

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич

Должность: Профессор

Дата подписания: 27.04.2026 15:31:18

Уникальный программный ключ:

04c19ed8bf98f3b65b77a486b9a8788b8322325

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Химический факультет

Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов»

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 1 из 25

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

А.И. Бирюков

12
_____ 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)*

2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов»

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердых тел

Направленность (профиль) – Химия твердых тел

Высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения

очная

Челябинск, 2025

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 2 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Программа по дисциплине «Физико-химические особенности нанопроцессов» составлена в соответствии с паспортом научной специальности 1.4.155 Химия твердого тела и федеральными государственными требованиями (уровень образования: высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации), утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951.

Разработчики программы:

Белая Е.А., зав. кафедрой, канд. хим. наук, доцент _____



Бурмистров В.А., профессор кафедры,
д-р физ.-мат. наук, профессор _____



Программа одобрена на заседании кафедры химии твердого тела и нанопроцессов от « 16 » 12 2025 г., протокол № 5 .

Программа утверждена на заседании Ученого совета химического факультета от « 17 » 12 2025 г., протокол № 4 .

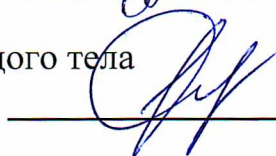
Согласовано

Декан химического факультета _____




Бурмистров В.А.

Заведующий кафедрой химии твердого тела
и нанопроцессов _____



Белая Е.А.

Заведующий отделом аспирантуры
и докторантуры _____



Бочкарева Н.В.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 3 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Аннотация программы: Программа состоит из трех разделов, включающих рассмотрение основных представлений о физико-химических особенностях поверхностных свойств твердых тел, в том числе наноразмерных, способах исследования поверхности и основах создания новых классов неорганических материалов, функциональные свойства которых определяются их поверхностью. Часть материала дисциплины предлагается аспирантам изучить самостоятельно, используя литературные источники и Интернет ресурсы. Проводятся занятия в интерактивной форме в виде дискуссий и семинаров.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: получение аспирантами фундаментальных знаний о способах и методах получения наносистем и изучения их свойств.

Задачи дисциплины:

- освоение методов синтеза наносистем, использование их в планировании синтетических экспериментов;
- освоение методов синтеза нанодисперсных неорганических и композиционных материалов путем направленной кристаллизации фаз в многокомпонентных металлических системах,
- знакомство с широким кругом физико-химических методов анализа наноматериалов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физико-химические особенности нанопроцессов» является обязательной. Преподавание дисциплины осуществляется на первом курсе (2 семестр). Общая трудоемкость дисциплины, в том числе и промежуточная аттестация, составляет 2 зачетных единиц/72 часов, из них контактная работа с преподавателем составляет - 0,5 зачетных единиц/18 часов (лекции – 6 часов, практические – 12 часов), самостоятельная работа – 1,47 зачетных единиц/53 часов, контроль – 0,03 зачетных единиц/1 час.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой фундаментальной подготовкой в области неорганической и физической



Химический факультет

Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов»

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 4 из 25

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

химии, владеть навыками работы с литературными источниками, знать основные физические методы исследования в химии, а также владеть основными понятиями химии наноматериалов.

Дисциплина «Физико-химические особенности нанопроцессов» призвана помочь аспирантам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение кандидатской диссертации. Эта дисциплина опирается на предшествующие курсы специализированной подготовки «Физическая химия», «Неорганическая химия» и «Химия твердого тела».

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать базовой химической подготовкой и навыками владения современными вычислительными средствами, владеть основными понятиями в области неорганической, физической химии, физики и квантовой механики в рамках университетского курса для студентов-химиков.

Требования к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося, необходимые при изучении дисциплины

Знать	Уметь	Владеть
основные методы научно-исследовательской деятельности	выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования
цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации;	составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов,	систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Химический факультет

Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов»

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 5 из 25

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов	проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты	подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме
фундаментальные основы химии твердого тела и специальных дисциплин	составлять план работы по заданной теме, анализировать получаемые результаты, составлять отчёты о научно-исследовательской работе	синтетическими и физико-химическими методами исследований в химии твердого тела

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Результаты обучения по дисциплине	
Знать	методы многокомпонентных наносистем, использование их в планировании синтетических экспериментов, а также владеть методами теоретического расчета и прогнозирования диаграмм состояния наносистем.
Уметь	синтезировать неорганические композиционные наноматериалы путем направленной кристаллизации фаз в многокомпонентных системах, применять знания о механизмах и закономерностях протекания химических реакций и фазовых превращений для разработки новых методов получения материалов с заданным составом, структурой и свойствами;
Владеть	представлениями в области неорганических и композиционных наноматериалов различных классов, включая химические, экологические и экономические аспекты получения этих материалов.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 6 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов	-	72	-	-	72
Контактная работа:	-	18	-	-	18
Лекции, акад. часов	-	6	-	-	6
Практические (семинары), акад. часов	-	12	-	-	12
Лабораторные работы, акад. часов	-	-	-	-	-
Самостоятельная работа, акад. часов	-	53	-	-	53
Контроль	-	1	-	-	1
Вид контроля (зачёт, экзамен)		диффер. зачет			

4.2. Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Количество часов					Самостоятельная работа	Форма текущего контроля
		Всего	Контактная работа					
			Лекции	Практические, семинары	Лаб. работы			
1	Общая характеристика методов получения нанокластеров и наноструктур	11	1				10	Тестирование
2	Общая характеристика физических и химических свойств наночастиц и наноматериалов	16	1	4			11	Тестирование
3	Физико-химические аспекты процессов,	17	2	4			11	Тестирование



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Химический факультет
Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов»

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 7 из 25

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

	протекающих в наносистемах							
4	Методы получения и физико-химические свойства отдельных типов наносистем	11	1				10	Тестирование
5	Современные методы исследования наночастиц и наноструктур и нанотехнологические методы	16	1	4			11	Тестирование
	Контроль	1				1		Диффер. зачет
	Итого:	72	6	12	-	-	53	

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Общая характеристика методов получения нанокластеров и наноструктур	Понятие «наносистема». Основные типы наносистем. Методы получения нанокластеров и наноструктур: молекулярных кластеров, газовых безлигандных кластеров, коллоидных кластеров, твердотельных нанокластеров и наноструктур, матричных нанокластеров и супрамолекулярных наноструктур, кластерных кристаллов и фуллеренов, компактированных наносистем и нанокомпозитов, тонких наноструктурных пленок.
2	Общая характеристика физических и химических свойств наночастиц и наноматериалов	Молекулярно-кинетические свойства: броуновское движение и диффузия, седиментационная устойчивость в гравитационном и центробежном полях. Анализ дисперсности коллоидных наносистем в центробежном поле. Электронное строение и электрические свойства наночастиц. Оптические свойства наносистем. Законы светорассеяния и светопоглощения, уравнение Рэля. Нелинейные оптические свойства. Особенности кристаллической структуры нанокластеров. Термодинамические свойства наночастиц и наноматериалов. Химические свойства



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Химический факультет

Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов»

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 8 из 25

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

		наносистем. Катализ на наночастицах и нанокластерах. Магнитные свойства наноматериалов. Магнетосопротивление. Особенности механических свойств нанокомпозитов и нанокристаллических материалов. Сверхпластичность.
3	Физико-химические аспекты процессов, протекающих в наносистемах	Термодинамические закономерности образования и роста нанокластеров. Энергия Гиббса зародышеобразования, критический размер зародыша. Кластерообразование внутри микропоры. Кинетика образования кластеров. Термодинамические свойства двумерных наносистем (пленок). Условия образования пленок на поверхности конденсированных фаз. Термодинамические свойства идеальных и реальных пленок. Анализ диаграмм состояния поверхностных пленок. Физико-химические процессы, протекающие в нанопористых системах. Общая характеристика пористых систем. Особенности адсорбции в мезопористых системах. Построение интегральной и дифференциальной функций распределения пор по радиусам. Особенности адсорбции в микропористых системах: теории Поляни и объемного заполнения микропор. Определение пористости микропористого адсорбента. Явления переноса в микропористых системах. Гидродинамический и диффузионный перенос. Закон Кнудсена. Активированная и поверхностная диффузии. Мембранные методы разделения смесей веществ: газовой диффузии, диализ, ультрафильтрация, обратный осмос
4	Методы получения физико-химические свойства отдельных типов наносистем	Углеродные кластеры: фуллерены, фуллериты, нанотрубки. Методы их получения, строение, физические и химические свойства, сферы применения Нанопористые материалы: пористый кремнезем, активированные угли, цеолиты, нанесенные катализаторы, скелетные и губчатые металлы. Способы их получения, применение Ферромагнитные жидкости, способы их получения, применение
5	Современные методы исследования наночастиц и наноструктур и нанотехнологиче	Электронная микроскопия. Принципы работы сканирующего туннельного микроскопа и атомно-силового микроскопа Методы получения тонких пленок и гетероструктур методами молекулярно-лучевой эпитаксии и нанофотографии. Ионно-трековая технология. Электрохимические методы получения наночастиц и наноструктур.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 9 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

	ские методы	
--	-------------	--

5. Образовательные технологии

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- интерактивные технологии;
- применение новых методов обучения, связанных с использованием возможностей виртуальной информационной среды (мультимедийные технологии).

В соответствии с утвержденной основной образовательной программой по научной специальности 1.4.15. Химия твердого тела (направленность (профиль) – Химия твердого тела) программа дисциплины «Физико-химические особенности нанопроцессов» предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков у обучающихся. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально-психологического обучения в учебной и научной деятельности;
- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности аспиранта и достижения ряда важнейших образовательных целей: стимулирование мотивации и интереса в области углубленного изучения химии твердого тела в профессиональном плане; повышение уровня активности и самостоятельности научно-исследовательской работы; развитие навыков анализа, критичности мышления, научной коммуникации.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 10 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Физико-химические особенности нанопроцессов»

№	Контролируемые разделы дисциплины	Результаты обучения	Наименование оценочного средства
1	Общая характеристика методов получения нанокластеров и наноструктур	знать: методы синтеза многокомпонентных наносистем, использование их в планировании синтетических экспериментов, а также	Реферат к разделу Вопросы к семинару Зачет
2	Общая характеристика физических и химических свойств наночастиц и наноматериалов	владеть методами теоретического расчета и прогнозирования диаграмм состояния наносистем;	
3	Физико-химические аспекты процессов, протекающих в наносистемах	уметь: синтезировать неорганические композиционные материалы путем направленной кристаллизации фаз в	
4	Методы получения и физико-химические свойства отдельных типов наносистем	наносистемах, применять знания о механизмах и закономерностях протекания химических реакций и фазовых превращений для разработки новых методов получения материалов с заданным составом, структурой и свойствами;	
5	Современные методы исследования наночастиц и наноструктур и нанотехнологические методы	владеть: представлениями в области неорганических и композиционных материалов различных классов, включая химические, экологические и экономические аспекты получения и исследования этих материалов.	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 11 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

6. 2. Оценочные средства

Текущий контроль

Темы рефератов к разделу № 1

1. Основные типы наносистем.
2. Методы получения нанокластеров и наноструктур: молекулярных кластеров.
3. Методы получения нанокластеров и наноструктур: газовых безлигандных кластеров.
4. Методы получения нанокластеров и наноструктур: коллоидных кластеров.
5. Методы получения нанокластеров и наноструктур: твердотельных нанокластеров и наноструктур.
6. Методы получения нанокластеров и наноструктур: матричных нанокластеров и супрамолекулярных наноструктур.
7. Методы получения нанокластеров и наноструктур: кластерных кристаллов и фуллеренов.
8. Методы получения нанокластеров и наноструктур: компактированных наносистем и нанокомпозитов.
9. Методы получения нанокластеров и наноструктур: тонких наноструктурных пленок.

Темы рефератов к разделу №2

1. Молекулярно-кинетические свойства: броуновское движение и диффузия, седиментационная устойчивость в гравитационном и центробежном полях.
2. Анализ дисперсности наносистем в центробежном поле.
3. Электронное строение и электрические свойства наночастиц.
4. Оптические свойства наносистем. Законы светорассеяния и светопоглощения, уравнение Рэлея. Нелинейные оптические свойства.
5. Особенности кристаллической структуры нанокластеров.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 12 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

6. Термодинамические свойства наночастиц и наноматериалов. Химические свойства наносистем. Катализ на наночастицах и нанокластерах.

7. Магнитные свойства наноматериалов. Магнетосопротивление.

8. Особенности механических свойств нанокompозитов и нанокристаллических материалов. Сверхпластичность.

Темы рефератов к разделу № 3

1. Термодинамические закономерности образования и роста нанокластеров. Энергия Гиббса зародышеобразования, критический размер зародыша. Кластерообразование внутри микропоры. Кинетика образования кластеров.

2. Термодинамические свойства двумерных наносистем (пленок). Условия образования пленок на поверхности конденсированных фаз. Термодинамические свойства идеальных и реальных пленок. Анализ диаграмм состояния поверхностных пленок.

3. Физико-химические процессы, протекающие в нанопористых системах. Общая характеристика пористых систем. Особенности адсорбции в мезопористых системах. Построение интегральной и дифференциальной функций распределения пор по радиусам.

4. Особенности адсорбции в микропористых системах: теории Поляни и объемного заполнения микропор. Определение пористости микропористого адсорбента. Явления переноса в микропористых системах.

5. Гидродинамический и диффузионный перенос. Закон Кнудсена. Активированная и поверхностная диффузии. Мембранные методы разделения смесей веществ: газовой диффузии, диализ, ультрафильтрация, обратный осмос.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 13 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Темы рефератов к разделу №4

1. Углеродные кластеры: фуллерены, фуллериты, нанотрубки. Методы их получения, строение, физические и химические свойства, сферы применения.
2. Нанопористые материалы: пористый кремнезем, активированные угли, цеолиты, нанесенные катализаторы, скелетные и губчатые металлы. Способы их получения, применение.
3. Ферромагнитные жидкости, способы их получения, применение.

Темы рефератов к разделу №5

1. Электронная микроскопия. Принципы работы сканирующего туннельного микроскопа и атомно-силового микроскопа.
2. Методы получения тонких пленок и гетероструктур методами молекулярно-лучевой эпитаксии и нанолитографии.
3. Ионно-трековая технология.
4. Электрохимические методы получения наночастиц и наноструктур.

Вопросы к семинару по разделу №2

1. Методы расчета удельной поверхности, дисперсности, пористости.
2. Оценка седиментационной устойчивости дисперсных систем.
3. Определение размеров наночастиц по величине среднего сдвига.
4. Определение размеров наночастиц по данным светорассеяния и светопоглощения.
5. Дисперсионный анализ полидисперсных систем: расчет функций распределения частиц по радиусам по экспериментальным данным осаждения частиц в гравитационном и центробежном полях.

Вопросы к семинару по разделу №3

1. Расчет функций распределения пор по радиусам и удельной поверхности нанопористых систем по данным капиллярной конденсации.
2. Расчет объемной пористости микропористых систем по изотерме адсорбции.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 14 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

3. Построение и анализ зависимостей энергии Гиббса от радиуса наночастицы в процессе конденсации.

4. Расчет критических величин энергии Гиббса и размера зародыша в процессе конденсации.

5. Оценка скорости зародышеобразования в гомогенной системе.

Вопросы к семинару по разделу №5

1. Расчет распределения наночастиц по размерам по данным рентгеноструктурного анализа.

2. Определение размера структурных наноэлементов на поверхности частиц носителя методом сканирующей атомно-силовой микроскопии.

Промежуточная аттестация

Примерные вопросы для дифференцированного зачета

1. Классификации наносистем.

2. Физические и химические методы получения наночастиц и наносистем.

3. Молекулярные лигандные кластеры, их получение.

4. Методы получения газовых безлигандных кластеров: молекулярных пучков, сверхзвукового истечения газовой струи из сопла, плазменные, лазерной абляции.

5. Коллоидные кластеры, методы их получения, строение.

6. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры.

7. Матричные нанокластеры.

8. Электронное строение и электрические свойства наночастиц.

9. Броуновское движение и диффузия.

10. Уравнение Эйнштейна-Смолуховского.

11. Оптические свойства наносистем. Уравнения Релея и Ламберта-Бугера-Бэра.

12. Кристаллическая структура наночастиц.

13. Термодинамические свойства наночастиц и наноматериалов.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 15 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

14. Химические свойства наночастиц, теории катализа, электронный и геометрический эффекты в катализе.

15. Магнитные свойства наночастиц. Суперпарамагнетизм, магнитосопротивление. Ферро-магнитные жидкости.

16. Геометрические характеристики пористых систем. Удельная поверхность, объемная пористость.

17. Адсорбция в мезопористых системах, Кривая капиллярной конденсации, интегральная и дифференциальная функции распределения пор по радиусам.

18. Адсорбция в микропористых системах. Теория объемного заполнения микропор. Характеристическая кривая. Расчет суммарного объема микропор по изотерме адсорбции.

19. Методы получения пористых структур: активированных углей, скелетного никеля, пористого кремнезема.

20. Методы получения нанесенных металлических катализаторов и наноразмерных частиц металлов в растворах.

21. Термодинамические закономерности образования и роста нанокластеров при физической конденсации. Энергия Гиббса конденсации, критический зародыш, механизм зародышеобразования. Особенности зародышеобразования в конечном объеме поры.


22. Скорости осаждения частиц в гравитационном и центробежном полях. Расчеты радиусов частиц.

23. Седиментационно-диффузионное равновесие.

24. Кривые осаждения для моно- би и полидисперсных систем. Расчеты радиусов частиц дисперсной фазы. Построение интегральной и дифференциальной функций распределения частиц по радиусам.

25. Принцип построения кривой осаждения при седиментационном осаждении наноразмерных частиц полидисперсной системы в центробежном поле.

26. Термодинамические свойства поверхностных пленок. Уравнения состояния, диаграмма состояния.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 16 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

27. Способы получения поверхностных нанопленок. Метод Ленгмюра-Блоджетт.

28. Фуллерены: история открытия, строение, методы синтеза. Области применения.

29. Химические свойства фуллеренов. Эндоедральные комплексы фуллеренов, их получение.

30. Углеродные нанотрубки. Способы получения. Физические свойства и области применения.

31. Основные законы течения жидкостей и газов в пористых телах.

32. Перенос газов и компонентов растворов в капиллярах и микропорах.

33. Виды мембран и мембранные способы разделения смесей: газовая диффузия, обратный осмос, диализ, электродиализ.

34. Методы молекулярно-лучевой эпитаксии и нанолитографии.

35. Принцип действия электронного микроскопа. Возможности данного метода исследования.

36. Атомно-силовая и сканирующая туннельная микроскопии. Возможности методов, недостатки.


37. Ионно-трековая технология.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене/зачете.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 17 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

6.3. Критерии оценивания результатов обучения

Оценивание результатов обучения проводится по пятибалльной шкале:
«Отлично» (5 баллов)– Полно раскрыто содержание материала билета: исчерпывающие и аргументированные ответы на вопросы в билете. Материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, не требует дополнительных пояснений, точно используется терминология. Демонстрируются глубокие знания дисциплин специальности. Даны обоснованные ответы на дополнительные вопросы преподавателя.

«Хорошо»(4 балла)– Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер, в изложении допущены небольшие неточности, не искажающие содержание ответа. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия. При ответе на дополнительные вопросы преподавателя полные ответы даны только при помощи наводящих вопросов.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 18 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

«Удовлетворительно» (3 балла)–Неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса. Имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после наводящих вопросов. Демонстрируются поверхностные знания дисциплин специальности; имеются затруднения с выводами. При ответе на дополнительные вопросы преподавателя ответы даются только при помощи наводящих вопросов.


«Неудовлетворительно» (1-2 балла)–Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине, не раскрыто его основное содержание. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях, при использовании терминологии, которые не исправлены после наводящих вопросов. Демонстрирует не знание и непонимание существа экзаменационных вопросов. Не даны ответы на дополнительные или наводящие вопросы преподавателя.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся:

а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме на языке Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);

б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно на языке Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 19 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) может проводиться в несколько этапов.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

Самостоятельная работа способствует:


- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к самостоятельной научно-исследовательской деятельности;
- овладению приемами процесса познания и развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся:

Самостоятельная работа аспиранта является показателем научного потенциала, умения работы с литературными источниками и нормативными актами, материалами практики, способности аспиранта к самостоятельному анализу проблемных вопросов. Она состоит в изучении учебной и научной литературы, в выполнении заданий для самостоятельной работы.

Аспиранты очной формы обучения изучают и нарабатывают теоретический и практический материал по большей части самостоятельно. На кафедре химии твердого тела и нанопроцессов в списке рекомендованной литературы предложен объем учебной и научной литературы, следовательно, аспиранту необходимо как можно чаще обращаться к фондам научных библиотек, а также и к периодической литературе, следить за новеллами в области развития экономики. При изучении научной, учебной литературы необходимо сопоставить содержание имеющейся в наличии литературы с программой кандидатского экзамена по специальности. В случае отсутствия

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 20 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

того или иного источника литературы, необходимо обратиться к фондам Российской государственной библиотеки (г. Москва). Аспирант должен провести тщательную подготовительную работу с научной литературой по своей специальности, освоить теоретические, общие и частнонаучные методы поиска.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:


- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Основная литература

1. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-9299-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/189483>
2. Поленов, Ю. В. Физико-химические основы нанотехнологий : учебник / Ю. В. Поленов, Е. В. Егорова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-4113-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 21 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

<https://e.lanbook.com/book/207023>.

Дополнительная литература

1. Наноматериалы. Свойства и сферы применения : учебник для вузов / Г. И. Джардималиева, К. А. Кыдралиева, А. В. Метелица, И. Е. Уфлянд. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-7884-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166935>
2. Ильин, А. П. Химия твердого тела : учебное пособие / А. П. Ильин, Н. Е. Гордина. — Иваново : ИГХТУ, 2006. — 216 с. — ISBN 5-9616-0126-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4486>
3. Луков, В. В. Физические методы исследования в химии : учебное пособие / В. В. Луков, И. Н. Щербаков. — Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2016. — 216 с. — ISBN 978-5-9275-2023-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/114513>

Электронные фонды и ресурсы

Средством доступа к системе собственных электронных ресурсов является сайт библиотеки www.lib.csu.ru. Электронный каталог обеспечивает полное и оперативное представление о библиотечном фонде, повышает качество и эффективность поиска информации – более ,5 млн. записей.

1. Электронный каталог. Библиографические базы данных.

Книги, электронные ресурсы, диссертации и авторефераты.


2. Электронная библиотека.

Издания ЧелГУ, УМК; диссертации, защищенные в советах ЧелГУ, резервные коллекции, фонд редких книг, электронный справочник «Информо», статистические издания России и стран СНГ.

3. Реферативные

Базы данных ИНИОН РАН, базы данных ВИНТИ, Scopus (<http://www.scopus.com>), Science (архив).

4. Полнотекстовые

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 22 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Базы данных диссертаций РГБ, АРБИКОН, SIGLA, научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>, подписка на полнотекстовую коллекцию российских научных журналов (20-205, 48 наименований), издательств: Taylor&Francis, SagePublications (архив научных журналов); Springer, Wiley (<http://onlinelibrary.wiley.com>).

5. *Электронно-библиотечные системы с возможностью* пользования лицензионными материалами из любой точки, имеющей доступ к сети Интернет (регистрация из сети университета персонального аккаунта): Университетская библиотека онлайн (www.biblioclub.ru), Лань (www.e.lanbook.com).


Интернет-ресурсы

№	Наименование электронно-библиотечной системы (ЭБС)	Адрес сайта
1	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»	www.biblioclub.ru
2	Библиотека ООО «РУНЭБ»	http://elibrary.ru
3	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российская государственная библиотека» (ФГБУ «РГБ»)	http://www.aselibrary.ru/association/association11/association1112/association111218
4	электронная версия научной базы данных Nature	http://www.nature.com/nature/index.html
5	электронные научные информационные ресурсы зарубежного издательства Springer	http://link.springer.com/
6	«Информио»	http://www.informio.ru/
7	Всероссийский институт научной и технической информации ВИНИТИ	http://www2.viniti.ru

Лицензионное программное обеспечение по дисциплине (модулю)

MS Office365

LMS Moodle

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 23 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

8. Материально-техническое обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине «Физико–химические особенности нанопроцессов», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, а также эффективное выполнение выпускной квалификационной работы (диссертации):

- лекционные аудитории, оснащенные мультимедийными комплексами на основе антивандальной трибуны;
- специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;
- методические материалы для проведения самостоятельной работы по дисциплине.

Университет располагает компьютерными классами, объединенными в локальную сеть, выходом в Интернет, оснащенными современными высокопроизводительными компьютерами. Поддерживается собственный сайт: <http://csu.ru>.

Для получения высшего образования по программам аспирантуры инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья в университете имеются аудитории, оснащенные следующим оборудованием:

Название кабинета	Оборудование
Тифлотехническая аудитория, кабинет А-28 первого учебного корпуса	Тифлотехнические средства: брайлевский компьютер с дисплеем и принтером, тифлокомплекс «Читающая машина», телевизионное увеличивающее устройство, тифломагнитолы кассетные (3 шт.) и цифровые диктофоны (6 шт.). Специальное программное обеспечение: программа речевой навигации JAWS, речевые синтезаторы («говорящая мышь»), экранные лупы.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 24 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Сурдотехническая аудитория, кабинет А-27 первого учебного корпуса	Радиокласс “Сонет-Р” (на 6 человек), программируемые слуховые аппараты (6 шт.) индивидуального пользования с устройством задания режима работы на компьютере, аудиотехника.
Аудитория адаптивных информационных технологий, кабинет А-27 первого учебного корпуса	Компьютерный класс на 2 мест, интерактивная доска ActiveBoard с системой голосования, акустический усилитель и колонки, мультимедийный проектор, телевизор, видеомагнитофон, устройство видеоконференцсвязи VCONHD3000.

Все указанные в настоящей рабочей программе дисциплины методическое и техническое обеспечение учебного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляется Региональным учебно-научным центром инклюзивного образования ЧелГУ.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

К современному выпускнику общество предъявляет широкий перечень требований, среди которых особое значение имеет наличие у выпускников навыков и умений самостоятельно получать знания из различных источников информации, систематизировать и анализировать полученную информацию. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через подготовку к лабораторным, семинарским, практическим занятиям. При этом самостоятельная работа аспиранта играет важную роль в ходе всего учебного процесса. При изучении дисциплины основную долю отводимого на самостоятельную работу времени занимает работа с конспектом лекций, учебниками, учебными пособиями и методическими указаниями. А потому аспирантам необходимо оптимально использовать время, отведенное на самостоятельную работу.

Целесообразно посвящать до получаса в день изучению конспекта лекции в тот же день после лекции и за день перед лекцией. Теоретический материал изучать в течение недели до 2 часов, а готовиться к практическому занятию по дисциплине до 1,5 часов.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Химический факультет Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.2.2 «Физико-химические особенности нанопроцессов» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 25 из 25	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Для лучшего и полного усвоения материала учебной дисциплины рекомендуется использовать методические указания и материалы по учебной дисциплине, тексты лекций, а также электронные ресурсы, имеющиеся в системе ЭБС, доступ к которым обеспечен в читальных залах университета.

Теоретический материал курса становится более понятным, если дополнительно аспирантом изучаются книги, учебники по данной учебной дисциплине. Полезно использовать несколько учебников, рекомендованных преподавателем.