

*Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста
Левановича Хетагурова»*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Химические методы формирования наносистем»**

Направление подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки
«Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии»

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Год начала подготовки - 2026

Утверждена в составе ОПОП.

Владикавказ, 2026

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины – 3з.е. (108 ч.)

	Очная форма обучения
Курс	3
Семестр	5
Лекции	18
Практические занятия	18
Лабораторные занятия	-
Консультации	-
Итого аудиторных занятий	36
Самостоятельная работа	72
Курсовая работа	+
Контроль	
Экзамен	-
Зачет	+
Общее количество часов	108

2. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины:

- познакомить студентов с физико-химическими основами синтеза нанокристаллических систем, включая термодинамику и кинетику зародышеобразования и роста нанокристаллов из раствора и пара: золь-гель, гидротермальный метод, криотехнология, вакуумная конденсация, молекулярно-лучевая эпитаксия, ПЖК и химическое осаждение из пара. Обсуждаются условия получения наноматериалов методами гомогенного и гетерогенного зародышеобразования, в том числе тонких пленок, коллоидных нанокристаллов, углеродных нанотрубок и нитевидных кристаллов.

Задачи дисциплины:

- научить студентов синтезировать наноразмерные материалы из раствора и газовой фазы, выбрать метод получения наноструктурных материалов;
- научить студентов, пользуясь знаниями о химии дисперсных систем, управлять размером, морфологией и составом нанокристаллов.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Химические методы формирования наносистем» относится к дисциплинам вариативной части Блока 1, Б1.В.06.

4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых спланируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций и достижение следующих результатов обучения.

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной пред-	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики	Знает основные физико-химические параметры, определяющие ход химических превращений, термодинамический прогноз возмож-

метной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования		ности реализации синтеза в гомогенной среде. Р-Т-х фазовые диаграммы, выбор условий синтеза; основу термодинамики поверхности, избыточные термодинамические функции, поверхностное натяжение и свободную энергию поверхностей раздела фаз, связь поверхностного натяжения с объемными свойствами веществ, термодинамическое уравнение Гиббса для поверхности раздела фаз в однокомпонентных системах;
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин	Способен рассчитывать флуктуацию размера нанокристаллов в зависимости от условий синтеза, определять оптимальные условия получения монодисперсных нанокристаллов;
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем	Способен обобщать и осмысливать физико-химические основы синтеза нанокристаллических систем для дальнейшего решать биологические проблемы методами анализа.
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием	Владеет основными методами исследования наночастиц с учетом локальности и глубины анализа: электронной микроскопией, рентгеновской дифракцией, спектроскопией поглощения.
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории	
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента	
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов	Применяет современные программные пакеты для расчета флуктуации размера нанокристаллов в зависимости от условий синтеза, определяет оптимальные условия получения монодисперсных нанокристаллов;

	ПК-1.9 Знает перечень ведущих периодических научных изданий и способен выделять актуальные научные публикации в профессиональной области	Способен самостоятельно работать с естественнонаучной литературой, а также с учебной, учебно-методической и справочной литературой по физико-химическим предметам
ПК-3Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.4 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области	Знает основные методы формирования наночастиц, классификацию методов по принципам «снизу - вверх» и «сверху-вниз», физические и химические методы, помол и диспергирование, нуклеацию и агломерацию, рост из пара и из растворов, основные параметры роста наночастиц
	ПК-3.5 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов	Знает численные порядки величин, характерные для различных механических явлений
	ПК-3.6 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей	Способен обосновать причинно-следственные отношения при разработке алгоритмических и программных решений

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литература
		лек-ции	практ	Содержание	часы		
1.	Гетерогенное зародышеобразование. Гетерогенное зародышеобразование. Эпитаксиальные соотношения. Образование новой фазы при участии модификаторов.	4	2	Массовая кристаллизация и рост монокристаллов.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-6]
2.	Гетерогенное зародышеобразование. Стабильные и метастабильные кристаллические фазы. Кинетические особенности образования кристаллических фаз, связанные с зародышеобразованием.	4	2	Кинетические особенности образования кристаллических фаз, связанные с зародышеобразованием. Роль подложки.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-6]
3.	Гидротермальный синтез, криохимия. Метод гидротермального синтеза. Термодинамические основы метода. Влияние параметров гидротермального синтеза на свойства получаемых продуктов. Осаждение из сверхкритических растворов. Ультразвуковое воздействие на водные растворы, кавитация. RESS технология. Сублимационная сушка.	4	2	Методы низкотемпературной сушки золь и гелей. Способы достижения низких температур. Эффект Джоуля - Томсона. Скорость сублимации. Влияние вакуума. Потеря растворителя. Принципиальная схема установки криохимической сушки.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-6]
4.	Гомогенное зародышеобразование, агрегация. Гомогенное зародышеобразование. Критическое пресыщение. Критический размер	4	2	Критическое пресыщение. Критический размер зародыша.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-6]

	зародыша.						
5.	Гомогенное зародышеобразование, агрегация. Кинетические уравнения скорости зародышеобразования. Нуклеация и рост. Кооперативные явления в системе наночастиц; остальдово созревание. Агрегация.	4	2	Диаграмма Ла-Мера. Кинетические модели роста.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-6]
6.	Гомогенное зародышеобразование, агрегация. Типы взаимодействия частиц. Силы Ван-дер-Ваальса. Электростатические силы для заряженных частиц. Гидрофобное/гидрофильное взаимодействие (неполярные/полярные среды). Сольватация. Золи. Гели.	4	2	Теория Лифшица - Слезова - Вагнера.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-6]
7.	Золь-гель технология. Золь-гель технология. Гидролиз. Поликонденсация. Переход истинный раствор - золь. Влияние растворителя, температуры, pH. Строение гелей, ксерогели. Пример получения нанодисперсного кремнезема. Химическое осаждение из растворов. Коллоидный синтез нанокристаллов полупроводников. Нуклеация в растворах в присутствии стабилизатора. Синтез нитевидных наноматериалов.	4	2	Примеры роста нанокристаллов оксидов металлов. Применение квантовых точек: оптические сенсibilizаторы сенсорных материалов, биологические маркеры. Свойства нитевидных нанокристаллов. Углеродные нанотрубки. Одностенные и многостенные нанотрубки.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-6]
8.	Основы термодинамики поверхностных явлений. Основы термодинамики поверхностных явлений. Поверхностное натяжение и свободная энергия поверхностей раздела фаз. Тер-	4	2	Влияние морфологии, рельефа и адсорбции молекул. Состав поверхности, сегрегация компонентов в приповерхностных слоях.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-6]

	модинамическое уравнение Гиббса для поверхности раздела фаз в однокомпонентных системах.						
9.	Основы термодинамики поверхностных явлений. Адсорбция кислорода. Адсорбция паров воды. Кислотные и основные центры на поверхности. Окислительно-восстановительные и кислотно-основные реакции на поверхности. Поверхность и дисперсное состояние вещества.	4	2	Классификация дисперсных систем по размерности, агрегатному состоянию и структуре. Основные характеристики наночастиц и дисперсных систем. Размерный эффект.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-6]
Итого		36	18		54		

Примечания:

- Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.
- В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте, а также платформы дистанционного обучения Moodle, личный кабинет студента на сайте СОГУ, других элементов ЭИОС СОГУ.

6. Образовательные технологии

Согласно учебному плану в ходе преподавания дисциплины используются традиционные образовательные технологии: лекции, семинарские занятия, самостоятельная работа студентов.

Также при проведении занятий и самостоятельной работе студентов могут быть использованы:

- *интерактивные технологии* («мозговой штурм», дебаты, коллоквиумы, презентационный метод, работа в группах и др.);
- *технологии контекстного обучения* – система дидактических форм, методов и средств, направленная на моделирование содержания будущей профессиональной деятельности специалиста (анализ конкретных ситуаций, методы работы с информационными базами данных, моделирование исторических ситуаций и др.);
- *технологии электронного обучения* (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте и с использованием платформ дистанционного обучения (ЭИОС СОГУ).

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

К видам самостоятельной работы при изучении данной дисциплины относится: написание докладов, подготовка презентаций, самостоятельное изучение литературы по теме и составление по ней конспектов, работа со справочными материалами (терминологическими и иными словарями, энциклопедиями) и т.д.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Методические рекомендации по дисциплине прилагаются.

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

Критерии оценки контрольной работы могут быть как общие, так и частные. К общим критериям можно отнести следующие:

- соответствие контрольной работы теме;
- глубина и полнота раскрытия темы;
- адекватность передачи содержания первоисточника; логичность, связность; доказательность;
- структурная упорядоченность (наличие введения, основной части, заключения, их оптимальное соотношение);
- оформление (наличие плана, списка литературы, культура цитирования, сноски и т. д.); языковая правильность.

Частные критерии относятся к конкретным структурным частям контрольной работы: введению, основной части, заключению.

1. Критерии оценки введения: наличие обоснования выбора темы, ее актуальности; наличие сформулированных целей и задач работы; наличие краткой характеристики первоисточников.

2. Критерии оценки основной части: структурирование материала по разделам, параграфам, абзацам; наличие заголовков к частям текста и их соответствие содержанию; проблемность и разносторонность в изложении материала; выделение в тексте основных понятий и терминов, их толкование; наличие примеров, иллюстрирующих теоретические положения.

3. Критерии оценки заключения: наличие выводов по результатам анализа; выражение своего мнения по проблеме; наличие приложения: рисунков и схем (при необходимости).

Все требования к контрольной работе сообщаются задолго до его написания. Общая оценка за контрольную работу выставляется следующим образом: от 65% до 80% - «удовлетворительно»; 80-90% - «хорошо»; 90-100% - «отлично».

Методические указания для преподавателей по проведению практических занятий

В начале занятия рекомендуется рассмотреть соответствующий теоретический материал. Затем идет практический разбор изучаемого материала, решаются задачи из сборников по введению в языкознание, разбирается каждый конкретный пример.

В начале практического занятия следует обратить на теоретические вопросы по теме занятия. Первоначально идет изложение теоретического материала темы занятия. Затем в ряде вопросов преподавателя следует сконцентрировать внимание на основных идеях темы занятия. Вопросы должны включать в себя различные вариации элементарных ситуаций, отображающих основные идеи темы занятия в их взаимной взаимосвязи. Задаваемые вопросы должны быть конкретными и максимально проявлять в студентах их сообразительность.

После предварительной части следует начинать разбирать вопросы, имеющие более длинные сценарии взаимодействия основных идей темы занятия.

Устный опрос требует от преподавателя большой предварительной подготовки: тщательного отбора содержания, всестороннего продумывания вопросов, задач и примеров, которые будут предложены, путей активизации деятельности всех студентов группы в процессе проверки, создания на занятии деловой и доброжелательной обстановки.

Различают фронтальный, индивидуальный и комбинированный опрос.

Фронтальный опрос проводится в форме беседы преподавателя с группой. Он органически сочетается с повторением пройденного, являясь средством для закрепления знаний и умений. Его достоинство в том, что на активную умственную работу можно вовлечь всех студентов группы. Для этого вопросы должны допускать краткую форму ответа, быть лаконичными, логически взаимосвязанными друг с другом, даны в такой последовательности, чтобы ответы студентов в совокупности могли раскрыть содержание раздела, темы. С помощью фронтального опроса преподаватель имеет возможность проверить выполнение студентами домашнего задания, выяснить готовность группы к изучению нового материала, определить сформированность основных понятий, усвоение нового учебного материала, который был только что разобран на занятии.

Индивидуальный опрос предполагает обстоятельные, связные ответы студентов на вопрос, относящийся к изучаемому учебному материалу, поэтому он служит важным учебным средством развития речи, памяти, мышления студентов. Чтобы сделать такую проверку более глубокой, необходимо ставить перед студентами вопросы, требующие развернутого ответа.

Вопросы для индивидуального опроса должны быть четкими, ясными, конкретными, емкими, иметь прикладной характер, охватывать основной, ранее пройденный материал программы. Их содержание должно стимулировать студентов логически мыслить, сравнивать, анализировать, доказывать, подбирать убедительные примеры, устанавливать

причинно-следственные связи, делать обоснованные выводы и этим способствовать объективному выявлению знаний студентов.

Вопросы обычно задают всей группе и после небольшой паузы, необходимой для того, чтобы студенты поняли его и приготовились к ответу, вызывают для ответа конкретного студента.

Письменная проверка, наряду с устной, является важнейшим методом контроля знаний, умений и навыков студентов. Однородность работ, выполняемых студентами, позволяет предъявлять ко всем одинаковые требования, попытается объективность оценки результатов обучения. Применение этого метода дает возможность в наиболее короткий срок одновременно проверить усвоение учебного материала всеми студентами группы, определить направления для индивидуальной работы с каждым.

Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе (выполнение домашних заданий).

8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Рабочая программа предусматривает проведение лекционных и практических занятий, а также следующие виды работ: самостоятельную работу студентов по подготовке устных сообщений, написанию докладов, подготовку презентаций и обсуждений по темам дисциплины - работу в активной и интерактивной формах.

Рабочая программа предполагает текущий и промежуточный контроль знаний.

Текущий контроль – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра или учебного года. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля выступают опросы на занятиях с целью проверки наличия знаний, необходимых для усвоения нового материала или для выяснения степени усвоения изложенного материала; рефераты, доклады, презентации, контрольные работы и др.

Рубежный контроль осуществляется по окончании изучения материала в конце семестра в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля или дисциплины в целом.

8.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Основными формами *текущего контроля* знаний по дисциплине являются:

- выполнение практических работ;
- задания по теме, вынесенной на самостоятельное изучение;
- проверка домашнего конспекта.

Форма *рубежного контроля*: тест

Формы *промежуточной аттестации*: зачет/экзамен.

Формы контроля и критерии оценивания

Эт ап	Форма контро- ля	Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86-100 %	71–85%	50–70%	Менее 50%
		отлично / зачет	хорошо / зачет	удовлетвори- тельно / зачет	неудовлетвори- тельно / незачет
1. Текущий контроль (max 40 баллов)					
		33–37 баллов	28–32 баллов	19–27 баллов	0–18 баллов
	Текущая работа в течение модуля (max 37	Студент актив- но работает на занятиях, пре- восходно вы- полняет все за-	Студент актив- но работает на занятиях, хоро- шо выполняет задания препо-	Студент недо- статочно актив- но работает на занятиях, удовлетвори-	Студент недоста- точно активно работает на заня- тиях, неудовле- творительно вы-

	б.)	дания преподавателя.	давателя.	тельно выполняет задания преподавателя.	полняет задания преподавателя.
		3 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
	Реферат / доклад / конспект (маx 3б.)	Тема полностью раскрыта. Превосходное владение материалом. Высокий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Превосходный стиль изложения.	Тема в основном раскрыта. Хорошее владение материалом. Средний уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Хороший стиль изложения.	Тема частично раскрыта. Удовлетворительное владение материалом. Низкий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Удовлетворительный стиль изложения.	Тема не раскрыта. Неудовлетворительное владение материалом. Недостаточный уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Неудовлетворительный стиль изложения.
2. Рубежный контроль (30 б.)					
	тест/ контрольная работа	Количество баллов за выполнение каждого задания указываются в тесте/контрольной работе.			
3. Промежуточная аттестация по дисциплине – 30 баллов					
		Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86–100 %	71–85%	50–70%	0–49 %
	Зачет/ Экзамен	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	Дан полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Но допущены незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.	Дан недостаточно полный ответ. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины или дан неполный ответ и допущены грубые ошибки. Речь неграмотная. Уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Пересчет полученной суммы баллов по дисциплине в оценку производится в соответствии с действующим локальным нормативным актом.

8.2. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примерный перечень вопросов в тестах

1. Перечислите основные методы получения наноматериалов.

2. Дайте вывод формулы для расчета числа атомов (молекул) в критическом зародыше.
3. Перечислите достоинства и недостатки высокоэнергетического измельчения, механохимического и плазмохимического способа.
4. Дать общую характеристику структуры наноматериалов.
5. Выведите соотношения, описывающие зависимость общей доли поверхностей раздела, а также долей межзеренных границ и тройных стыков от размера кристаллитов.
6. Какие факторы определяют ширину рентгеновских пиков?
7. Опишите основные типы дефектов в наноматериалах.
8. Могут ли быть наноматериалы бездефектными?
9. Каковы особенности поверхностей раздела в наноматериалах.
10. В чем достоинства и недостатки технологии пленок и покрытий как метода изготовления наноматериалов.
11. Охарактеризуйте основные методы получения нанокристаллических полупроводников.
12. Каковы механизмы роста пленок из пара.
13. В чем особенности получения гибридных, пористых и супрамолекулярных наноматериалов.
14. Охарактеризуйте методы получения углеродных наноструктур.
15. Охарактеризуйте методы самосборки наноструктур.
16. Каковы особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах.
17. В чем суть квантовых размерных эффектов?
18. Как формируются наноструктуры с квантовыми точками?
19. Охарактеризуйте квантовые стенки, проволоки и точки.
20. Приведите примеры и объясните влияние размерных эффектов на электронную структуру наноматериалов.
21. Перечислите основные факторы, влияющие на неравновесное состояние наноматериалов.
22. Охарактеризуйте влияние размера кристаллитов на электрические свойства наноматериалов.
23. Как меняется прочность, твердость и пластичность при уменьшении размера зерна? Охарактеризуйте явление сверхпластичности в наноматериалах.
24. Приведите примеры влияния размерных эффектов на реакционную способность и активность наноматериалов.
25. Приведите примеры и объясните природу наличия метастабильных фаз в наноматериалах. Какова роль термодинамического и кинетического факторов.
26. Охарактеризуйте особенности фазовых превращений в наноструктурах.
27. Как влияет размер кристаллитов на коэффициент термического расширения и температуру плавления наноматериалов.
28. Приведите примеры влияния размерных эффектов на реакционную способность и каталитическую активность наноматериалов.
29. Как влияет размер зерна на фазовую устойчивость нанокристаллических сплавов?
30. Опишите основные области применения нанопористых материалов.
31. В чем заключаются особенности применения катализаторов как одного из типов наноматериалов?

32. Каковы преимущества применения наноматериалов для аккумуляторов?
33. Назовите основные области применения магнитных наноматериалов?
34. Для чего и как разрабатываются материалы с высокой электропроводностью и прочностью?
35. Охарактеризуйте применение наноматериалов в электронике.

Примерный перечень контрольных вопросов в билетах.

1. Классификация наноматериалов.
2. Свободная энергия Гиббса образования поверхности раздела. Поверхностное натяжение. Равновесные состав объема и состав поверхности.
3. Гомогенная нуклеация. Зависимость энергии образования зародышей от радиуса. Влияние величины пересыщения на радиус критического зародыша. Диаграмма ЛаМера. Гидрофильность, гидрофобность, расклинивающее давление.
4. Гетерогенная нуклеация, механизмы зародышеобразования. Влияние смачиваемости на энергию образования зародышей. Эпитаксия.
5. Процесс агрегации наночастиц. Силы Ван дер Вальса. Механизмы стабилизации наночастиц. Оствальдово созревание, теория Лифшица-Слезова-Вагнера.
6. Золи, гели.
7. Мицеллы, сольватация, гидратация, влияние pH и пересыщения.
8. Золь-гель технология. Основные стадии золь-гель процесса. Щелочной и кислотный гидролиз. Реакция поликонденсации. Примеры золь-гель процесса. Применение золь-гель метода для синтеза наночастиц. Алкоксотехнология.
9. Темплатный синтез с ПАВ. Синтез в микроэмульсиях
10. Коллоидный синтез нанокристаллов. Основные реакции процесса. Нуклеация в растворах в присутствии стабилизатора. Диаграмма ЛаМера, влияние пересыщения. Строение коллоидных квантовых точек. Синтез структур «ядрооболочка». Применение квантовых точек,
11. Гидротермальный синтез. Критическое состояние. Термодинамические основы метода. Основные стадии процесса. Влияние параметров гидротермального синтеза: давления, температуры, pH на свойства получаемых продуктов. Влияние ультразвука. Осаждение из сверхкритических растворов. Рост кристаллов по методам Бриджмена и Чохральского.
12. Криотехнология. Основы метода. Способы достижения низких температур. Эффект Джоуля - Томсона. Кинетика потери растворителя, влияние вакуума. Принципиальная схема установки криохимической сушки. Применение метода.
13. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Принципы метода. Схема установки
14. Гетерогенное зародышеобразование при росте наночастиц из пара. Роль подложки. Кластеры металлов. Влияние размера кластеров на их структуру и свойства, температура плавления, магические числа кластеров.
15. Методы вакуумной конденсации. Схемы реакторов, роль вакуума. Процессы в зонах испарения и конденсации. Давление насыщенного пара. Длина свободного пробега молекул в газовой фазе. Коэффициент конденсации. Механизмы вакуумной конденсации. Применение метода вакуумной конденсации для синтеза наночастиц.
16. CVD метод для получения наноматериалов. Принцип CVD метода, его преимущества и ограничения. Основные стадии CVD процесса, лимитирующая стадия. Напишите основные реакции в газовой фазе. Схема CVD реактора

Неорганические и металлоорганические прекурсоры для CVD-процесса. Рост тонких пленок и гетероструктур. Синтез Nb₃Ge из газовой фазы.

17. Метод пиролиза аэрозолей. Принцип метода, его преимущества и ограничения. Основные стадии процесса. Основные реакции в газовой фазе. Схема реактора пиролиза аэрозолей. Прекурсоры для процесса пиролиза аэрозолей.

18. ПЖК механизм роста нитевидных кристаллов, принцип метода. Роль затравки.

19. Основные реакции. Доказательства ПЖК механизма роста

20. Углеродные нанотрубки. Структура, возможные варианты свертки графенового «листа». Методы получения углеродных нанотрубок. Применение углеродных нанотрубок.

21. Темплатный синтез для роста нитевидных кристаллов из пара

22. Метод лазерного и магнетронного нанесения. Принципы методов, преимущества и ограничения. Принципиальная схема реакторов. Применение метода для синтеза нанокристаллов

23. Методы определения размера.

24. Методы определения кристаллической структуры наночастиц

25. Методы определения толщины и состава тонких пленок

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения.

Дисциплина построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически заверченный раздел.

Лекционный материал посвящен рассмотрению ключевых, базовых положений курсов и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к практическим занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Наноструктурные материалы. Учебное пособие для студ. высш. учебн. заведений. // Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. - М.: Издательский центр "Академия", 2005.
2. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. Мир материалов и технологий. Техносфера. Москва, 2005.
3. Андриевский Р.А. Термическая стабильность наноматериалов. Успехи химии. Т. 71, № 10, стр. 967-981, 2002.
4. Морохов И.Д., Трусов Л.И., Лаповок В.Н. Физические явления в ультрадисперсных средах. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Валиев Р.З., Александров К.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. — М.: Логос, 2000.
6. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. — М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2001.

б) дополнительная литература:

1. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под ред. М. К. Роко, Р. С. Вильямса, П. Аливисатоса. — М.: Мир, 2002.
2. Мильвидский М.Г, Челышев В.В. Наноразмерные кластеры в полупроводниках — новый подход к формированию свойств материалов. Физика и техника полупроводников. Т. 32, № 5, стр. 513 — 530, 1998.
3. Озерин А.И. Наноструктуры в полимерах: получение, структура, свойства // Проблемы и достижения физико-химической и инженерной науки в области наноматериалов: Труды 7-й сессии / под ред. В. А. Махлина. Т. 1, стр. 186-204, 2002. — М.: ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова.
4. Помогайло А.Д. Металлополимерные наноконкомпозиты с контролируемой молекулярной архитектурой. Российский химический журнал. Т. 46, № 5, стр. 64-73, 2002.
5. Третьяков Ю.Д. Процессы самоорганизации в химии материалов. Успехи химии. Т. 73, № 8, стр. 731-763, 2003.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- необходимый для обеспечения данной дисциплины комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, а также электронные библиотечные системы, с которыми у СОГУ имеется действующий договор:

№ п/п	Наименование	№ договора(лицензия)	Страна-производитель
1.	Windows 10 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
2.	Windows 10 Pro for Workstations	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
3.	Windows 7 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
4.	Windows 7 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
5.	Office Standard 2016	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
6.	Office Standard 2013	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
7.	Office Standard 2010	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
8.	Корпоративная электронная почта (Яндекс.Почта)	№КИС-1965-2025 от 12.01.2026	Россия
9.	Программное обеспечение 1С: Предприятие. Бухгалтерский Учет. Типовая конфигурация 8 сетевая версия	№ СД/108 от 29.08.2017 «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
10.	Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат. ВУЗ»	№ SBR003-250010357500001 от 05.02.2025 (действителен до 04.02.2026) с ОАО «АнтиПлагиат»	Россия

11.	Программное обеспечение 1С: Предприятие 8.3 Управление торговлей	№КП /108 от 29.08.2017 с ООО «Максимум» (бессрочно)	Россия
12.	Программное обеспечение 1С: Зарплата и кадры государственного учреждения 8	№СД./ №9., 08.06.2025 г. «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
13.	1С: Бухгалтерия 8. Базовая версия	№9 от 21.05.2019, «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
14.	Планы	№2191-24, от 09.01.2025 г. (тех.поддержка до 26.02.2026 г.) ООО ЛММИС	Россия
15.	ПО Лаборатории ММИС (Деканат, ПК, Ведомости, Тестирование, интернет расширение и др.)	№2435-24 от 04.03.2025 ООО ЛММИС	Россия
16.	VSDESK	№ 210406/01 от 06.04.2021г. ИП И,А.Сергеевич	Россия
17.	DIRECTUM RX – Система электронного документооборота	ООО Галактика ИТ договор № 120320/Д/А от 14.03.2022	Россия
18.	MOODLE	Бесплатное	-
19.	ЭБС «Консультант студента»	http://www.studentlibrary.ru Требуется регистрация в библиотеке СОГУ	Россия
20.	РусГард	Бесплатное	Россия
21.	Система веб-конференций (bigbluebutton)	Бесплатное	-
22.	Средства криптографической защиты (КриптоПро CSP, Крипто АРМ)	№120680, от 21.01.2025 ООО «Цифровые технологии»	Россия
23.	Средства криптографической защиты (ViPNet)	№0000-000008 от 17.01.2025 ООО Экспресс-линк	Россия
24.	Средства криптографической защиты (Континент TLS)	№25/08/22 СЛ от 04.09.2025 ООО СКБ-Сервис	Россия
25.	Kaspersky Endpoint Security	№ СФ00-001239 от 13.02.2025 ООО Системный Софт	Россия

**Реестр электронных библиотечных систем (ЭБС)
и электронных образовательных ресурсов, доступ к которым обеспечен
для обучающихся по образовательным программам,
реализуемым в 2026-2027 учебном году**

Название базы данных	Платформа и (или) адрес в сети Интернет	Реквизиты	Правообладатель	Количество ключей
«Университетская библиотека Online» Базовая коллекция	https://biblioclub.ru Требуется регистрация.	Договор № 571-12/2025 от 12.01.2026 г.	ООО «НексМедиа»	Без ограничения количества пользователей

		С 01.01.2026 г. -31.12.2026 г.		
Информационно- аналитическая система SCIENCE INDEX: рефераты и полные тексты научных статей и публикаций, российские научные и научно-технические журналы	eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/org Требуется регистрация.	Лицензионный договор № 310-5051/2025 от 31.03. 2025 г. С 14.04.2025 г.- 20.04.2026 г.	ООО «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»	Доступ по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
eLIBRARY.RU - интегрированный научный информационный портал в российской зоне сети Интернет, включающий базы данных научных изданий и сервисы для информационного обеспечения науки и высшего образования.	eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/org Требуется регистрация.	Ресурс открытого доступа	ООО «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
«Юрайт» - Учебники по всем специальностям и направлениям подготовки. - ЦУМК по федеральному проекту «Кадры для цифровой экономики»	«Юрайт» https://urait.ru/info/courses?utm_source=m_campaign Требуется регистрация.	Договор № 6237 от 05.12.2023 г. С 31.12.2023 - 31.12.2026 г.	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ»	Доступ по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
<u>Универсальная база данных East View</u> - полнотекстовый доступ к научным журналам	https://dlib.eastview.com Логин: Khetagurov. Пароль: Khetagurov.	№210-П от 12.01.2026 г. С 01.01.2026 г.- 31.12.2026 г.	ООО «ИВИС»	Без ограничения количества пользователей
«SocHum» - электронная библиотека социогуманитарного знания (коллекция учебно-методической литературы и научных журналов социогуманитарной коллекции научно-исследовательских институтов РАН	https://sochum.ru	Ресурс открытого доступа	Государственный академический университет гуманитарных наук (ГАУГН)	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей.
<u>Polpred.com</u> - открытая электронная библиотечная система и интернет-сервисы «Деловые средства массовой информации». Доступ к статьям 600 газет, журналов информагентств с архивом за 20 лет: - обзор СМИ; - Россия и зарубежье; - Федеральные округа РФ. - внешняя экономика, право.	https://www.polpred.com/	Ресурс открытого доступа		Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей.

Национальная электронная Библиотека «НЭБ»	https://rusneb.ru/ Требуется регистрация.	Договор № 4513-п от 26.12.2023 г. (на 10 лет с последующей автоматической пролонгацией) Без ограничения срока	Российская государственная библиотека	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
---	---	---	---------------------------------------	--

Электронные образовательные ресурсы

Наименование ресурса	Содержание ресурса	Ссылка на ресурс в сети Интернет
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	Каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовая электронная учебно-методическая библиотека для общего и профессионального образования	https://web.archive.org/web/20191122092928/http://window.edu.ru/
«КиберЛенинка»	Собрание научных статей, в основном на русском языке, хотя есть и иностранные публикации.	https://cyberleninka.ru/
Всенаука	Естественные, гуманитарные и социальные науки, психология	Всенаука https://vsenauka.ru/
Библиотекарь. Ру	Бесплатная интернет-библиотека. Книги, статьи, документы по русской и мировой истории, искусству, культуре, прикладным наукам, учебники, научные статьи, методические пособия. Электронные книги, учебники, периодика, графика, справочная и техническая литература. На сайте представлено около 10.000 книг доступных для онлайн чтения. - более 50 полнотекстовых справочников и энциклопедий; - Древнерусская литература - летописи, жития святых, воинские повести древней Руси; - сведения иностранных писателей о средневековой России; - большой раздел репринтов книг, газет и журналов 19 века; - биографии и труды русских учёных и писателей; - классическая литература. Мемуары, дневники; - учебники и научные работы по 20 дисциплинам; - более 15.000 картин и художественных изображений.	https://bibliotekar.ru/

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы обучающихся: преподавательский стол; стул; столы обучающихся; стулья; кафедра; классная доска, мультимедийный комплекс (проектор, экран), ноутбук, колонки, программное обеспечение.
Библиотека, в том числе читальный зал: столы, стулья, ПК обучающихся, программное обеспечение.

Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- при наличии по дисциплине курсовой работы продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.