

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

27 июня 2025 г.

Регистрационный № 3022/6.



ОСНОВЫ ХИМИИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

6-05-0531-01 Химия

Профилизация: Зеленые химические технологии функциональных материалов и
систем

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0531-01-2023 и учебного плана БГУ № 6-5.5-41/01 от 15.05.2023.

СОСТАВИТЕЛИ:

Т.В.Свиридова, профессор кафедры неорганической химии химического факультета Белорусского государственного университета, 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.

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



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – сформировать у будущих специалистов-химиков алгоритм постановки эксперимента на основе химических превращений с участием веществ в конденсированном состоянии, а также алгоритм корректной интерпретации получаемых результатов указанного эксперимента.

Задачи учебной дисциплины:

1. Ознакомить с отличительными характеристиками веществ в конденсированном состоянии.

2. Ознакомить студентов с основами физико-математического описания веществ в конденсированном состоянии – базиса для оценки и предсказания их физико-химических характеристик.

3. Дать представление о теоретических и методических основах изучения кинетики и механизма химических превращений с участием веществ в конденсированном состоянии.

4. Познакомить студентов с методами исследования и моделирования химических превращений с участием веществ в конденсированном состоянии.

5. Показать алгоритм постановки химического эксперимента с участием веществ в конденсированном состоянии и алгоритм расшифровки полученных результатов.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к модулю по выбору «Практическое материаловедение» компонента учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др. Учебная дисциплина «Основы химии конденсированных систем» базируется на материале, представленном в курсах «Неорганическая химия», «Химия твердого тела».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Основы химии конденсированных систем» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Специализированные компетенции:

Предлагать способы синтеза, модификации и диагностики неорганических материалов с заданной структурной организацией и топологией поверхности.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать: основные закономерности протекания химических процессов с участием веществ в конденсированном состоянии; факторы, влияющие на скорость и механизм такого рода превращений; основные синтетические подходы к получению и модификации веществ в конденсированном состоянии;

уметь: интерпретировать результаты эксперимента по изучению и моделированию процессов, протекающих с участием веществ в конденсированном состоянии;

иметь навык: основных компетенций, присущих современному химику-исследователю.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 6 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Основы химии конденсированных систем» отведено для очной формы получения высшего образования – 90 часов, в том числе 40 аудиторных часов: лекции – 28 часов, семинарские занятия – 12 часов. **Из них:**

Лекции – 28 часов, семинарские занятия – 8 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Цель, предмет и задачи курса «Основы химии конденсированных систем».

Тема 1. Отличительные особенности веществ в конденсированном состоянии

Признаки веществ в конденсированном состоянии. Понятие о кристаллическом (моно- и поликристаллическом) и аморфном состоянии вещества. Типы связей в кристаллах простых веществ и химических соединений. Физико-математическое описание энергии кристаллической решетки кристаллов инертных газов и ионных кристаллов. Границы предсказательных возможностей свойств кристаллов инертных газов и ионных кристаллов на основании физико-математического описания энергии их кристаллической решетки: предсказание электрических, магнитных, оптических, механических свойств; предсказание реакционной способности.

Ковалентные кристаллы. Кристаллы с водородными связями. Металлические кристаллы. Физико-химические свойства кристаллических веществ: зависимость физических и химических свойств от типа химической связи и структуры. Понятие о степени ионности кристаллической решетки: границы применимости понятий «ионные» и «ковалентные» кристаллы.

Понятие о локализованных процессах, химических процессах, протекающих с участием веществ в конденсированном состоянии. Отличительные признаки локализованных физико-химических процессов.

Тема 2. Основы химии локализованных процессов

Границы применимости понятий «топохимия», «химия локализованных процессов», «топотаксия». История создания и основные этапы развития химии локализованных процессов. Характерные особенности и классификация химических реакций в конденсированных системах. Характеристика реагентов (понятие о нормальном и активном состоянии твердых тел; факторы, определяющие активность твердофазных реагентов; характеристика основных способов активирования твердых тел.

Тема 3. Термодинамическое описание процессов с участием веществ в конденсированном состоянии

Отличие термодинамических характеристик гомогенных и локализованных химических превращений – основа для построения алгоритма термодинамического эксперимента с участием веществ в конденсированном состоянии. Термодинамические параметры локализованных процессов.

Правило фаз Гиббса. Термодинамическая оценка возможности осуществления локализованного процесса. Общая характеристика методов исследования термодинамики реакций на гетерогранице: метод электродвижущих сил, метод гетерогенных равновесий, термохимические методы.

Тема 4. Изотермический кинетический анализ процессов, протекающих с участием веществ в конденсированном состоянии

Основные кинетические характеристики (скорость реакции, удельная (приведенная) скорость, индукционный период, температура разложения, температура экстремума разложения, кинетическая кривая, формы локализации химического процесса). Понятие о макро- и микрокинетике процессов, протекающих с участием веществ в конденсированном состоянии. Сопоставление кинетических характеристик локализованных и нелокализованных химических процессов. Изотермические кинетические модели локализованных химических превращений: модели зародышеобразования; диффузионные модели (кинетические уравнения для диффузионно-контролируемых реакций); кинетические модели для процессов, лимитируемых актом химического взаимодействия. Кинетика локализованных процессов в полидисперсных системах. Кинетические модели для локализованных реакций «цепного» типа (на примере процессов с ускоряющимся зародышеобразованием).

Основные принципы кинетического эксперимента в неизотермических условиях: дифференциальный метод Фримена-Кэрролла, метод Ньюкирка, метод Лесниковича и др.

Механизм важнейших локализованных процессов. Физико-химические факторы, влияющие на механизм реакций с участием твердых тел.

Тема 5. Экспериментальные методы исследования кинетики локализованных процессов

Понятие о непрерывных и периодических; изотермических и неизотермических методах. Дифракционные методы: рентгенография, электронография. Микроскопические методы: оптическая, электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия. Анализ выделяющегося газа. Спектроскопические методы: ИК-, КР-спектроскопия, ЯМР, ЭПР, РФЭС, мессбауэровская спектроскопия. Газоаналитические методы (масс-спектрометрия, газовая хроматография).

Комплекс методов для изучения процессов на гетерогранице «твердое-твдое»: магнитный, электрический анализ и др.

Понятие о термических методах анализа. Термогравиметрия. Термогравиметрия по производной (дифференциальная термогравиметрия). Дифференциальный термический анализ. Дифференциальная сканирующая калориметрия).

Тема 6. Планирование исследования с участием веществ в конденсированном состоянии и интерпретация полученных результатов

Общие принципы приготовления образцов в конденсированном состоянии и их смесей для постановки эксперимента с воспроизводимыми результатами. Предварительная обработка – основа моделирования активности твердофазных реагентов. Влияние атмосферы на результаты эксперимента.

Основные кинетические уравнения, обычно используемые для моделирования процессов с участием конденсированных веществ. Проверка адекватности описания изотермических кинетических данных теоретическими уравнениями. Выбор адекватного кинетического уравнения. Применение кинетических уравнений к описанию отдельных участков кинетической кривой «степень превращения – время». Интерпретация кинетических наблюдений. Физический смысл и расчет значения аррениусовских параметров.

Сравнительный анализ результатов кинетического исследования, полученных с помощью изотермических и неізотермических методов исследования. Надежность кинетических параметров, полученных из данных неізотермических измерений.

Тема 7. Особенности протекания некоторых твердофазных реакций

Особенности кинетики реакций разложения твердых веществ (кристаллогидратов, гидроксидов, солей, координационных соединений, твердых растворов). Разложение твердых веществ, катализируемое твердой фазой.

Характеристика и механизмы реакций взаимодействия твердых веществ.

Особенности кинетики реакций в системе «газ - твердое тело». Кинетика реакций с нулевой начальной скоростью (восстановление оксидов металлов, окисление металлов, сульфидирование металлов и солей и др.). Кинетика реакций с ненулевой начальной скоростью (восстановление оксидов металлов, окисление солей, сульфидирование солей, металлов и оксидов, окисление металлов и сплавов).

Особенности кинетики реакций, локализованных на границе «твердое тело-жидкость». Кинетические закономерности и механизмы фотохимических и радиационно-химических превращений, а также сопряженных с ними термоиндуцированных реакций в твердотельных системах.

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
	Введение	2						
1	Отличительные особенности веществ в конденсированном состоянии	6		2			1	Контрольная работа
2	Основы химии локализованных процессов	2						Реферат
3	Термодинамическое описание процессов с участием веществ в конденсированном состоянии	4		2			1	Контрольная работа
4	Изотермический кинетический анализ процессов, протекающих с участием веществ в конденсированном состоянии	6		2			1	Контрольная работа
5	Экспериментальные методы исследования кинетики локализованных процессов	4						
6	Планирование исследования с участием веществ в конденсированном состоянии и интерпретация полученных результатов	2		2			1	Контрольная работа Коллоквиум
7	Особенности протекания некоторых твердофазных реакций	2						

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Пармон, В.Н. Введение в термодинамику неравновесных процессов для химиков : учебное пособие для вузов / В.Н. Пармон. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 372 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/415007>.
2. Кольцов, Н.И. Инварианты и обратные задачи химической кинетики : учебное пособие / Н.И. Кольцов, В.Х. Федотов. – Чебоксары: ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2024. – 240 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/438794>.
2. Козловский, Р.А. Основы кинетики и катализа в гетерогенных процессах: учебное пособие для вузов / Р.А. Козловский, Т.В. Бухаркина, С.В. Вержичинская. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 188 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/405464>.

Дополнительная литература

1. Браун, М. Реакции твердых тел / М. Браун, Д. Доллимор, А. Галвей – М.: Мир, 1983. – 360 с.
2. Третьяков, Ю.Д. Твердофазные реакции / Ю.Д. Третьяков – М.: Химия, 1978. – 360 с.
3. Продан, Е.А. Неорганическая топохимия / Е.А. Продан – Мн.: Наука и техника, 1986. – 240 с.
4. Дельмон, Б. Кинетика гетерогенных реакций / Б. Дельмон – М.: Мир, 1972. – 555 с.
5. Розовский, А.Я. Гетерогенные химические реакции / А.Я. Розовский – М.: Наука, 1980. – 323 с.
6. Барре, П. Кинетика гетерогенных процессов / П. Барре – М.: Мир, 1976. – 400 с.
7. Яцимирский, К.Б. Кинетические методы анализа / К.Б. Яцимирский – М.: Химия, 1967. – 200 с.
8. Экспериментальные методы химической кинетики / Под. ред. Н.М. Эмануэля, М.Г. Кузьмина. – М.: Издательство Московского университета, 1985. – 385 с.
9. Уэндландт, У. Термические методы анализа / У. Уэндландт – М.: Мир, 1978. – 526 с.
10. Шестак, Я. Теория термического анализа / Я. Шестак – М.: Мир, 1987. – 456 с.
11. Дегтяренко, Н.Н. Введение в физику неупорядоченных конденсированных систем : учебное пособие / Н.Н. Дегтяренко. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 228 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/75891>.

12. Дроздов, Н.А. Неравновесные и оптические процессы в конденсированных средах : учебное пособие / Н.А. Дроздов. – Мн.: БГУ, 2016. – 135 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/180607>.
13. Каширина, Н.И. Математическое моделирование автолокализованных состояний в конденсированных средах: монография / Н.И. Каширина, В.Д. Лахно. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 293 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/59681>.
14. Скаков, Ю.А. Физика конденсированных сред. Раздел: Атомное строение металлов и сплавов: учебно-методическое пособие / Ю.А. Скаков. — М.: МИСИС, 2001. – 169 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/116570>.
15. Химия твердого состояния / Под. ред. В. Гарнера. – М.: Издательство иностранной литературы, 1961. – 545 с.
16. Гилевич, М.П. Химия твердого тела / М.П. Гилевич, И.И. Покровский – Мн.: Университетское, 1985. – 192 с.
17. Александров, Л.Н. Кинетика образования и структуры твердых слоев / Л.Н. Александров – Новосибирск: Наука (Сибирское отделение), 1972. – 228 с.
18. Болдырев, В.В. Реакционная способность твердых веществ (на примере реакций термического разложения) / В.В. Болдырев – Новосибирск.: Издательство Сибирского отделения РАН, 1997. – 303 с.
19. Погорелов, А.Г. Обратные задачи нестационарной химической кинетики / А.Г. Погорелов – М.: Наука, 1988. – 392 с.
20. Киперман, С.Л. Введение в кинетику гетерогенных каталитических реакций / С.Л. Киперман – М.: Наука, 1964. – 605 с.
21. Захарьевский, М.С. Кинетика химических реакций / М.С. Захарьевский – Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1959. – 167 с.
22. Шмид, Р. Неформальная кинетика / Р. Шмид, В.Н. Сапунов – М.: Мир, 1985. – 263 с.
23. Будников, П.П. Реакции в смесях твердых веществ / П.П. Будников, А.М. Гинстлинг – М.: Госстройиздат, 1961. – 424 с.
24. Гетерогенные реакции и реакционная способность / Под. ред. М.М. Павлюченко, И.Г. Тищенко. – Мн.: Издательство «Высшая школа», 1964. – 300 с.
25. Башкиров, Л.А. Механизм и кинетика образования ферритов / Л.А. Башкиров, В.В. Паньков – Мн.: Наука и техника, 1988. — 262 с.
26. Диффузия, сорбция и фазовые превращения в процессах восстановления металлов / Под. ред. Н.В. Агеева. – М.: Наука, 1981. – 227 с.
27. Фаст, Дж.Д. Взаимодействие металлов с газами / Дж.Д. Фаст – М.: Металлургия, 1975. – 350 с.
28. Кофстад, П. Высокотемпературное окисление металлов / П. Кофстад – М.: Мир, 1969. – 392 с.
29. Долгих, А.В. Моделирование химико-технологических процессов : учебно-методическое пособие / А.В. Долгих, С.И. Сташков. – Пермь: ПНИПУ, 2024. – 109 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/492476>.

30. Кольцов, Н.И. Неидеальная химическая кинетика: монография / Н.И. Кольцов, В.Х. Федотов, Б.В. Алексеев. – Чебоксары: ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2024. – 266 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/438797>.

31. Кольцов, Н.И. Сложная кинетика химических реакций: монография / Н.И. Кольцов, В.Х. Федотов, Б.В. Алексеев. – Чебоксары: ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2023. – 252 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/438800>.

32. Иртюго, Л.А. Кинетика гетерогенных процессов: учебное пособие / Л.А. Иртюго, А.А. Шубин. – Красноярск: СФУ, 2021. – 132 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/181604>.

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; коллоквиум; реферат.

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

Оценка на коллоквиуме формируется с учётом правильности ответов на вопросы, их оригинальности и завершенности, широты и глубины владения теоретическим материалом, используемым при ответе, также учитывается полнота ответа, наличие аргументов, примеров из практики.

При оценивании реферата обращается внимание на: содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, литературные источники и их интерпретацию, корректность оформления и т.д.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Основы химии конденсированных систем» учебным планом предусмотрен *зачет*.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 1. Отличительные особенности веществ в конденсированном состоянии (1 час)

Задание 1. Опишите алгоритм оценки энергетики кристаллической решетки для кристаллов с различным типом химической связи.

Задание 2. Опишите тип, устойчивость решетки кристаллов простых веществ в зависимости от положения элемента в Периодической системе.

(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 3. Термодинамическое описание процессов с участием веществ в конденсированном состоянии (1 час)

Задание 1. Перечислите и охарактеризуйте основные методы и приемы изучения термодинамики процессов с участием веществ в конденсированном состоянии.

Задание 2. Перечислите трудности, возникающие при экспериментальном изучении термодинамики процессов с участием веществ в конденсированном состоянии..

(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 4. Изотермический кинетический анализ процессов, протекающих с участием веществ в конденсированном состоянии (1 час)

Задание 1. Описать стадии (включая скорость лимитирующие) основных процессов с участием веществ в конденсированном состоянии.

Задание 2. Описать локализованные процессы, лимитируемые стадиями зародышеобразования, диффузии.

Задание 3. Предложить принципиальную схему решения обратной кинетической задачи при заданном типе зародышеобразования.

(Форма контроля – контрольная работа).

Тема 6. Планирование исследования с участием веществ в конденсированном состоянии и интерпретация полученных результатов (1 час)

Задание 1. Опишите основные стадии подготовки образцов для проведения исследования процессов с участием веществ в конденсированном состоянии.

Задание 2. Опишите влияние температуры, состава и давления атмосферы на результаты исследования процессов, протекающих с участием веществ в конденсированном состоянии.

(Форма контроля – контрольная работа, коллоквиум).

Примерная тематика семинарских занятий

Семинар № 1. «Отличительные особенности веществ в конденсированном состоянии. Основы химии локализованных процессов».

Семинар № 2. «Термодинамическое описание процессов с участием веществ в конденсированном состоянии».

Семинар № 3. «Изотермический кинетический анализ процессов, протекающих с участием веществ в конденсированном состоянии».

Семинар № 4. «Планирование исследования с участием веществ в конденсированном состоянии и интерпретация полученных результатов».

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *практико-ориентированный подход*, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практически-важных задач;

- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов;

- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

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. Кинетика локализованных процессов: история развития и современные тенденции.
2. Термодинамика локализованных процессов: история развития и современные тенденции.
3. Современные подходы к исследованию кинетики локализованных реакций.
4. Современные подходы к исследованию термодинамики локализованных реакций
5. Сравнительный анализ кинетики локализованных и нелокализованных реакций.
6. Современные тенденции в развитии неизотермической кинетики локализованных процессов.
7. Современные тенденции в развитии изотермической кинетики локализованных процессов.
8. Кинетика топохимических реакций и ее взаимосвязь с катализом.
9. Кинетика и механизм полиморфных превращений
10. Кинетика и механизм процессов рекристаллизации.
11. Кинетика твердофазных процессов, лимитируемых адсорбцией и возгонкой.
12. Кинетика и механизм процессов хемосорбции и катализа.
13. Общая характеристика оборудования, применяемого для проведения кинетических экспериментов в химии твердого тела.
14. Проблемы изучения свойств неорганических материалов с помощью термических методов анализа.
15. Кинетические исследования с применением методов термогравиметрии, дифференциального термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии.

Примерный перечень вопросов к зачёту

1. Предмет и отличительные признаки химии локализованных процессов.
2. Особенности и классификация химических реакций с участием веществ в конденсированном состоянии.
3. Дифракционные методы исследования кинетики твердофазных реакций.
4. Локализованные физико-химические процессы и их отличительные признаки.
5. Характеристика реагентов твердофазных реакций.
6. Анализ выделяющегося газа как метод исследования кинетики локализованных реакций.
7. Основные кинетические характеристики локализованных реакций.
8. Спектроскопические методы исследования кинетики локализованных процессов.
9. Особенности кинетики реакций с участием твердых фаз.
10. Экспериментальные методы исследования реакций на гетерогранице «твердое тело - твердое тело».
11. Механические свойства твердых тел. Классическая диаграмма растяжения для твердых тел. Закон Гука. Модуль Юнга.
12. Модели зародышеобразования, используемые для описания кинетики локализованных процессов.
13. Диффузионные модели и кинетические уравнения для описания диффузионно – контролируемых локализованных процессов.
14. Дифференциальный термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия как методы исследования кинетики локализованных процессов.
15. Кинетика локализованных реакций в полидисперсных системах.
16. Приготовление образцов для кинетических экспериментов. Постановка кинетических экспериментов. Влияние атмосферы на результаты кинетического анализа.
17. Кристаллы инертных газов. Энергия кристаллической решетки.
18. Кинетические модели твердофазных реакций, лимитируемых процессами на границе раздела фаз.
19. Кинетические модели для реакций «цепного» типа (в частности, для реакций с ускоряющимся зародышеобразованием).
20. Влияние давления на скорость локализованных процессов. Зависимость скорости локализованных процессов от температуры.
21. Правило фаз Гиббса. Расчет степеней свободы для процесса разложения карбоната кальция, процесса испарения воды, тройной точки воды, образования твердых растворов замещения и интерметаллидов.
22. Механизм важнейших локализованных процессов. Физико-химические факторы, влияющие на механизм реакций с участием твердых тел.

23. Ковалентные кристаллы. Кристаллы с водородными связями. Металлические кристаллы. Принципы расчета энергии кристаллической решетки.

24. Понятие о непрерывных/периодических методах исследования локализованных процессов.

25. Ионные кристаллы. Энергия кристаллической решетки. Постоянная Маделунга.

26. Выбор адекватного кинетического уравнения. Применение кинетических уравнений к описанию отдельных участков кривой «степень превращения - время».

27. Термохимические методы исследования термодинамики локализованных процессов.

28. Понятие о кинетических исследованиях с использованием неизотермических данных. Надежность результатов неизотермических измерений.

29. Термодинамические параметры твердофазных реакций. Правило Келли-Кубашевского.

30. Предподготовка образцов для проведения локализованных процессов. Влияние атмосферы (давление, состав), температуры, механического воздействия, облучения, легирования и др. на результаты твердофазного эксперимента.

31. Методы исследования термодинамики твердофазных реакций. Метод гетерогенных равновесий.

32. Физический смысл и расчет аррениусовских параметров для локализованных процессов.

33. Отличительные признаки твердых тел. Основные типы химической связи, характерные для твердых тел (на примере простых и сложных соединений).

34. Понятие о изотермических/неизотермических методах исследования кинетики локализованных процессов.

35. Методы исследования термодинамики твердофазных реакций. Метод электродвижущих сил на примере реакции взаимодействия оксида никеля и диоксида титана.

36. Алгоритм кинетического исследования локализованных процессов.

37. Сравнительный анализ кинетики гетерогенных и гомогенных процессов.

38. Дифференциальная сканирующая калориметрия.

39. Микроскопические методы исследования кинетики реакций с участием веществ в конденсированном состоянии.

40. Термогравиметрия, термогравиметрия по производной и их применение для изучения кинетики локализованных процессов.

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-корреспондент НАН Беларуси
доктор химических наук, профессор

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
