

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король



27 июня 2025 г.

Регистрационный № УД-14135/уч.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

1-31 05 03 Химия высоких энергий

1-31 05 04 Фундаментальная химия

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 03-2021 и ОСВО 1-31 05 04-2021 и учебных планов № G-31-1-009/уч., № G-31-1-010/уч. от 25.05.2021 и № G-31-1-236/уч, № G-31-1-237/уч. от 23.03.2022

СОСТАВИТЕЛИ:

Д.В.Свиридов, заведующий кафедрой неорганической химии химического факультета Белорусского государственного университета, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И.Кулак, директор Института общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси, доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси;

В.Б.Оджаев, заведующий кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники физического факультета Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

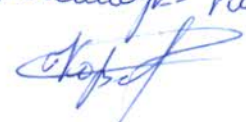
Кафедрой неорганической химии БГУ
(протокол № 10 от 06.06.2025);

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

Заведующий кафедрой



Д.В.Свиридов

Т. В. Ковалюк-Радзичанка


ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомить студентов с современными теоретическими основами неорганической химии.

Задачи учебной дисциплины:

1. углубление знаний студента современной теоретической неорганической химии;
2. очертить перед студентами круг актуальных задач, решаемых современной неорганической химии.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Современная теоретическая химия» государственного компонента для специальности 1-31 05 04 Фундаментальная химия и к модулю «Современная теоретическая химия» компонента учреждения высшего образования для специальности 1-31 05 03 Химия высоких энергий.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др. Учебная дисциплина «Теоретические основы неорганической химии» базируется на материале, представленном в дисциплинах «Неорганическая химия», «Физические методы исследования».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Теоретические основы неорганической химии» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Специализированные компетенции:

Для специальности 1-31 05 03 Химия высоких энергий:

Выявлять современные тенденции развития фундаментальной химической науки на основе владения системой углубленных знаний в области неорганической, органической, физической химии, химии твердого тела;

Базовые профессиональные компетенции:

Для специальности 1-31 05 04 Фундаментальная химия:

Использовать теоретические основы фундаментальных разделов неорганической и органической химии в научной и практической деятельности (для решения расчетных задач, объяснения и прогнозирования химических процессов, разработки концепций синтеза и исследования новых структур и соединений, решения экологических проблем, обеспечения безопасного поведения в химической лаборатории, организации производственных работ и др.)

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- современные теории химической связи;
- границы применимости теории кристаллического поля;
- типы и энергии межмолекулярных взаимодействий;
- особенности химических реакций, протекающих в водных растворах;

уметь:

- использовать теорию кристаллического поля для предсказания свойств неорганических соединений;
- предсказывать геометрическую форму молекулы, основываясь на теоретических представлениях;
- классифицировать реакции, протекающие в водных растворах;

иметь навык:

- применять теоретические представления современной неорганической химии для решения прикладных задач.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 9 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Теоретические основы неорганической химии» отведено для очной формы получения высшего образования – 102 часа, в том числе:

- 46 аудиторных часов *для специальности 1-31 05 04 Фундаментальная химия*, лекции – 30 часов, семинарские занятия – 16 часов. **Из них:**

Лекции – 30 часов, семинарские занятия – 10 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

- 50 аудиторных часов *для специальности 1-31 05 03 Химия высоких энергий*, лекции – 32 часа, семинарские занятия – 18 часов. **Из них:**

Лекции – 32 часа, семинарские занятия – 12 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение

Пути и энергетика химической реакции. Термодинамический и кинетический контроль. Структурные, термодинамические и стереохимические особенности реакций. Поверхность потенциальной энергии и динамика химических реакций. Реакционноспособная и нереакционноспособные траектории.

Кинетика реакции. Скорость реакции. Схема реакции. Элементарные стадии. Скорость лимитирующая стадия. Порядок и молекулярность реакции. Переходное состояние и промежуточное соединение (интермедиат). Правила симметрии в химических реакциях.

Исследование механизмов реакций. Идентификация продуктов реакции. Кинетические доказательства. Изотопные эффекты. Идентификация промежуточных соединений. Стереохимические доказательства.

Основные типы реагентов. Кислоты и основания Бренстеда, Льюиса. Нуклеофильные и электрофильные реагенты. Окислители, восстановители.

Тема 2. Химические соединения и реакции в растворе

Формы существования ионов металлов и неметаллов в водных растворах. Сольватация (гидратация). Сольватированные (гидратированные) ионы и электроны. Внешнесферные и внутрисферные комплексы.

Особенности химических реакций, протекающих в водных растворах. Влияние растворителя на скорость и механизм реакции. Электростатическое и донорно-акцепторное взаимодействие растворенного вещества с молекулами растворителя.

Тема 3. Типы неорганических реакций в водных растворах

Неоднозначность и трудности классификации реакций в растворах. Классификация реакций по типу частиц (реакции переноса атома, электрона, протона), молекулярности элементарной стадии (моно- и бимолекулярные), по способу разрыва связи (гомолитические и гетеролитические), по способу реорганизации атомов в реагенте (присоединения, замещения, элиминирования, перегруппировки).

Классификация реакций в химии координационных соединений. Реакции, приводящие к изменению состава координационной оболочки (реакции присоединения, элиминирования, замещения; особые случаи реакций замещения: реакции обмена лигандов и координированных молекул растворителя, реакции комплексообразования, реакции изомеризации и рацемизации, реакции внедрения). Реакции, приводящие к изменению геометрии комплексных частиц и внутримолекулярные перегруппировки. Реакции, приводящие к изменению степени окисления (внутрисферные и внешнесферные

реакции, окислительное присоединение и восстановительное элиминирование). Реакции координированных лигандов (протолитические реакции, шаблонные («template») реакции, реакции с переносом электрона, реакции миграции и внедрения лигандов).

Тема 4. Реакции замещения

Стехиометрический и интимный механизмы реакций замещения. Диссоциативный (D), взаимообменный (I), присоединительный (A) стехиометрические механизмы. Механизмы типа Ia, Id. Влияние различных факторов на кинетику и механизм реакций замещения. Влияние свойств растворителя, незамещаемых лигандов (стерический, хелатный, цис- и транс-эффекты), влияние замещаемого и входящего лигандов, pH среды. Влияние электронной структуры центрального атома на скорость и механизм реакции с позиции теории валентных связей и кристаллического поля. Стереохимия реакций замещения.

Реакции замещения в комплексах различной симметрии. Реакции в тетраэдрических комплексах. Реакции в плоско квадратных комплексах. Ассоциативный механизм: факторы, определяющие реакционную способность плоскоквадратных комплексов. Трансвлияние. Мономолекулярный (диссоциативный) механизм. Реакции в пятикоординированных комплексах. Реакции в октаэдрических комплексах. Аквакомплексы ионов металлов. Кинетика и механизм реакций аквакомплексов ионов металлов. Механизм реакций обмена координированных молекул растворителя и реакции комплексообразования. Реакции обмена лигандов в лабильных и инертных комплексах. Влияние электронной структуры иона металла на кинетику реакций обмена. Механизм реакций аквации, анации, лигации. Геометрия переходного состояния и промежуточного соединения.

Тема 5. Стереохимические превращения

Структурно нежесткие комплексы. Электронно- и стереохимически-нежесткие комплексы. Реакции изомеризации, рацемизации и внутримолекулярные перегруппировки в комплексах различной симметрии. Политопные перегруппировки. Пирамидальная инверсия трикоординированных структур. Плоская инверсия дикоординированных структур. Тетраэдрическая инверсия тетракоординированных структур. Псевдовращение Берри в пентакоординированных структурах.

Тема 6. Окислительно-восстановительные реакции

Окислительно-восстановительные реакции (ОВР) во внешней и внутренней сферах. Принцип Франка – Кондона. Энергия внешнесферной реорганизации. Энергия внутрисферной перестройки. Различия между внутрисферным и внешнесферным механизмами. Образование мостиковой связи

и перенос электронов в мостиковом промежуточном соединении, как лимитирующие стадии. Медленный разрыв мостиковой связи в продуктах окисления-восстановления. Перенос электрона к мостиковой связи. Влияние лигандов, не образующих мостики.

Адиабатическая теория Маркуса – Хаша. Уравнение Маркуса и его применимость. Реакции с переносом одного и двух электронов. Комплементарные и некомплементарные реакции. Реакции переноса атомов. Внешнесферный перенос электронов внутри стабильных донорно-акцепторных комплексов.

Тема 7. Гомогенный катализ

Реакции окислительно-восстановительного присоединения-элиминирования. Комплексы Вaska как модельная система гомогенного фотокатализа. Монсанто-процесс. Гомогенный фотокатализ. Реакции фиксации азота *in vitro* и *in vivo*.

Тема 8. Гетерогенный катализ

Механизмы гетерогенного катализа. Синтез гетерогенных фотокатализаторов. Металл-оксидные катализаторы. Роль кислотно-основных свойств оксидных носителей. Зарядовое взаимодействие между металлической нанопазой и носителем. Классические гетерогенно-каталитические системы: синтез аммиака, окисление диоксида серы. Гетерогенный фотокатализ. Фотобиоцидные гетерогенно-каталитические покрытия.

Тема 9. Методы исследования кинетики и механизма неорганических реакций

Временные характеристики неорганических реакций. Кинетические измерения методами ЯМР и ЭПР. Мессбауэровская спектроскопия как метод исследования кинетики окислительно-восстановительных реакций. Исследование механизма неорганических реакций с использованием изотопных меток.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Для специальности 1-31 05 04 Фундаментальная химия

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	Введение	2						
2	Химические соединения и реакции в растворе	2						
3	Типы неорганических реакций в водных растворах	2						
4	Реакции замещения	6		4			2	Контрольная работа
5	Сtereoхимические превращения	2						
6	Окислительно-восстановительные реакции	4		2			2	Контрольная работа
7	Гомогенный катализ	4		2			2	Контрольная работа, реферат
8	Гетерогенный катализ	4		2				Контрольная работа

9	Методы исследования кинетики и механизма неорганических реакций	4						
	Итого	30		10			6	

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Для специальности 1-31 05 03 Химия высоких энергий

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	Введение	2						
2	Химические соединения и реакции в растворе	2						
3	Типы неорганических реакций в водных растворах	2						
4	Реакции замещения	6		4			2	Контрольная работа
5	Сtereoхимические превращения	2						
6	Окислительно-восстановительные реакции	4		2			2	Контрольная работа
7	Гомогенный катализ	4		2			2	Контрольная работа, реферат
8	Гетерогенный катализ	6		2				Контрольная работа

9	Методы исследования кинетики и механизма неорганических реакций	4		2				
	Итого	32		12			6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Румянцев, Б.В. Окислительно-восстановительные свойства элементов и их соединений в растворах: учебно-справочное пособие / Б.В. Румянцев. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 356 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/210044>.
2. Кириллов, В.В. Неорганическая химия. Теоретические основы / В.В. Кириллов. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2020. – 348 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/176659>.
3. Аветисов, А.К. Прикладной катализ / А.К. Аветисов, Л.Г. Брук; под ред. О.Н. Темкина. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2020. – 197 с.
4. Романовский, Б.В. Основы катализа: учебное пособие / Б.В. Романовский. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. – 172 с.

Дополнительная литература

1. Бек, М. Исследование комплексообразования новейшими методами / М. Бек, И. Надыпал – М.: Мир, 1989. – 413 с.
2. Коттон, Ф. Современная неорганическая химия / Ф. Коттон, Дж. Уилкинсон – М.: Мир, 1969. – 224 с.
3. Басоло, Ф. Механизмы неорганических реакций / Ф. Басоло, Р. Пирсон – М.: Мир, 1971. – 592 с.
4. Пирсон, Р. Правила симметрии в химических реакциях / Р. Пирсон – М.: Мир, 1979. – 582 с.
5. Терни, Т. Механизмы реакций окисления-восстановления / Т. Терни – М.: Мир, 1968. – 221 с.
6. Салем, Л. Электроны в химических реакциях / Л. Салем – М.: Мир, 1985. – 288 с.
7. Шрайвер, Д. Неорганическая химия в 2 т. / Д. Шрайвер, П. Эткинс. Т. 1 – М.: Мир, 2004. – 679 с.
8. Шрайвер, Д. Неорганическая химия в 2 т. / Д. Шрайвер, П. Эткинс. Т. 2 – М.: Мир, 2004. – 485 с.
9. Хьюи, Дж. Неорганическая химия: Строение вещества и реакционная способность / Дж. Хьюи – М.: Химия, 1987. – 352 с.
10. Берсукер, И.Б. Электронное строение и свойства координационных соединений / И.Б. Берсукер – Л.: Химия, 1976. – 485 с.
11. Костромина, Н.А. Химия координационных соединений / Н.А. Костромина, В.Н. Кумок, Н.А. Скорик – М.: Высшая школа, 1990. – 432 с.
12. Минкин, В.И. Теория строения молекул / В.И. Минкин, Б.Я. Симкин, Р.М. Миняев – Ростов-на-Дону: Феникс, 1997. – 560 с.
13. Тоуб, М. Механизмы неорганических реакций / М. Тоуб, Дж. Берджесс – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 678 с.

14. Хьюз, М. Неорганическая химия биологических процессов / М. Хьюз – М.: 1983. – 414 с.
15. Гурьянова, Е.Н. Донорно-акцепторная связь / Е.Н. Гурьянова, И.П. Гольдштейн, И.П. Ромм – М: Химия, 1973. – 400 с.
16. Ермолаева, В.И. Теоретические основы неорганической химии: учебно-методическое пособие / В.И. Ермолаева, Н.Н. Дзуличанская. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 61 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/52562>.
17. Тарасова, О.В. Теоретические основы неорганической химии: учебное пособие / О.В. Тарасова, О.П. Сажина. – Саранск: МГУ им. Н.П. Огарева, 2023. – 96 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/397955>
18. Мифтахова, Н.Ш. Основные классы неорганических соединений и номенклатура. Теория и практика: учебно-методическое пособие / Н.Ш. Мифтахова, Т.П. Петрова. – Казань: КНИТУ, 2020. – 84 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/244814>.
19. Саркисян, З.М. Комплексные соединения: учебно-методическое пособие / З.М. Саркисян. – Санкт-Петербург: СПбГПМУ, 2019. – 36 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/174464>.
20. Семенов, В.Н. Химия координационных соединений: учебное пособие / В.Н. Семенов, С.Ю. Васильева, А.Ю. Завражнов. – Воронеж: ВГУ, 2016. – 39 с.. URL: <https://e.lanbook.com/book/165293>.
21. Тыжигирова, В.В. Химия р-элементов и их соединений: учебное пособие / В.В. Тыжигирова. – Иркутск: ИГМУ, 2022. – 66 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/343523>.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Объектом диагностики компетенций студентов являются знания, умения, полученные ими в результате изучения учебной дисциплины. Выявление учебных достижений студентов осуществляется с помощью мероприятий текущей и промежуточной аттестации.

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущей аттестации: контрольная работа; реферат.

Отметка за контрольную работу формируется, исходя из количества верных ответов.

При оценивании реферата обращается внимание на содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, новизну литературных источников и их интерпретацию, корректность оформления и т.д.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Фундаментальные проблемы 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 (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

ответы на семинарских занятиях – 30 %;

выполнение контрольных работ – 70 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (модульно-рейтинговой системы оценки знаний) 30 % и экзаменационной отметки 70 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 4. Реакции замещения (2 часа)

Задание 1. Рассмотреть возможные механизмы реакций замещения лигандов в комплексных соединениях. Сформулировать основные факторы, влияющие на реализацию того, или иного механизма.

(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 6. Окислительно-восстановительные реакции (2 часа)

Задание 1. На конкретных примерах рассмотреть условия реализации внешнесферных и внутрисферных окислительно-восстановительных процессов.

(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 7. Гомогенный катализ (2 часа)

Задание 1. Рассмотреть роль процессов окислительно-восстановительного присоединения и элиминирования в создании гомогенных каталитических систем.

(Форма контроля – контрольная работа).

Примерная тематика семинарских занятий

Семинар № 1, 2. «Реакции замещения».

Семинар № 3, 4. «Окислительно-восстановительные реакции».

Семинар № 5. «Гомогенный катализ».

Семинар № 6. «Гетерогенный катализ».

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; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине используются современные информационные ресурсы: на образовательном портале Educhem.bsu.by размещен комплекс учебных и учебно-методических материалов (материалы текущего контроля и текущей аттестации), позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования.

Примерные темы реферативных работ

1. Основополагающие понятия химии: вещество, химический элемент, химическая связь, ее виды, валентность.
2. Основы строения атома: одноэлектронные состояния и электронные конфигурации атомов.
3. Периодическая система химических элементов, варианты ее табличного представления и отражение в них физических и химических свойств элементов.
4. Многоэлектронный атом и его энергетические состояния.
5. Валентность и гипервалентность.
6. Донорноакцепторная, координационная и гипервалентная связи.
7. Концепция гибридизации атомных орбиталей и пространственное строение молекул и ионов.
8. Локализованные и делокализованные химические связи. Трех- и многоцентровые связи.
9. Концепция поляризации ионов. Трактовка полярных связей согласно концепции поляризации ионов.
10. Трудности классификации химических соединений. Простые, сложные и комплексные соединения.
11. Теория групп в строении вещества. Точечные группы симметрии. Представления групп.
12. Теория кристаллического поля.
13. Химическая связь в комплексных соединениях и особенности их строения.
14. Типичные комплексообразователи; типичные лиганды. Факторы, определяющие способность молекул и ионов выступать в качестве лигандов.
15. Изменение координационных чисел атомов элементов по группам периодической системы. Пространственная конфигурация комплексных ионов.
16. Теория молекулярных орбиталей в применении к комплексным соединениям.
17. Общая характеристика и классификация неорганических реакций, особенности их протекания.
18. Кинетика неорганических реакций.

19. Взаимосвязь механизма и кинетики неорганических реакций.
20. Особенности протекания химических реакций в газовой жидкой и твердой фазах. Кинетика и механизм реакций в растворах.
21. Общая характеристика реакций замещения.
22. Реакции замещения в тетраэдрических комплексах.
23. Кинетика и механизм реакций замещения в четырехкоординационных плоских, а также в пяти- и шестикоординационных реакционных центрах.
24. Механизм стереохимических превращений.
25. Основные характеристики и виды окислительно-восстановительных превращений с участием неорганических соединений.
26. Механизм окислительно-восстановительных реакций присоединения, элиминирования и замещения.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Различия между внутрисферным и внешнесферным механизмами.
2. Пути и энергетика химической реакции. Понятие о реакционной способности и механизме реакции.
3. Механизм основного гидролиза в случае шестикоординированных комплексов.
4. Механизм внутрисферных окислительно-восстановительных реакций.
5. Реакции с переносом одного и двух электронов. Комплиментарные и некомплиментарные реакции.
6. Реакции изомеризации и эффекты рацемизации в гексакоординированных комплексах.
7. Эффект транс-влияния в плоскоквадратных комплексах.
8. Особенности и основные типы окислительно-восстановительных реакций в водных растворах. Окислительное присоединение и восстановительное элиминирование.
9. Множество химических соединений и объективные трудности их классификации.
10. Механизм реакций замещения в плоскоквадратных комплексах.
11. Характерные особенности и основные типы химических реакций в растворах.
12. Механизм реакций анации и криптосольволиза.
13. Взаимосвязь между скоростью и механизмом реакции. Молекулярность и порядок реакции.
14. Стереохимия замещения в плоских четырехкоординационных комплексах.
15. Жесткие и мягкие кислоты и основания по Пирсону.
16. Основные механизмы реакций замещения.
17. Реакции замещения в пентакоординированных реакционных центрах.
18. Понятия «донорно-акцепторная» и «координационная» связь.
19. Реакции замещения в шестикоординированных реакционных центрах.
20. Стереохимические превращения.

21. Химические процессы фиксирования азота.
22. Установление механизма химических реакций в растворе.
23. Изучение кинетики быстрых реакций в растворах методом ЯМР.
24. Окислительно-восстановительные реакции присоединения, элиминирования, замещения.
25. Реакции замещения в координационном полиэдре-тетраэдре.
26. D, I_d механизмы замещения. Кинетические проявления и примеры реакций.
27. A, I_a механизмы замещения. Кинетические проявления и примеры реакций.
28. Общая классификация химических реакций в растворе.

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
д.х.н, профессор
член-корреспондент НАН Беларуси



Д.В.Свиридов

06.06.2025

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
