

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король



27 июня 2025 г.

Регистрационный № 3264/м.

АКТУАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ХИМИИ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

7-06-0531-01 Химия

Профилизации: Хемоинформатика, Химический дизайн новых материалов

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-06-0531-01-2023, учебных планов № М 44-5.5-42/уч. и № М 44с-5.5-43/уч. от 23.05.2025.

СОСТАВИТЕЛИ:

Т.В.Ковальчук-Рабчинская, заместитель декана по учебной работе и образовательным инновациям химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;

Д.В.Свиридов, заведующий кафедрой физической химии и электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, член-корр. НАН Беларуси, профессор;

Т.А.Савицкая, профессор кафедры физической химии и электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

Т.Н.Воробьёва, профессор кафедры неорганической химии химического факультета Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

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

Е.А.Стрельцов, заведующий кафедрой физической химии и электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Д.Д.Гриншпан, заведующий лабораторией целлюлозы и продуктов ее переработки Учреждения БГУ «НИИ физико-химических проблем», доктор химических наук, профессор;

А.И.Кулак, директор ИОНХ НАН Беларуси, академик НАН Беларуси, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической химии БГУ
(протокол № 10 от 06.06.2025)

Кафедрой физической химии и электрохимии БГУ
(протокол № 15 от 19.06.2025)

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

Заведующий кафедрой
неорганической химии

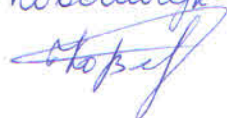


Д.В.Свиридов

Заведующий кафедрой физической химии
и электрохимии



Е.А.Стрельцов

Т.В.Ковальчук-Рабчинская


ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – сформировать у магистрантов углубленное представление об актуальных направлениях и тенденциях развития современных научных исследований в области химии на базе университетского химического образования.

Задачи учебной дисциплины:

- дать представление о новых научных направлениях химической науки, теоретических основах этих направлений, сформировать полную и ясную картину тенденций и перспектив развития современной химии;
- отразить результаты современных научных исследований, проводимых в ведущих научных центрах мира и Республики Беларусь;
- сформировать интегрированное научное знание, отражающее взаимосвязь между отдельными областями химической науки, базовые знания по которым составили основу общеуниверситетского химического образования.

Курс структурно разделен на пять разделов, которые отражают отдельные темы химии высокомолекулярных соединений, физико-химических методов анализа, электрохимии, «зеленой» химии, радиационной химии, химии твердого тела.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Мега-тренды химической науки XXI века» государственного компонента.

Данная учебная дисциплина связана с учебными дисциплинами «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Высокомолекулярные соединения», «Химия твердого тела» и может быть прочитан после изучения указанных дисциплин.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Актуальные тенденции развития химии» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Универсальные компетенции:

Быть способным к прогнозированию условий реализации профессиональной деятельности и решению профессиональных задач в условиях неопределенности

Углубленные профессиональные компетенции:

Предлагать пути решения задач химического профиля, разрабатывать новые методы синтеза и исследования химических веществ и материалов с учетом требований внедрения в производственную практику инновационных химических материалов и технологий, соответствующих V и VI технологическим укладам

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- современные направления исследований в физической, неорганической химии, химии высокомолекулярных соединений, химии твердого тела;

– термодинамические закономерности и механизмы электросинтеза неорганических и органических соединений, криохимического, сонохимического синтеза, синтеза методами «мягкой» химии;

– химические аспекты создания и использования альтернативных источников энергии, эффективность преобразования одних видов энергии в другие;

– современные научные и практические достижения в области производства полимерных материалов с новыми уникальными свойствами

уметь:

– находить оптимальный путь решения любой научной проблемы, основываясь на теоретическом знании основных направлений развития современной химической науки и анализе мировых достижений в этой области;

– планировать и осуществлять научные исследования в различных областях химии;

– прогнозировать результаты экспериментального исследования и давать оценку полученным данным с точки зрения их научной значимости и перспектив практического использования;

– использовать и совершенствовать методы химического синтеза;

– разрабатывать новые методы исследования химических веществ и материалов;

– находить области практического применения результатов исследований;

– аргументировать новизну, фундаментальность и прикладное значение полученных экспериментальных данных;

– составлять программу профессионального самообразования и организовывать её осуществление

иметь навыки:

– владения методологией анализа современных научных достижений с точки зрения возможности их практического использования;

– выдачи рекомендаций по внедрению современных разработок новых технологических процессов;

– оценки и прогнозирования перспектив развития отдельных областей химической науки;

– проведения экспертизы научно-исследовательских проектов на базе знания основ современной химии и перспектив ее развития.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Актуальные тенденции развития химии» отведено для **очной формы** получения высшего образования – 108 часов, в том числе 36 аудиторных часов, лекции – 28 часов, семинарские занятия – 8 часов. **Из них:**

Профилизация «Химический дизайн новых материалов»:

Лекции – 28 часов, семинарские занятия – 4 часа (ДОТ), управляемая самостоятельная работа (УСР) – 4 часа (внеаудит.).

Профилизация «Хемоинформатика»:

Лекции – 28 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 8 часов (ДОТ).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Современная химия высокомолекулярных соединений

Тема 1.1 Металлополимерные нанокомпозиты с дендримерной матрицей

Синтез, структура и свойства дендримеров. Способы введения металла в дендример. Структура, свойства и применение нанокомпозитов с дендримерной матрицей.

Тема 1.2 Металлополимерные нанокомпозиты с интерполимерной матрицей

Интерполимерное комплексообразование. Структура и свойства полиэлектролитных комплексов — потенциальных матриц нанокомпозитов. Интерполимерная реакция с образованием ковалентных сшивок. Хемосорбция ионов металлов. Структура и свойства тройного комплекса полианион/ ион металла /поликатион. Восстановление ионов металлов. Структура, свойства и применение нанокомпозитов с интерполимерной матрицей.

Тема 1.3 Металлополимерные нанокомпозиты с крейзованной матрицей

Крейзинг. Условия и физико-химическая суть крейзинга. Фазовая и морфологическая структура крейзованных полимеров. Факторы, контролирующие размеры фибрилл и пор крейзованного полимера. Получение нанокомпозитов с крейзованной матрицей. Структура, свойства и применение композитов с крейзованной матрицей.

Тема 1.4 Полимерсиликатные нанокомпозиты

Силикатные наполнители. Модификация силикатных наполнителей. Интеркаляция макромолекул. Эксфолиация. Получение полимерсиликатных нанокомпозитов полимеризацией *in situ*. Получение полимерсиликатных нанокомпозитов добавлением интеркалированного силиката в полимерный расплав.

Тема 1.5 Полимер-углеродные нанокомпозиты

Углеродные наполнители. Способы получения графена, нанорулонов. Получение полимеруглеродных нанокомпозитов полимеризацией *in situ*.

Тема 1.6 Металлоуглеродные нанокомпозиты

Волокнистые нанокомпозиты. Карбонизация полимера и восстановление ионов металла. Пленочные нанокомпозиты с регулярной структурой пор. Тактика создания металлоуглеродных пленок с регулярной структурой пор: полимераналогичные реакции; формование сетчатых пленок; хемосорбция ионов металлов; карбонизация; восстановление ионов металлов.

Раздел 2 Современные подходы к синтезу неорганических веществ и композитных материалов

Тема 2.1 Синтез метастабильных полиморфов методами «мягкой» химии.

Синтетические подходы, лежащие в основе «*soft chemistry*» («мягкой химии»). Особенности протекания и управления процессами фазообразования в водных растворах неорганических полимеров (в частности, оксокислот). Сольвотермический, сонохимический и гидротермальный синтез индивидуальных и смешанных метастабильных кристаллических фаз в виде дисперсных систем, тонких пленок и оболочечных слоев. Перспективы практического применения метастабильных твердых фаз, конкретные примеры их использования.

Тема 2.2 Синтез молекулярно-организованных систем и механизмы их функционирования

Органические мезофазы как среды для проведения химических реакций. Полиэлектролитные моно- и полислои, полиэлектролитные капсулы. Лэнгмюровские пленки. Самоорганизующиеся монослои. Репликация изображений на их основе (химическая литография). Мономолекулярные смазки. Молекулярные цеолиты как катализаторы. Управляемые мембранные каналы.

Раздел 3 Основы электрохимического синтеза и материаловедения

Тема 3.1 Окислительный и восстановительный электросинтез, его особенности и преимущества.

Термодинамическое обоснование фарадеевских процессов. Выбор условий электросинтеза неорганических и органических соединений, электроосаждения твердых веществ. Катодные и анодные материалы, состояние поверхности катодов и анодов при электрохимической поляризации.

Тема 3.2 Фотокатализ и фотосинтез

Фотокатализ и фотосинтез на полупроводниковых электродах. Особенности фотоэлектрохимических процессов при использовании наноразмерных полупроводников. Современные направления развития химических источников тока. Принцип работы металл-ионных батарей.

Раздел 4 Химическое и электрохимическое осаждение металлов из растворов

Тема 4.1. Химическое осаждение пленок металлов из растворов

Используемые окислительно-восстановительные реакции. Типичные восстановители и восстанавливаемые из растворов металлы. Термодинамика процессов. Кинетика реакций химического осаждения из растворов. Способы предотвращения восстановления ионов металлов в объеме растворов. Стабилизация растворов. Проблемы катализа и автокатализа. Активация поверхности подложек с целью осаждения пленок металлов. Фотоселективное осаждение металлов на заданные участки подложки. Условия сплавообразования.

Тема 4.2 Контактное осаждение металлов из растворов

Применение реакций контактного вытеснения (КВ) ионов металлов из растворов. Механизм реакций КВ. Структура металла – продукта восстановления методом КВ. Получение пленок и порошков. Процессы, сопровождающие реакции КВ и влияющие на их скорость, состав и структуру продуктов. Кинетика реакций КВ. Получение сплавов разных типов.

Тема 4.3 Электрохимическое осаждение покрытий из металлов и сплавов

Применение процессов электрохимического осаждения металлов. Количественное описание электролиза. Термодинамика и кинетика процессов. Состав растворов. Требования, предъявляемые к анодам. Состав, структура и физические свойства покрытий. Электрохимическое осаждение сплавов. Условия электрохимического осаждения порошковых металлов. Электрохимическое осаждение металлов из неводных растворов.

Раздел 5 Перспективы развития химии

Тема 5.1 Дорожная карта развития химии на период до 2030 года, составленная председателем ИЮПАК2022/2023 года Х.Г.Мартинесом.

Переход от химии линейных трансформаций к химии повторного использования (циркулярных синтезов). Схема и характеристика современного сектора химической промышленности и прогноз его будущего в интерпретации Директора института зеленой химии и технологии П.Анастаса. 12 принципов зеленой химии. 24 принципа зеленой химии и зеленого инжиниринга. 9 принципов зеленого инжиниринга, принятых в Декларации Сандестина. 12 принципов аналитической зеленой химии.

Тема 5.2 «Зеленая химия»

Определение концепции более чистого производства. Понятие жизненного цикла продукции. Зеленая и устойчивая химия: от тождественности понятий до концептуального различия. Инновации зеленой химии. Новые методы синтеза: новые методы активации, конструкции реакторов. Химия в потоке. Зеленые растворители. Зеленые метрики как критерии эффективности протекания химических реакций. Новая объединенная теория «зелености» и ее математическое выражение. Концепция белой химии.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профилизация «Химический дизайн новых материалов»

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	Современная химия высокомолекулярных соединений							
1.1	Металлополимерные нанокомпозиты с дендримерной матрицей	1						Устный опрос
1.2	Металлополимерные нанокомпозиты с интерполимерной матрицей	1						Устный опрос
1.3	Металлополимерные нанокомпозиты с крейзованной матрицей	1						Устный опрос
1.4	Полимерсиликатные нанокомпозиты	1						Устный опрос
1.5	Полимер-углеродные нанокомпозиты	1						Устный опрос
1.6	Металлоуглеродные нанокомпозиты	1						Устный опрос
2	Современные подходы к синтезу неорганических веществ и композитных материалов							

2.1	Синтез метастабильных полиморфов методами «мягкой» химии.	2					2 (вн.)	Контрольная работа
2.2	Синтез молекулярно-организованных систем и механизмы их функционирования	4						Устный опрос
3	Основы электрохимического синтеза и материаловедения							Устный опрос
3.1	Окислительный и восстановительный электросинтез, его особенности и преимущества.	2					2 (вн.)	Контрольная работа
3.2	Фотокатализ и фотосинтез	2						Устный опрос
4	Химическое и электрохимическое осаждение металлов из растворов							
4.1	Химическое осаждение пленок металлов из растворов	2						Устный опрос
4.2	Контактное осаждение металлов из растворов	2		2 (ДОТ)				Письменный опрос
4.3	Электрохимическое осаждение покрытий из металлов и сплавов	2						Устный опрос
5	Перспективы развития химии							
5.1	Дорожная карта развития химии на период до 2030 года, составленная председателем ИЮПАК2022/2023 года Х.Г.Мартинесом	2						Устный опрос
5.2	«Зеленая химия»	4		2 (ДОТ)				Письменный опрос

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профилизация «Хемоинформатика»

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	Современная химия высокомолекулярных соединений							
1.1	Металлополимерные нанокompозиты с дендримерной матрицей	1						Устный опрос
1.2	Металлополимерные нанокompозиты с интерполимерной матрицей	1						Устный опрос
1.3	Металлополимерные нанокompозиты с крейзованной матрицей	1						Устный опрос
1.4	Полимерсиликатные нанокompозиты	1						Устный опрос
1.5	Полимер-углеродные нанокompозиты	1						Устный опрос
1.6	Металлоуглеродные нанокompозиты	1						Устный опрос

2	Современные подходы к синтезу неорганических веществ и композитных материалов							
2.1	Синтез метастабильных полиморфов методами «мягкой» химии.	2					2 (ДОТ)	Контрольная работа
2.2	Синтез молекулярно-организованных систем и механизмы их функционирования	4						Устный опрос
3	Основы электрохимического синтеза и материаловедения							Устный опрос
3.1	Окислительный и восстановительный электросинтез, его особенности и преимущества.	2					2 (ДОТ)	Контрольная работа
3.2	Фотокатализ и фотосинтез	2						Устный опрос
4	Химическое и электрохимическое осаждение металлов из растворов							
4.1	Химическое осаждение пленок металлов из растворов	2						Устный опрос
4.2	Контактное осаждение металлов из растворов	2					2 (ДОТ)	Письменный опрос
4.3	Электрохимическое осаждение покрытий из металлов и сплавов	2						Устный опрос
5	Перспективы развития химии							
5.1	Дорожная карта развития химии на период до 2030 года, составленная председателем ИЮПАК2022/2023 года Х.Г.Мартинесом	2						Устный опрос
5.2	«Зеленая химия»	4					2 (ДОТ)	Письменный опрос

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Зураев, А.В. Супрамолекулярная химия: учебное пособие / А.В. Зураев. – Мн.: БГУ, 2024. – 175 с.
2. Шишонок, М. В. Модификация полимеров: учебник / М. В. Шишонок: Минск: Адукацыя і выхаванне, 2024. 328 с.
3. Шишонок, М. В. Химия высокомолекулярных соединений: учебное пособие / М. В. Шишонок. Минск: Вышэйшая школа, 2021. 624 с.
4. Green Chemistry : Process Technology and Sustainable Development / Tatsiana Savitskaya [et al.]. - [Singapore] Zhejiang University Press : Springer, 2021. - ix, 149 с.

Дополнительная литература

1. Шишонок, М. В. Современные полимерные материалы: учебное пособие / М. В. Шишонок. Минск: Вышэйшая школа, 2017. 278 с.
2. Стрельцов Е.А. Электрохимия полупроводников : учеб. пособие / Е. А. Стрельцов. – Минск : БГУ, – 2012. – 159 с. – (Классическое университетское издание).
3. Р.А. Андриевский. Наноматериалы: концепция и современные проблемы. // Рос. хим. журнал (ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002. – Т. XL VI, № 2 5. – С. 50–56.
4. И.П.Суздаев Нанотехнологии: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М., 2005.
5. Ю.Д.Третьяков Развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных материалов. //Успехи химии 2004. – Т. 73, № 25. – С. 899–916.
6. Лен, Ж.М. Супрамолекулярная химия // Концепции и перспективы / Ж.М. Лен - Новосибирск. – 1998. – Т. 25. – 334 с.
7. Введение в "зеленую" химию: Беларусь и страны Вышеградской четверки : опорный конспект лекций для студ. спец. "Химия" (по направлениям) / [авт.: Т. А. Савицкая и др.] ; БГУ, Международный Вышеградский Фонд. - 2-е изд., пересмотр. - Минск : Издательский центр БГУ, 2016. - 151 с.
8. Winter, M. What are batteries, fuel cells and supercapacitors / M. Winter, R. Brodd // Chem. Rev. – 2004. – Vol. 104, № 10. – P. 4245–4270.
9. Тырков А. Г. «Зеленая химия». Современные тенденции, возможности и ограничения : учебное пособие / А. Г. Тырков. – Астрахань : Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2020. – 85 с.
10. Andraos, John. Reaction Green Metrics : Problems, Exercises, and Solutions / by John Andraos. - Boca Raton ; London ; New York : CRC Press : Taylor & Francis Group, 2019. - xii, 592 с.

11. Локтева Е.С. Методы реализации процессов «зеленой» химии: учебное пособие / Е.С. Локтева. – М.: Изд-во Триумф, 2021. – 270 с. Указанное издание в фонде ФБ БГУ отсутствует. Рекомендация – перенести указанный источник в перечень дополнительной литературы.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущей аттестации: контрольная работа, устный опрос и письменный опрос.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Актуальные тенденции современной химии» 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:

- ответы на семинарских занятиях – 50 %;
- контрольная работа – 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, профилизация «Химический дизайн новых материалов»

Тема 2.1 Синтез метастабильных полиморфов методами «мягкой» химии (2 ч. вн)

Описать особенности протекания и управления процессами фазообразования в водных растворах неорганических полимеров (в частности, оксокислот).

(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 3.1 Окислительный и восстановительный электросинтез, его особенности и преимущества (2 ч. вн)

Предложить условия протекания электросинтеза заданных веществ, предложить методику получения веществ.

(Форма контроля – контрольная работа).

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы, профилизация «Хемоинформатика»

Тема 2.1 Синтез метастабильных полиморфов методами «мягкой» химии (2 ч., ДОТ)

Описать особенности протекания и управления процессами фазообразования в водных растворах неорганических полимеров (в частности, оксокислот).

(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 3.1 Окислительный и восстановительный электросинтез, его особенности и преимущества (2 ч., ДОТ)

Предложить условия протекания электросинтеза заданных веществ, предложить методику получения веществ.

(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 4.2 Контактное осаждение металлов из растворов (2 ч., ДОТ)

Предложить условия получения пленок и порошков с заданными физико-химическими свойствами.

(Форма контроля – письменная работа).

Тема 5.2 «Зеленая химия» (2 ч., ДОТ)

Основываясь на принципах «Зелёной химии», предложить проект методики новых методов синтеза и условий проведения эксперимента для заданных соединений.

(Форма контроля – письменная работа).

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

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

При организации образовательного процесса используется метод проектного обучения, который предполагает приобретение студентами навыков для решения исследовательских, научных, предпринимательских и коммуникационных задач.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется использовать:

– Образовательный портал химического факультета БГУ (educhem.bsu.by)

- бесплатную поисковую систему по научным публикациям (scholar.doodle.com)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов, конференций
- <https://chemistry.bsu.by/index.php/ru/zelenaya-khimiya> (материалы по зеленой химии)

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Электрохимический синтез сильных окислителей и восстановителей. Выбор электродных потенциалов, плотности тока, состава растворов и электродов.
2. Электрохимическое получение высокоупорядоченных пористых пленок оксидов алюминия и титана. Заполнение пор металлами и полупроводниками. Использование на практике.
3. Принципы функционирования и современные тенденции развития метал-ионных аккумуляторов.
4. Сольвотермический, сонохимический и гидротермальный синтез индивидуальных и смешанных метастабильных полиморфов неорганических веществ.
5. Перспективы практического применения метастабильных твердых фаз, конкретные примеры их использования.
6. Полимерсиликатные нанокompозиты.
7. Полимеруглеродные нанокompозиты.
8. Металлоуглеродные нанокompозиты.
9. Перечислите основные вызовы современности, которые стоят перед химической наукой.
10. Охарактеризуйте «Объединенную теорию зелености» принципов зеленой химии и зеленого инжиниринга.
11. Инновации зеленой химии.
12. Характеристика принципов зеленого инжиниринга, принятых в Декларации Сандестина.
13. Зеленые метрики и примеры их применения.
14. Концепция белой химии.
15. Жизненный цикл продукции.
16. Е-фактор как самая популярная метрика зеленой химии.
17. Металлополимерные нанокompозиты с дендримерной матрицей.
18. Металлополимерные нанокompозиты с интерполимерной матрицей.
19. Металлополимерные нанокompозиты с крейзованной матрицей.
20. Полимерсиликатные нанокompозиты.
21. Полимер-углеродные нанокompозиты.
22. Металлоуглеродные нанокompозиты.
23. Химическое осаждение пленок металлов из растворов.
24. Контактное осаждение металлов из растворов.
25. Электрохимическое осаждение покрытий из металлов и сплавов.

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
неорганической химии
член-корр. НАН Беларуси, профессор



Д.В.Свиридов

06 июня 2025 г.

Заведующий кафедрой физической химии
и электрохимии, д.х.н., профессор



Е.А.Стрельцов

19 июня 2025 г.