтеза. Устойчивость координационных соединений в растворах. Стабилизация неустойчивых степеней окисления за счет координации. Реакции замещения лигандов, окисление и восстановление комплексообразователей и лигандов. Термические превращения координационных соединений. Понятие о темплатном синтезе.

### **Тема 5. Методология органического синтеза**

Общие закономерности органического синтеза. Механизмы разрыва и образования химической связи: гомолитический, гетеролитический, перициклический. Типы реагентов: радикалы, нуклеофилы, электрофилы. Карбены и их аналоги.

Понятия «органическая реакция» и «синтетический метод». Требования к синтетическому методу: общий характер, селективность, препаративное удобство. Виды селективности: субстрато- и продуктоселективность; хемо-, регио-, диастерео- и энантиоселективность.

Стратегия и тактика органического синтеза. Линейный и конвергентный подход. Этапы органического синтеза: планирование сборки целевой структуры, построение углеродного скелета, введение и трансформация функциональных групп. Уровни окисления, изогипсические и неизогипсические трансформации. Защита функциональных групп, требования к соответствующим группам и реагентам.

Ретросинтетический анализ. Понятия «трансформ», «ретрон», «синтон», «синтетический эквивалент». Выбор стратегической связи (связей) при ретросинтетическом анализе. Критерии отбора синтетических эквивалентов.

Важнейшие одно-, двух- и трехуглеродные синтоны, соответствующие им синтетические эквиваленты. Понятие о компьютерном планировании органического синтеза. Молекулярный дизайн. Структурно- и функционально-ориентированный дизайн.

### **Тема 6. Методы построения углеродного скелета**

Методы образования углерод-углеродной связи.

Радикалы и их синтетические эквиваленты. Факторы, способствующие стабилизации свободных радикалов. Вещества-инициаторы радикальных реакций. Димеризация радикальных интермедиатов как синтетический метод. Присоединение алкильных и ацильных радикалов по кратным связям. Кетильные радикалы в органическом синтезе.

Карбокатионы и их синтетические эквиваленты. Методы генерации карбокатионов. Ацилий-катионы. Соли диазония и их применение в синтезе. Реакции карбокатионов по кратным связям и ароматическим системам.

Карбанионы и их синтетические эквиваленты – металлоорганические реагенты: литийорганические соединения, реактивы Гриньяра, купратные реагенты, органические производные d-металлов. Реакции ацетиленидов металлов. Образование углерод-углеродной связи при катализе комплексами палладия.

Карбены и их синтетические эквиваленты. Особенности строения и реакционной способности карбенов. Методы генерации карбенов.

Методы построения карбоциклических систем. Реакция Кулинковича как общий метод построения циклопропановых систем. Методы получения эпоксидов. Методы построения четырехчленных циклов: реакции термического и фотохимического циклоделения. Получение циклопентанов и циклогексанов: внутримолекулярная циклизация карбанионов и их эквивалентов, реакции циклоприсоединения [2+3]. Реакция Дильса-Альдера.

Методы получения важнейших гетероциклических систем: производных пиррола, фурана, тиофена, пиридина, индола. Синтез пиримидинов и пуринов. Понятие о реакциях 1,3-диполярного циклоприсоединения.

Взаимопревращения циклических соединений. Реакции расширения и сужения карбо- и гетероциклов. Реакции рециклизации.

### **Тема 7. Методы функционализации и перефункционализации**

Методы получения алканов, основанные на восстановлении непредельных углеводородов; карбонильных соединений и спиртов. Деструктивные и конструктивно-деструктивные методы синтеза алканов и циклоалканов: декарбоксилирование кислот и их солей, электролиз карбоксилатов и др.

Методы генерации углерод-углеродных кратных связей реакциями элиминирования, восстановления, возобновляемого элиминирования. Хемо-, регио- и стереоселективность элиминирования и восстановления. Методы получения ароматических систем.

Методы введения галогенов. Галогенирование органических соединений: радикальное, электрофильное, нуклеофильное. Реакции присоединения, замещения водорода, галогенов и функциональных групп.

Методы генерации гидроксильной группы: каталитическое окисление алканов и алкиларенов, дигидроксилирование и аллильное окисление алкенов, восстановление карбонильных соединений и производных карбоновых кислот, замещение электроотрицательных групп. Использование конструктивных реакций в синтезе спиртов. Регио- и стереоселективные введения гидроксогрупп. Защитные группы для гидроксильных функций.

Методы введения нитрогруппы в органические соединения: нитрование углеводородов, нуклеофильное замещение электроотрицательных групп. Амбидентность нитрит-иона. Методы получения аминогрупп: реакции восстановления азотистых соединений, замещение других функциональных групп, нуклеофильное дегидроаминирование, комбинированные методы. Методы кватернизации атомов азота. Защитные группы для первичных, вторичных и третичных аминов. Получение азокрасителей.

Методы получения альдегидов и кетонов: окислительные, восстановительные, основанные на реакциях замещения. Реагенты для хемо- и региоселективного получения карбонильных соединений. Получение карбоновых кислот и их производных: сложных эфиров, ангидридов, хлорангидридов, амидов и т.д. Защита карбонильных и карбоксильных групп.

## **Тема 8. Актуальные направления и тенденции современного химического синтеза**

Современные методы активации химических реакций. Синтез при высоком давлении. Понятие о самораспространяющемся высокотемпературном синтезе. Гидротермальный и ионотермальный синтез и его закономерности. Механохимический (трибохимический) синтез. Синтез при ультразвуковом воздействии (сонохимические реакции). Криохимический синтез. Фото-, лазеро- и радиохимический синтез. Особенности взаимодействия микроволнового излучения с веществом. Микроволновый синтез и области его применения.

Синтез в необычных состояниях вещества и средах. Синтез в мультифазных системах: применение катализаторов межфазного переноса и краун-эфиров. Синтез в коллоидных и жидкокристаллических системах. Сверхкритическое состояние вещества. Применение сверхкритических флюидов в качестве реакционной среды и для экстракции продуктов реакции. Понятие о синтезе в плазме. Химический синтез на твердом носителе. Принципы «зеленой химии» и их практическое воплощение в современном химическом синтезе. Химические реакции без растворителя. Ионные жидкости и глубокие эвтектики, их применение в синтезе неорганических и органических веществ.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### Основная литература

1. Неорганический синтез : учебное пособие для студ. высш. образования по группе специальностей «Химия» / Д. В. Свиридов, Е. И. Василевская, Н. В. Логинова [и др.]. – Минск : РИВШ, 2024. – 310 с.
2. Органическая химия. Практикум / Н. А. Ильина [и др.]; БГУ. – Минск : БГУ, 2023. – 119 с.
3. Смит, В. А. Основы современного органического синтеза / В. А. Смит, А. Д. Дильман. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2024. – 753 с.

#### Дополнительная литература

1. Елисеев, С. Ю. Общая и неорганическая химия. Введение в эксперимент / С. Ю. Елисеев, Е. Н. Мицкевич. – Минск : БГПУ, 2020. – 195 с.
2. Лабораторные работы по органической химии : учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1-310501 «Химия (по направлениям)», 1-310502 «Химия лекарственных соединений», 1-310503 «Химия высоких энергий», 1-310504 «Фундаментальная химия» : в 2 ч. / [Н. А. Ильина и др.] ; БГУ. – Минск : БГУ, 2020. – 2 ч.
3. Органическая химия : практикум / Г. Э. Атрахимович [и др.] ; М-во здравоохранения Республики Беларусь, БГМУ, Кафедра общей химии. – 11-е изд. – Минск : БГМУ, 2024. – 127 с.
4. Практикум по органической химии : учебное пособие / В. И. Теренин, М. В. Ливанцов, Л. И. Ливанцова [и др.]. – 6-е изд. (эл.). – М. : Лаборатория знаний, 2025. – 571 с.
5. Степанова, Н. А. Химический синтез и технология с основами химии окружающей среды : методические рекомендации к лабораторным работам / Н. А. Степанова. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2016. – 54 с.
6. Титце, Л. Ф. Препаративная органическая химия : реакции и синтезы в практикуме органической химии и научно-исследовательской лаборатории / Л. Титце, Т. Айхер ; пер. с нем. К. В. Аванесян [и др.] под ред. Ю. Е. Алексева. – Москва : Мир, 2013. – 704 с.

## **РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ФОРМЫ И МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ**

Основными формами обучения, отвечающими целям учебной дисциплины, являются: лекции, практические, семинарские и лабораторные занятия, групповые и индивидуальные консультации.

Основными методами обучения, отвечающими целям учебной дисциплины, являются: словесные (лекция, беседа, дискуссия); наглядные (демонстрации, иллюстрации); проблемного обучения (проблемное изложение, частично-поисковый и исследовательский); интерактивные (метод проектов, моделирование фрагментов уроков биологии и химии, ситуационные задачи); практические (химический эксперимент, работа с литературой и электронными средствами обучения).

## **ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ**

Для контроля качества усвоения знаний и диагностики компетенций студентов по учебной дисциплине «Современные методы получения веществ» рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный опрос;
- защита лабораторных работ;
- тестовый контроль;
- подготовка рефератов;
- рейтинговые контрольные работы;
- экзамен по дисциплине.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Самостоятельная работа по учебной дисциплине «Современные методы получения веществ» направлена на обобщение теоретического материала, изученного на лекциях и формирование у студентов умений работать с учебной и научной литературой, а также на освоение методики решения задач, что является необходимым навыком в будущей профессиональной деятельности учителя.

Работа преподавателя заключается в обучении студентов способам самостоятельной учебной деятельности и в формировании у них соответствующих умений и навыков; в определении тем и вопросов в содержании учебного материала для самостоятельного изучения студентами по учебным пособиям; в проведении контроля выполнения заданий самостоятельной работы студентов.

Научно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов включает:

- учебную, справочную, методическую, иную литературу и ее перечень;
- учебно-методические комплексы, в том числе электронные;

- доступ для каждого обучающегося к библиотечным фондам, электронным средствам обучения, электронным информационным ресурсам (локального доступа, удаленного доступа) по учебной дисциплине;
- фонды оценочных средств: типовые задания, контрольные работы, тесты, алгоритмы выполнения заданий, примеры решения задач, тестовые задания для самопроверки и самоконтроля, тематика рефератов.

Самостоятельная работа обучающихся предполагает:

- проработку вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение и конспектирование учебной литературы;
- освоение методики решения задач различных типов, оформление рабочей тетради;
- выполнение практических заданий;
- подготовку к практическим, семинарским занятиям и рейтинговым контрольным работам;
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников;
- подготовку сообщений, тематических докладов, рефератов, презентаций.