

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

27 июня 2025 г.

Регистрационный № 3089/м.



ХИМИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

7-06-0531-01 Химия

Профилизация: Химический дизайн новых материалов

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-06-0531-01-2023 и учебного плана № М44с-5.5-42/уч. от 23.05.2025.

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



Т.В.Ковалева-Редькина

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – усовершенствование магистрантами фундаментальных знаний о современных в области современной химии конденсированных систем.

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать представление магистрантов о новых (оформившихся за последние 10-20 лет) направлениях научных исследований в области химии конденсированных систем;
- описать основные задачи, пути их решения и основные объекты исследования химии конденсированных систем на современном этапе;
- показать место и роль современной химии конденсированных систем в системе наук естественнонаучного цикла.

Курс структурно разделен на 6 разделов, которые отражают его внутреннюю логику и включают отдельные темы, отражающие информацию по наиболее значимым направлениям современной химии конденсированных систем.

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

Учебная дисциплина относится к модулю «Химия гетерогенных систем» и является дисциплиной компонента учреждения образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей и программ по дисциплинам: «Неорганическая химия» и «Современные аспекты химии».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Химия конденсированных систем» должно обеспечить формирование у магистрантов следующих компетенций:

Специализированные компетенции:

Прогнозировать физико-химические свойства, реакционную способность и каталитическую активность твердых тел на основе знания их морфологии, топологии, химического и фазового состава.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- теорию и практику химии конденсированных систем;
- механизм процессов, протекающих в конденсированном состоянии; механизм реакций с участием веществ в конденсированном состоянии;
- основные области практического применения конденсированных систем;

уметь:

- планировать химический эксперимент, основной целью которого является получение веществ в конденсированном состоянии;
- предсказывать и объяснять результаты эксперимента с участием веществ в конденсированном состоянии;

иметь навыки:

- навыками работы с оригинальной литературой в области химии конденсированных систем;
- современными методами обработки результатов химического эксперимента.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается во 2 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Химия конденсированных систем» отведено для очной формы получения углубленного высшего образования: 96 часов, в том числе 32 аудиторных часов: лекции – 24 часа, семинарские занятия – 8 часов. Из них:

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

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Предмет, методология и задачи учебного курса. Организационные формы работы.

Современная химия конденсированных систем – основа создания функциональных материалов нового поколения. Основные цели и задачи, приемы и методы решения прикладных проблем современной химии конденсированных систем. Место химии конденсированного состояния в системе наук естественно-научного цикла. Прикладная химия конденсированных систем.

Тема 1. Современные функциональные материалы для строительства на основе неорганических оксидов

Основные подходы к получению дисперсных неорганических оксидов различного состава и морфологии частиц. Современные неорганические оксидные материалы в строительстве.

Конструкционные материалы на основе неорганических оксидов различного функционального назначения. Основные принципы получения высокопористых, термоизоляционных, вспененных, самоочищающихся и др. материалов (в том числе для строительства термоэффективных домов). Основные технологические принципы получения высокопрочных строительных материалов.

Механизм твердения бетона и строительных смесей на его основе. Основные пути регулирования скорости процесса твердения бетона. Типы регуляторов твердения бетона. Роль процесса гидролиза в осуществлении эффективного регулирования скорости затвердевания бетонных масс.

Низкотемпературный химический синтез высокопрочных и жаростойких пенобетонов: основа для получения строительных материалов нового поколения.

Тема 2. pH-контролируемый, гидротермальный, сонохимический и механохимический синтез неорганических материалов

Эффективный и целенаправленный контроль условий синтеза – залог получения гетерогенных (конденсированных) систем с заданными функциональными характеристиками. Основные факторы, определяющие свойства и характеристики дисперсных фаз, получаемых из расплавов, эвтектических смесей, растворов. Основные факторы контроля процесса зародышеобразования – эффективный инструмент регуляции размера и габитуса кристаллитов продукта синтеза.

Синтез неорганических оксидов из водных растворов соответствующих оксокислот – неорганических полимеров. Переход от одностадийного к многостадийному варианту синтеза, как эффективный инструмент управления относительными скоростями зародышеобразования и роста сформированных зародышей. Влияние pH на скорость полимеризации оксокислот в водном растворе. Варианты pH-контролируемого синтеза на примере синтеза диоксида титана из малорастворимых титанатов.

Сонохимический синтез дисперсных фаз неорганической природы. Механизм сонохимического инициирования неорганических топохимических реакций. Роль и место катализа в сонохимическом синтезе. Сонохимический синтеза оксидов переходных элементов, как пример управляемого соноиндуцированного синтеза конденсированных систем.

Синтез неорганических веществ в гидротермальных условиях: преимущества и недостатки. Возможности по регулирования условий синтеза и состава реакционной среды в гидротермальном синтезе. Роль воды в гидротермальном синтезе. Гидротермальный синтеза неорганических кристаллитов с заданными размерно-габитусными характеристиками.

Механохимический синтеза конденсированных систем. Современные варианты механохимического синтеза и механохимического активирования. Факторы управления механохимическим синтезом. Механохимический синтез в условиях высоких контактных нагрузок: преимущества и недостатки. Место механохимического синтеза при получении конденсированных систем с заданными функциональными характеристиками: оксидов, боридов, карбидов и др.

Тема 3. Современные твердофазный синтез

Роль и место классического высокотемпературного твердофазного синтеза в получении конденсированных систем широко функционального назначения. Факторы, позволяющие управлять структурными характеристиками и свойствами конденсированных систем, получаемых как продукт в классическом твердофазном синтезе. «Грин-топохимический синтез» - вариация классического высокотемпературного синтеза. Примеры использования твердофазного синтеза для получения конденсированных систем заданного функционального назначения.

Тема 4. Современные неорганические биоматериалы

Основные типы биоматериалов. Традиционные подходы к получению неорганических биоматериалов. Биоматериалы на основе гидроксиапатита: способы получения, основные пути практического применения. Роль белорусских ученых в получении и функционализации современных биоматериалов.

Тема 5. Современные негорючие материалы неорганической природы

Явление горения: основные процессы, механизм. Виды пламени. Виды горения. Явление термостабильности: основные подходы к приданию материалам термической стабильности в широком температурном интервале. Классификация и краткая характеристика методов исследования процессов горения, термостабильности, термостимулированных переходов. Термические методы исследования: виды, основные достоинства и недостатки каждого метода.

Современные подходы к получению материалов, характеризующихся высокой термической устойчивостью. Негорючие материалы на основе

неорганических высших оксидов, солей неорганических кислот, неорганических полимеров: методы синтеза, основные приемы химической мобилизации к поверхности традиционных материалов с целью придания им свойства негорючести. Основные подходы к созданию замедлителей и регуляторов горения.

Тема 6. Современная прикладная нанохимия неорганических соединений

Понятие нанохимии и нанотехнологии. Основные преимущества при переходе от макроскопических объектов к наноразмерным. Наноразмерные эффекты: природа, основные методы исследования. Зависимость физико-химических характеристик наноразмерных конденсированных систем (оптические свойства, химическая активность, магнитная восприимчивость и т.д.) от размерно-габитусных характеристик их частиц.

Основные синтетические приемы регулирования размера, габитуса, микро- и наноструктуры неорганических материалов.

Современные подходы к практическому применению наноразмерных кристаллитов: современные спектрально-аналитические приложения для детектирования следовых количеств веществ в многофазных конденсированных системах. Явление плазмонного резонанса, разработка и исследование современных люминесцентных материалов: современные исследования, выполняемые белорусскими учеными в области принципиального повышения чувствительности аналитических методов детектирования.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Цели, задачи и содержание курса	1						
1	Современные функциональные материалы для строительства на основе неорганических оксидов	1		1			1	Контрольная работа
1	Современные функциональные материалы для строительства на основе неорганических оксидов	2 (ДОТ)						
2	pH-контролируемый, гидротермальный, сонохимический и механохимический синтез неорганических материалов	6		1			1	Контрольная работа
2	pH-контролируемый, гидротермальный, сонохимический и механохимический синтез неорганических материалов	6 (ДОТ)						
3	Современные твердофазный синтез	1		1			1	Контрольная работа, реферат
3	Современные твердофазный синтез	1 (ДОТ)						
4	Современные неорганические биоматериалы	1						

4	Современные неорганические биоматериалы	1 (ДОТ)						
5	Современные негорючие материалы неорганической природы	1						
5	Современные негорючие материалы неорганической природы	1 (ДОТ)						
6	Современная прикладная нанохимия неорганических соединений	1		1			1	Контрольная работа, коллоквиум
6	Современная прикладная нанохимия неорганических соединений	1 (ДОТ)						

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Калинина, М. Современные методы получения оксидных нанопорошков и наноструктурированной керамики: учебное пособие для вузов / М.В. Калинина, Н.Ю. Федоренко, Т.Л. Симоненко, О.А. Шилова, О.А. Шилова – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 72 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/407591>.
2. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. – 365 с.
3. Джардималиева, Г.И. Наноматериалы. Свойства и сферы применения: учебник для вузов / Г.И. Джардималиева, К.А. Кыдралиева, А.В. Метелица, И.Е. Уфлянд. – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2021. – 199 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166935>.
4. 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>.

Дополнительная литература

1. Рао, Ч.Н.Р. Новые направления в химии твердого тела / Ч.Н.Р. Рао, Дж. Гопалакришнан. – Новосибирск: Наука, 1990. – 519 с.
2. Хоффман, Р. Строение твердых тел и поверхностей: взгляд химика-теоретика / Р. Хоффман. – М.: Мир, 1990. – 214 с.
3. Драго, А. Физические методы в химии / А. Драго. – М.: Мир, 1981. – Т1 – 422 с.
4. Kettle, S.F.A. Symmetry and Structure. Readable Group Theory for Chemists / S.F.A. Kettle. – Chichester: John Wiley & Sons, 1998. – 412 с.
5. Cotton, F.A. Chemical Applications of Group Theory / F.A. Cotton. – New York: John Wiley & Sons. 1990. – 455 с.
6. Поленов, Ю.В. Физико-химические основы нанотехнологий / Ю.В. Поленов, Е.В. Егорова. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 179 с.
7. Бочкарев, В.В. Оптимизация химико-технологических процессов / В.В. Бочкарев. – М.: Юрайт, 2018. – 263 с.
8. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. – М.: Физматлит, 2009. – 456 с.
9. Ивашкевич, О.А. Химия новых материалов и биологически активных веществ / О. А. Ивашкевич [и др.]. – Мн.: БГУ, 2016. – 343 с.
10. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов / Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 400 с.
11. Ozin, G.A. Nanochemistry: A Chemical Approach to Nanomaterials / G.A. Ozin, A.C. Arsenault, L. Cademartiri. – RSC, 2008. – 342 p.
12. Новые материалы в технике и науке: прошлое, настоящее, будущее / под ред. Н.М. Жаворонков. – М.: Наука, 1966. – 260 с.

13. Осипов К.А. Аморфные и ультрадисперсные кристаллические материалы / К.А. Осипов. – М.: Наука, 1972. – 76 с.
14. Хайнике, Герхард. Трибохимия / Г. Хайнике ; пер. с англ. М. Г. Гольдфельда ; [предисл. П. Бутягина]. – Москва: Мир, 1987. – 582 с.
15. Межуева, Л.В. Композиционные материалы: учебное пособие / Л.В. Межуева, А.В. Быков, А.П. Иванова. – Оренбург: ОГУ, 2024. – 105 с. <https://e.lanbook.com/book/437732>.
16. Современная химия строительных материалов: учебное пособие для вузов / Л.Н. Блинов, В.В. Полякова, И.Л. Перфилова [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 116 с. <https://e.lanbook.com/book/401051>.
17. Долгих, А.В. Моделирование химико-технологических процессов: учебно-методическое пособие / А.В. Долгих, С. И. Сташков. – Пермь: ПНИПУ, 2024. — 109 с. <https://e.lanbook.com/book/492476>.
18. Александрова, О.А. Введение в технологию материалов микроэлектроники. В 3 частях. Основы технологий разделения и очистки / О.А. Александрова, А.О. Лебедев, Е.В. Мараева. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 216 с. <https://e.lanbook.com/book/302360>.
19. Бейлина, Н.Ю. Современные конструкционные материалы на основе графита: учебно-методическое пособие / Н.Ю. Бейлина, А.В. Петров. – 2-е изд., доп. – Москва: РТУ МИРЭА, 2023 – 66 с. <https://e.lanbook.com/book/398462>.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Изучение и обсуждение конкретных примеров по темам «Современные функциональные материалы для строительства на основе неорганических оксидов», «рН-контролируемый, гидротермальный, сонохимический и механохимический синтез неорганических материалов», «Современные твердофазный синтез», «Современная прикладная нанохимия неорганических соединений».

Устный опрос по теме «рН-контролируемый, гидротермальный, сонохимический и механохимический синтез неорганических материалов».

Выполнение самостоятельной работы (коллоквиум) по темам «Современная прикладная нанохимия неорганических соединений».

Контрольная работа по темам «Современные функциональные материалы для строительства на основе неорганических оксидов», «рН-контролируемый, гидротермальный, сонохимический и механохимический синтез неорганических материалов», «Современные твердофазный синтез», «Современная прикладная нанохимия неорганических соединений».

Подготовка индивидуальных рефератов по теме «Современные твердофазный синтез».

При оценке индивидуальных ответов на семинарских занятиях учитывается полнота, логичность, грамотность и стиль изложения.

При проведении обсуждения конкретных практических примеров (коллоквиум) учитывается уровень владения магистрантом материала, умение вести научный диалог, наличие грамотной аргументации.

При оценивании решения контрольных задач обращается внимание на полноту знания нового материала по заданной теме, структуру и последовательность изложения, аргументированность ответов, уровень самостоятельного мышления, умение увязывать теоретические положения с реальными условиями задачи.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине учебным планом предусмотрен – зачет.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 1. Современные функциональные материалы для строительства на основе неорганических оксидов (1 час)

Задание 1. Рассмотреть основные подходы и пути их решения современной химии для решения вопроса создания строительных материалов нового поколения. Описать основные типы веществ, используемых в качестве функциональных добавок к бетонам и пенобетонам.

(Форма контроля – контрольная работа)

Тема 2. рН-контролируемый, гидротермальный, сонохимический и механохимический синтез неорганических материалов (1 час)

Задание 1. Изучить и описать достоинства и недостатки, круг объектов и решаемых задач современного рН-контролируемого, гидротермального, сонохимического и механохимического синтеза.

(Форма контроля – контрольная работа)

Тема 3. Современные твердофазный синтез (1 час)

Задание 1. Приведите конкретные примеры грин-топохимического синтеза. На конкретных примерах рассмотрите особенности использования физических методов исследования для изучения и детализации механизма топохимических превращений.

(Форма контроля – контрольная работа)

Тема 6. Современная прикладная нанохимия неорганических соединений (1 час)

Задание 1. Перечислите и охарактеризуйте основные синтетические приемы регулирования размера, габитуса, микро- и наноструктуры неорганических материалов.

(Форма контроля – контрольная работа)

Примерная тематика семинарских занятий

Семинар № 1. «Современные функциональные материалы для строительства на основе неорганических оксидов. pH-контролируемый, гидротермальный, сонохимический и механохимический синтез неорганических материалов».

Семинар № 2. «Современные твердофазный синтез. Современная прикладная нанохимия неорганических соединений».

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;

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.

метод учебной дискуссии, который предполагает участие магистрантов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине используются современные информационные ресурсы: на образовательном портале [Educhem.bsu.by](https://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: <https://educhem.bsu.by/course/view.php?id=493>.

Примерные темы реферативных работ

1. Синтетические подходы к получению дисперсных оксидов различного состава и морфологии частиц.
2. Принципы получения высокопористых, термоизоляционных, вспененных, самоочищающихся материалов.
3. Принципы получения высокопрочных строительных материалов.

4. Механизм твердения бетона. Основные пути регулирования скорости процесса твердения бетона.
5. Механизм действия регуляторов твердения бетона.
6. Современные научные исследования в области конструирования вспененных и вспученных материалов для строительства.
7. Синтез неорганических оксидов из водных растворов оксокислот – неорганических полимеров.
8. Механизм pH-контролируемого синтеза на примере синтеза диоксида титана из малорастворимых титанатов.
9. Сонохимический синтез дисперсных фаз неорганической природы.
10. Синтез неорганических веществ в гидротермальных условиях: преимущества и недостатки.
11. Механохимический синтеза неорганических веществ.
12. Современные направления исследования в области твердофазного синтеза.
13. Современные неорганические биоматериалы: взаимосвязь «структура – свойства».
14. Общие подходы к получению негорючих материалов неорганической природы.
15. Современная прикладная нанохимия неорганических соединений.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Основные цели и задачи, приемы и методы решения прикладных проблем современной химии конденсированных систем.
2. Место химии конденсированного состояния в системе наук естественно-научного цикла. Прикладная химия конденсированных систем.
3. Современные неорганические оксидные материалы в строительстве. Конструкционные материалы на основе неорганических оксидов различного функционального назначения.
4. Основные принципы получения высокопористых, термоизоляционных, вспененных, самоочищающихся и др. материалов (в том числе для строительства термозэффективных домов). Основные технологические принципы получения высокопрочных строительных материалов.
5. Механизм твердения бетона и строительных смесей на его основе. Основные пути регулирования скорости процесса твердения бетона.
6. Низкотемпературный химический синтез высокопрочных и жаростойких пенобетонов: основа для получения строительных материалов нового поколения.
7. Варианты pH-контролируемого синтеза на примере синтеза диоксида титана из малорастворимых титанатов.
8. Сонохимический синтез дисперсных фаз неорганической природы.
9. Синтез неорганических веществ в гидротермальных условиях: преимущества и недостатки.
10. Механохимический синтеза конденсированных систем.

11. Роль и место классического высокотемпературного твердофазного синтеза в получении конденсированных систем широко функционального назначения.
12. Основные типы биоматериалов. Традиционные подходы к получению неорганических биоматериалов.
13. Явление горения: основные процессы, механизм. Виды пламени. Виды горения.
14. Явление термостабильности: основные подходы к приданию материалам термической стабильности в широком температурном интервале.
15. Термические методы исследования: виды, основные достоинства и недостатки каждого метода.
16. Современные подходы к получению материалов, характеризующихся высокой термической устойчивостью.
17. Понятие нанохимии и нанотехнологии. Основные преимущества при переходе от макроскопических объектов к наноразмерным.
18. Основные синтетические приемы регулирования размера, габитуса, микро- и наноструктуры неорганических материалов.
19. Современные подходы к практическому применению наноразмерных кристаллитов: современные спектрально-аналитические приложения для детектирования следовых количеств веществ в многофазных конденсированных системах.
20. Явление плазмонного резонанса, разработка и исследование современных люминесцентных материалов.

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
