



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра физической и коллоидной химии**



УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета, доц.

А.И. Вильмс

«9» июня 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины Б1.О.07**

Наименование дисциплины **НАНОХИМИЯ**

Направление подготовки **04.04.01 - Химия**

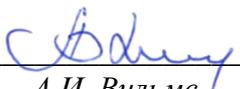
Направленность подготовки: **Научно-технологический**

Квалификация выпускника – **МАГИСТР**

Форма обучения **очная**

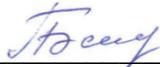
Согласовано с УМК\_химического  
факультета

Протокол № 5 от «9» июня 2023 г.

Председатель   
А.И. Вильмс

Рекомендовано кафедрой физической и  
коллоидной химии:

Протокол № 6 от «8» июня 2023 г.

И.о. зав. кафедрой   
Бельых Л.Б.

Иркутск 2023 г.

## Содержание

	стр.
I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	4
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	5
4.3 Содержание учебного материала	
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	9
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	
а) перечень литературы	
б) периодические издания	
в) список авторских методических разработок	
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	
6.2. Программное обеспечение:	
6.3. Технические и электронные средства обучения:	
VII. Образовательные технологии	
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цель:** овладение магистрантами химического факультета теоретическими основами и новейшими достижениями нанохимии, формирование умений и навыков их практического применения.

### **Задачи:**

- сформировать у магистрантов комплекс фундаментальных представлений, составляющих основу нового научного направления – нанохимия; дать современные представления о физико-химических свойствах; основных способах получения, характеристики, применении наночастиц и наноматериалов в различных областях жизнедеятельности; показать причины, обуславливающие изменение физических и химических свойств веществ, размер которых находится в нанометровом диапазоне;
- закрепить необходимый понятийный аппарат и теоретические основы важнейших разделов нанохимии;
- сформировать умение использовать теоретические знания и практические навыки при планировании стратегии синтеза нанообъектов, разработке новых методик получения и характеристики веществ и материалов.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ АОПОП ВО

Учебная дисциплина «Нанохимия» относится к обязательной части программы (Б1.О.07).

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами (на предыдущем уровне образования в бакалавриате), а именно:

«Физическая химия. Химическая термодинамика» (Б1.О.24), «Физическая химия. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ» (Б1.О.25), «Органическая химия» (Б1.О.20), «Общая химия. Химия неметаллов» (Б1.О.16), «Металлическая связь. Химия металлов» (Б1.О.17), «Коллоидная химия» (Б1.В.03), «Математика» (Б1.О.10), «Физико-химия поверхностно-активных веществ» (Б1.В.ДВ.02.02), на предыдущем уровне образования в бакалавриате и «Катализ» (Б1.В.01) – дисциплины магистратуры

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Освоение дисциплины «Нанохимия» необходимо для формирования общепрофессиональных компетенций и выполнения выпускных квалификационных работ магистрантов в области металлокомплексного и наноразмерного катализа, химии полимеров, органического и неорганического синтеза. Предлагаемый курс, расширяя кругозор студента – химика, позволит ориентироваться в современных направлениях развития нанонауки, нанотехнологии и смежных с ними дисциплин.

### III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 04.04.01 «Химия», профиль: научно-технологический.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<b>ОПК-1</b> Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения	<i>ОПК<sub>1.1.</sub></i> Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук	<b>Знать:</b> теоретические основы нанохимии: основные виды нанообъектов, особенности поведения наносистем, методы получения и характеристики веществ и материалов в наноразмерном состоянии, научные проблемы нанохимии; наиболее актуальные направления исследований в современной теоретической и экспериментальной химии в области нанохимии и нанотехнологии, перспективы развития нанотехнологий и их применение при решении практических задач
		<b>Уметь:</b> использовать теоретические знания и практические навыки для решения фундаментальных и прикладных задач нанохимии.
		<b>Владеть:</b> навыками применения теоретических знаний при планировании стратегии синтеза нанообъектов, разработке новых методик получения и характеристики веществ и материалов

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов,  
в том числе 0.89 зачетных единицы, 32 часа на экзамен

Форма промежуточной аттестации: *экзамен*

##### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточно й аттестации ( <i>по семестрам</i> )
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа, в том числе, внеаудитор- ная и самостоятельная работа,	
					Лекции	Семинарские/ практические занятия	Консультаци и + КСР + КО		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение: базовые понятия и терминология нанохимии. Классификация наносистем.	4	7	2	2	2	1	2	УО, ПЗ
2	Специфика наносистем. Проявление размерных эффектов в физических явлениях	4	12	4	2	4	2	4	УО, ПЗ
3	Общая характеристика методов получения	4	9	2	2	2	2	3	УО, ПЗ

	наночастиц								
4	Нанокластеры металлов.	4	<b>11</b>	2	4	2	2	3	УО, ПЗ
5	Методы характеристики наносистем	4	<b>9</b>	2	2	2	2	3	УО, ПЗ
6	Наночастицы семейства фуллеренов и углеродные нанотрубки.	4	<b>9</b>	2	2	2	2	3	УО, ПЗ
7	Композиционные наноматериалы	4	<b>6</b>	-	2	-	2	2	УО, ПЗ
8	Размерные эффекты в химии	4	<b>13</b>	4	2	4	2	5	УО, ПЗ, КР
	<b>Итого часов</b>		<b>76</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	Экзамен (32 ч.)

Примечание: УО – устный опрос, ПЗ – практическое задание, КР – контрольная работа.

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
4	Понятийный аппарат нанохимии	Подготовка к практическим занятиям по теме «Базовые понятия и терминология нанохимии. Классификация наносистем»		2	Практические задания по теме. УО	№№ 1,2 в списке основной и № 1 дополнительной литературы
4	Специфика наносистем. Проявление размерных эффектов в физических явлениях	Подготовка к практическим занятиям по теме «Термодинамические свойства поверхностного слоя наносистем»		1	Практические задания по теме. УО	№№ 1,2 в списке основной и № 1 дополнительной литературы

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
4		Решение задач по теме «Термодинамические свойства поверхностного слоя наносистем»		1	Практические задания по теме. УО	Методические рекомендации «Самостоятельная работа студента»
4		Подготовка к практическим занятиям по теме «Проявление размерных эффектов в физических процессах»		1	Практические задания по теме. УО	№№ 1,2 в списке основной и № 1 дополнительной литературы
4		Решение задач по теме «Проявление размерных эффектов в физических процессах»		1	Практические задания по теме. УО	Методические рекомендации «Самостоятельная работа студента»
4	Общая характеристика методов получения наночастиц. Нанокластеры	Подготовка к практическим занятиям по теме «Синтез наночастиц: зародышеобразование, магические кластеры; пространственное строение наночастиц»		3	Практические задания по теме. УО	№1 в списке основной и № 1 дополнительной литературы
4		Решение задач по теме «Синтез наночастиц, зародышеобразование, магические кластеры; пространственное строение наночастиц»		3	Практические задания по теме. УО	Методические рекомендации «Самостоятельная работа студента»
4	Методы характеристики наносистем	Подготовка к практическим занятиям по теме «Методы характеристики наносистем»		1	Практические задания по теме. УО	№ 1 в списке дополнительной литературы
4		Решение задач по теме «Методы характеристики наносистем»		2	Практические задания по теме. УО	Методические рекомендации «Самостоятельная работа студента»

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
4	Наночастицы семейства фуллеренов и углеродные нанотрубки	Подготовка к практическим занятиям по теме «Физико-химические свойства наночастиц семейства фуллеренов и углеродных нанотрубок»		1	Практические задания по теме. УО	№№ 1 в списке основной и № 1 дополнительной литературы
4		Решение задач по теме «Физико-химические свойства наночастиц семейства фуллеренов и углеродных нанотрубок»		2	Практические задания по теме. УО	Методические рекомендации «Самостоятельная работа студента»
4	Композиционные наноматериалы	Поиск литературы по теме «Композиционные наноматериалы»		2	УО	Методические рекомендации «Самостоятельная работа студента»
4	Размерные эффекты в химии	Подготовка к практическим занятиям по теме «Размерные эффекты в химии»		1	Практические задания по теме. УО	№№ 1,2 в списке основной и № 1 дополнительной литературы
4		Решение задач по теме «Размерные эффекты в катализе»		2	Практические задания по теме. УО	Методические рекомендации «Самостоятельная работа студента»
4	Специфика наносистем. Размерные эффекты	Подготовка к итоговой контрольной работе		2	КР.	Методические рекомендации «Самостоятельная работа студента»
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>25</b>		
<b>Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)</b>				<b>25</b>		

## 4.3 Содержание учебного материала

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1. Введение.

Нанонаука и нанохимия. Научные дискуссии об объектах нанохимии – наносистемах, и их свойствах: основные положения нового направления НТР в классической речи Р. Фейнмана; мифы и реальности нанотехнологий. Основные понятия и определения (нанохимия, наночастица, наноматериалы и нанокompозиты, наноструктура, нанотехнология). Классификация наносистем по виду дисперсной фазы (трехмерная, двухмерная, одномерная); по размерам частиц (малые, средние и большие; гигантские кластеры металлов, наночастицы). Основные типы наносистем: порошковые наноматериалы, углеродные наноструктуры (фуллерены, нанотрубки), нанокompозиты, нанопористые материалы, наноструктурированные многослойные материалы.

#### 2. Специфика наносистем

Количественные характеристики дисперсных систем: удельная поверхность, дисперсность. Вклад поверхностных слоев в общее свойство системы. Дисперсия. Координационное число атомов на поверхности, в вершине, уступе, ребре. Изменение длина и характер связи. Влияние размера частиц на переход металл - диэлектрик. Термодинамические аспекты поверхностного слоя.

Размерные эффекты наносистем: собственный (или внутренний) и внешний размерные эффекты. Проявление размерных эффектов в изменении физических свойств: зависимости давления насыщенных паров, растворимости, поверхностного натяжения, температуры фазового перехода, теплоемкости, стандартных электродных потенциалов, магнитных свойств, электрической проводимости от размера частиц.

#### 3. Общая характеристика методов получения наночастиц

Классификации методов получения наночастиц: по типу формирования (методы «снизу вверх» (bottom-up), методы «сверху вниз» (top-down)); по природе сил (физические, химические). Физические методы: процессы испарения и конденсации, метод электрического взрыва проводников, метод ударной волны, метод сушки вымораживанием, диспергирование и т.д. Химические методы: золь-гель метод, удаление компонента гетерогенной системы, CVD, восстановление в растворе, криохимический синтез, электрохимический синтез.

#### 4. Нанокластеры

Нанокластеры: свободные (безлигандные), матричные, твердотельные; малые, средние, большие и гигантские кластеры.

Особенности синтеза моно- и биметаллических нанокластеров методом химического восстановления: каталитическое разложение стабилизирующих лигандов, растворителя, восстановителя образующимися кластерами металлов. Структурные магические числа кластеров. Типы структур биметаллических нанокластеров: ядро-оболочка, кластер в кластере, сплавы и интерметаллические соединения. Основные методы получения биметаллических нанокластеров: совместное или последовательное

восстановление солей металлов, электрохимический синтез; восстановление двойных комплексов, электрохимическое формирование биметаллических наночастиц.

Зародышеобразование: гомогенная и гетерогенная конденсация. Термодинамика гомогенного зародышеобразования по теории Фольмера. Критический размер зародыша новой фазы. Проблемы классической теории зародышеобразования. Методы и подходы регулирования размеров и распределения частиц по размерам: получение монодисперсных систем по механизму Ла-Мера; зародышевый метод или метод Зигмонди; созревание по Оствальду; регулирование степени дисперсности систем введением модификаторов 1-го рода (по Ребиндеру); кинетический контроль (Р. Финке).

Коллоидные нанореакторы: зависимость формы и размера коллоидного реактора от природы ПАВ и его концентрации. Методы синтеза наночастиц в обратных эмульсиях.

Проблемы агрегативной устойчивости наночастиц и их ассоциатов, способы стабилизации. Современные представления о типах стабилизации и природе стабилизаторов нанокластеров переходных металлов: электростатическая, стерическая и электростатическая стабилизация.

Наноструктуры НРЧ металлов: фрактальная структура, структура типа «ежевика», 3D наноструктуры из молекулярных кластеров. Научные подходы к контролируемому объединению наночастиц в упорядоченные структурные блоки: пространственное ограничение системы, однородность базовых частиц по размерам.

## **5. Методы характеристики наночастиц**

Рентгенофазовый анализ. Электронная микроскопия (светлопольные и темнопольные снимки), электронная микроскопия высокого разрешения. Электронная диффракция, микродиффракция. Энергодисперсионная спектроскопия. Электронно-зондовый микроанализ. Сканирующая туннельная микроскопия. Рентгенофотоэлектронная спектроскопия. Плазмонный резонанс.

## **6. Наночастицы семейства фуллеренов и углеродные нанотрубки**

Классификация одномерных наноструктур: нанонити, наностержни, наноленты. Условия, необходимые для формирования одномерных наноструктур: пассивация отдельных граней; изменение механизма формирования, использование пространственного ограничения реакционной зоны для формирования анизотропных наноструктур путем подбора шаблона или темплата; одноосная деформация частиц.

Углеродные наноматериалы. Наноалмазы. Фуллерены и их производные: эндо- и экзоэдральные фуллерены, фуллерены замещения. Методы синтеза фуллеренов: лазерное испарение графита, электродуговой синтез, пиролиз углеводородов. Фуллериты. Химические свойства фуллеренов: реакции присоединения (нуклеофильное и радикальное присоединение, циклоприсоединение), реакции восстановления, реакции окисления; комплексообразование.

Одномерные структуры: углеродные нанотрубки (УНТ) их классификация и свойства. Химия углеродных нанотрубок: синтез одностенных нанотрубок (лазерное испарение металл-графитовых стержней, пиролиз углеводородов в присутствии катализаторов); методы выделения и очистки одностенных УНТ; химическое

модифицирование внутренней и внешней поверхности трубок. Неорганические тубулярные структуры.

### 7. Композиционные наноматериалы

Нанокompозиты. Классификация нанокompозитов в зависимости от природы матрицы и наполнителя: нанокompозиты «полимер – неорганическая наночастица», наночастицы в неорганических матрицах (цеолиты, силикаты). Получение композиционных материалов по золь-гель методу. Синтез мезопористых молекулярных сит ( $\text{SiO}_2$ ) темплатным методом. Гидротермальный синтез.

### 8. Размерные эффекты в химии

Влияние дисперсности на химическое равновесие. Влияние размера частиц на их реакционную способность: изменение кинетических закономерностей процессов, понижение температуры протекания химических реакций, появление пиррофорных свойств, протекание реакций между веществами с частицами в нанометровом диапазоне, неосуществимых при использовании крупнокристаллических материалов. Влияние размера частиц на константу химического равновесия.

Размерные эффекты в катализе. Влияние размера частиц на удельную каталитическую активность. Положительный и отрицательный размерные эффекты. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные реакции. Причины проявления размерных эффектов: электронный и геометрический факторы. Примеры структурно-чувствительных реакций.

#### 4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	1.Понятийный аппарат нанохимии	Базовые понятия и терминология нанохимии. Классификация наносистем	2	2	УО, ПЗ	ОПК <sub>1.1.</sub>
2	2.Специфика наносистем. Проявление размерных эффектов в физических явлениях	Термодинамические свойства поверхностного слоя наносистем	2	2	УО, ПЗ	ОПК <sub>1.1.</sub>
3		Проявление размерных эффектов в физических процессах	2	2	УО, ПЗ	ОПК <sub>1.1.</sub>

4	3-4.Общая характеристика методов получения наночастиц	Синтез наночастиц: зародышеобразование, магические кластеры; пространственное строение наночастиц	4	4	УО, ПЗ	ОПК <sub>1.1.</sub>
5	5. Методы характеристики наносистем	Методы характеристики наносистем	2	2	УО, ПЗ	ОПК <sub>1.1.</sub>
6	6. Наночастицы семейства фуллеренов и углеродные нанотрубки	Физико-химические свойства наночастиц семейства фуллеренов и углеродных нанотрубок	2	2	УО, ПЗ	ОПК <sub>1.1.</sub>
7	8. Размерные эффекты в химии	Размерные эффекты в катализе	4	4	УО, ПЗ	ОПК <sub>1.1.</sub>
8	Специфика наносистем. Размерные эффекты	Итоговая контрольная работа	2	2	КР	ОПК <sub>1.1.</sub>

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

№ № п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Понятийный аппарат нанохимии	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля №1), выполнение практических заданий.	ОПК-1	ОПК <sub>1.1.</sub>
2	Специфика наносистем. Проявление размерных эффектов в физических явлениях	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля №2), выполнение практических заданий.	ОПК-1	ОПК <sub>1.1.</sub>
3	Общая характеристика методов получения наночастиц. Нанокластеры	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля №3), выполнение практических заданий.	ОПК-1	ОПК <sub>1.1.</sub>
4	Методы характеристики наносистем	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля №4), выполнение практических заданий.	ОПК-1	ОПК <sub>1.1.</sub>
5	Наночастицы семейства	Подготовка к устному опросу (см. вопросы	ОПК-1	ОПК <sub>1.1.</sub>

	фуллеренов и углеродные нанотрубки	текущего контроля №5), выполнение практических заданий.		
6	Размерные эффекты в химии	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля №6), выполнение практических заданий.	ОПК-1	ОПК <sub>1.1.</sub>
7	Специфика наносистем. Размерные эффекты.	Подготовка к контрольной работе	ОПК-1	ОПК-1.1

#### 4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с закреплением теоретического материала в виде решения задач, контрольной работы и подготовки к устным опросам, проводится во внеаудиторное время.

Примеры решения типовых задач представлены в методических рекомендациях по организации самостоятельной работы студента:  
<https://educa.isu.ru/course/view.php?id=46429>

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) \_\_\_\_\_

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Белых, Л.Б. Введение в нанохимию. Размерные эффекты в физико-химии и катализе [Текст] : учеб. пособие / Л. Б. Белых, Ф. К. Шмидт ; рец.: В. С. Ткач, Н. А. Корчевин ; Иркут. гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 199 с. : ил., цв. ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 191. - ISBN 978-5-9624-0942-9 : 41 экз.+
2. Сергеев, Г.Б. Нанохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ., обуч. по напр. 020100 (510500) "Химия" и по спец. 020101 (011000) "Химия) / Г. Б. Сергеев. - ЭВК. - М. : Университет, 2006. - 337 с. - Режим доступа: . - Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". - ISBN 5-98227-185-3 :+
3. Гусев, Александр Иванович. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Электронный ресурс] / А. И. Гусев. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Физматлит, 2009. - 416 с. : ил. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9221-0582-8 : ББК В 37

#### б) дополнительная литература

4. Фосфиды переходных металлов как новый класс потенциальных катализаторов гидрогенизационных процессов [Текст] : моногр. / Л. Б. Белых [и др.] ; рец.: Л. О. Ниндакова, Д. С. Суслов ; Иркут. гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2016. - 105 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 94-105. - ISBN 978-5-9624-1402-7 : 16 экз.+
5. Конюхов, Валерий Юрьевич. Методы исследования материалов и процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. Ю. Конюхов, И. А.

Гоголадзе, З. В. Мурга. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2022. - 179 с. - (Высшее образование). - ЭБС "Юрайт". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-534-13938-9 : URL: <https://urait.ru/bcode/508744> (дата обращения: 04.05.2022).

- б. Звеков, А. А. Спектральные методы исследования в химии [Электронный ресурс] / А. А. Звеков, В. А. Невоструев, А. В. Каленский. - Электрон. текстовые дан. - Кемерово : КемГУ, 2015. - 124 с. - ЭБС "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8353-1823-0 : Б. ц.



**в) периодические издания (при необходимости)**

**г) список авторских методических разработок:**

*в ЭИОС ИГУ размещены учебное пособие по «Нанохимии», презентации лекций и методические указания к организации самостоятельной работы студентов:*

<https://educa.isu.ru/course/view.php?id=46429>

1. Белых, Л.Б. Введение в нанохимию. Размерные эффекты в физико-химии и катализе [Текст] : учеб. пособие / Л. Б. Белых, Ф. К. Шмидт ; рец.: В. С. Ткач, Н. А. Корчевин ; Иркут. гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 199 с. : ил., цв. ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 191. - ISBN 978-5-9624-0942-9 : 41 экз.

**д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

<http://www.fnm.msu.ru/ucheba-na-fakultete/biblioteka-uchebnykh-materialov>

<http://nanoindustries.com/>

<http://www.nanometer.ru>

<http://www.nanotechweb.org>

<http://www.newchemistry.ru>

журналы:

<http://www.nanoindustry.su/>

<http://www.nanorf.ru/>

<http://www.microsystems.ru/>

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Помещения для проведения лекционных и лабораторных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, а именно:

- а) аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий (ауд. 303, 402, 426); ауд. 5, 402, 426 оборудованы мультимедийными проекторами (InFocus IN 105 (3D Ready), настенными экранами, ноутбуками Samsung NP 300T5A-A0FRU.

- б) компьютерный класс кафедры физической и коллоидной химии (ауд. 303). Общее количество единиц вычислительной техники – 5: Pentium IV – 1 шт.; Pentium III – 1 шт.; Pentium I – 3 шт. Имеется локальная сеть.

## 6.2. Программное обеспечение:

## 6.3. Технические и электронные средства:

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе изучения дисциплины «Нанохимия» читаются лекции, проводятся практические занятия и контрольные работы, разбор конкретных ситуаций с использованием пассивных, активных и интерактивных форм обучения.

*Активные формы обучения.* На практических занятиях, которые составляют около половины от контактной работы, каждый студент самостоятельно решает задачи на различные темы, участвует в дискуссионном разборе конкретных ситуаций. Такой вид организации обучения способствует закреплению теоретических положений нанохимии, приобретению практических навыков самостоятельного принятия решения по различным вопросам нанохимии, умению использовать теоретические знания для решения фундаментальных и прикладных задач нанохимии, планировать стратегию синтеза нанобъектов, разрабатывать новые методики получения и характеристики веществ и материалов.

## VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Оценочные средства (ОС):

Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета. Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить у обучающихся сформированность компетенций: ОПК-1.

### Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Выполнение практических заданий. Собеседование	Базовые понятия и терминология нанохимии. Классификация наносистем	ОПК <sub>1.1.</sub>
2	Выполнение практических заданий. Собеседование	Специфика наносистем. Проявление размерных эффектов в физических явлениях	ОПК <sub>1.1.</sub>
3	Выполнение практических заданий.	Общая характеристика методов получения наночастиц. Нанокластеры	ОПК <sub>1.1.</sub>

	Собеседование		
4	Выполнение практических заданий. Собеседование	Методы характеризации наносистем	ОПК <sub>1.1.</sub>
5	Выполнение практических заданий. Собеседование	Наночастицы семейства фуллеренов и углеродные нанотрубки	ОПК <sub>1.1.</sub>
6	Выполнение практических заданий. Собеседование	Размерные эффекты в химии	ОПК <sub>1.1.</sub>
8	КР	Специфика наносистем. Размерные эффекты	ОПК <sub>1.1.</sub>

### Демонстрационный вариант контрольной работы

**Задача 1.** В воздухе, содержащем пары воды, образуется туман при температуре 270.0 К (коэффициент пересыщения равен 3.5). Рассчитайте критический размер ядер конденсации и число молекул, содержащихся в них. Поверхностное натяжение воды  $\sigma = 73$  мДж/м<sup>2</sup>, мольный объем воды  $V_m = 18 \times 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/моль.

**Задача 2.** Рассчитайте число атомов палладия (N) в кластере диаметром 2.2 нм. Имеют ли эти кластеры полностью заполненную оболочку? Рассчитайте число оболочек (n) в нанокластерах. Плотность палладия  $\rho(\text{Pd}) = 12,02$  г/см<sup>3</sup>.

**Задача 3.** Температура внутреннего пожара составила 600°C. Расплавится ли находящаяся там дисперсия магния с размером частиц  $5 \times 10^{-8}$  м? Теплота плавления магния 8,56 кДж/моль, поверхностное натяжение равным 0,66 Дж/м<sup>2</sup>, справочная температура плавления 923 К. (плотность магния 1.74 г/см<sup>3</sup>, атомная масса 24.305 г/моль).

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

#### Вопросы для УО №1. Понятийный аппарат нанохимии

1. Сформулируйте основные положения знаменитой лекции Р. Фейнмана перед студентами в Калифорнийском технологическом институте 29 декабря 1959 г.
2. Рассмотрите основные этапы развития нанонауки и нанотехнологий.
3. Дайте определения основных терминов нанохимии: «наночастица», «наносистема», «наноматериалы», «наноструктура», «нанокompозиты».
4. Есть ли отличия между наносистемами и дисперсными системами? Если есть, то в чем они проявляются?
5. Чем обусловлен выбор границ нижнего и верхнего пределов наночастиц?
6. Какие классификации наночастиц и наноструктур Вы знаете? К какому типу наночастиц и наноструктур относятся молекулярные нанокластеры? Ответ прокомментируйте.
6. Назовите количественные характеристики наносистем.
7. Адамом – это ..

а) атом в вершине угла решетки, б) атом, расположенный на поверхности; в) атом, находящийся на ребре кристалла, г) атом, адсорбированный на плоскости; д) атом в центре объема наночастицы; е) атом, адсорбированный на ступеньке роста кристалла. Укажите его координационное число.

8. Удельная поверхность дисперсной системы - это отношение площади поверхности между фазами:
- к температуре;
  - к давлению;
  - к объему дисперсной фазы ;
  - к концентрации дисперсной фазы ;
  - к массе дисперсной фазы ;
  - к концентрации дисперсионной среды?
9. Как можно рассчитать дисперсность?

### ***Вопросы для УО №2. Специфика наносистем***

1. В чем проявляется их специфика наносистем? Почему для наносистем характерно проявление размерных эффектов?
2. Какие явления относят к размерным эффектам?
3. Приведите примеры изменения физических свойств вещества в зависимости от его размера.
4. Как зависит температура фазового перехода от размера частиц? Какие уравнения описывают зависимость температуры фазового перехода от размера частиц?
5. Как зависит давление насыщенных паров вещества над его искривленной поверхностью от размера капель?
6. В каком нанодиапазоне необходимо учитывать влияние размера частиц на величину поверхностного натяжения?
7. Как влияет размер частиц на потенциал ионизации, сродство к электрону?

### ***Вопросы для УО №3. Наночастицы: получение и стабилизация моно- и биметаллических нанокластеров***

1. На какие две основные группы делятся основные способы получения наночастиц и наноматериалов? Приведете примеры
2. К какой группе методов Вы отнесете синтез нанокластеров металлов в растворе, исходя из молекулярных прекурсоров под действием восстановителей?
3. Каковы особенности синтеза нанокластеров металлов при использовании в качестве восстановителей тетрагидроборатов и тетрагидроалюминатов щелочных металлов? Какие подходы разработаны для устранения влияния побочных процессов, приводящих к загрязнению основного продукта? Ответ прокомментировать и подтвердить уравнениями химических реакций.
4. Можно ли получить нанокластеры переходных металлов при восстановлении фосфиновых комплексов переходных металлов водородом? Ответ прокомментировать и подтвердить уравнениями химических реакций.
5. Какие типы биметаллических нанокластеров Вы знаете? Какие методы используют для их синтеза?
6. Приведите примеры стабилизаторов молекулярных нанокластеров. При использовании каких стабилизаторов реализуется электростатический, стерический и электростерический механизм стабилизации?

7. Рассмотрите получение наночастиц металлов в обращенных мицеллах, микроэмульсиях. Как влияет природа и концентрация МПАВ на размер и форму нанореактора?

**Вопросы для УО №4. Методы характеристики наносистем**

1. Какую информацию можно получить из снимка ПЭМ ВР?
2. Как можно идентифицировать химический и фазовый состав наночастиц?
3. Как определить среднечисленный и среднеповерхностный размеры частиц?
4. Методы исследования, применяемые для качественного и количественного анализа состава поверхности наночастиц. Их достоинства и ограничения.

**Вопросы для УО №5. Наночастицы семейства фуллеренов и углеродные нанотрубки**

1. Какие аллотропные модификации углерода Вы знаете?
2. Рассмотрите особенности строения фуллеренов.
3. Какие химические свойства характерны для фуллеренов, исходя из особенностей их строения?
4. Какие методы используют для синтеза фуллеренов? Как можно очистить фуллерены от примесей побочных продуктов?
5. Какие методы используют для синтеза УНТ? Рассмотрите способы их очистки от примесей побочных продуктов.
6. Какие физические и химические свойства характерны для УНТ, исходя из особенностей их строения?
7. Назовите области, в которых нашли применение УНТ.

**Вопросы для УО №6. Размерные эффекты в химии**

1. Рассмотрите влияние размера частиц на их реакционную способность с термодинамической точки зрения.
2. Какие реакции относятся к структурно-чувствительным? Приведите примеры.
3. Сформулируйте основные причины размерных эффектов в катализе.
4. Как определить, какие центры (вершинные, реберные или плоскостные атомы) работают в данном каталитическом процессе?
5. К какому типу размерных эффектов следует отнести:
  - а) увеличение частоты оборотов с уменьшением размера частиц?
  - б) уменьшение частоты оборотов с уменьшением размера частиц?

**ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Терминология нанохимии. Основные классы наносистем. Примеры.
2. Специфика наносистем.
3. Термодинамика поверхностного слоя наносистем.
4. Размерные эффекты наносистем. Причины их возникновения.
5. Зависимость температуры фазовых переходов от размера частиц вещества.
6. Зависимость давления насыщенного пара и растворимости в зависимости от размера наночастиц.

7. Зависимость теплоемкости, поверхностного натяжения, электрической проводимости и магнитных свойств от размера наночастиц.
8. Общая характеристика методов получения наночастиц и наноматериалов.
9. Молекулярные кластеры: малые, средние и большие кластеры металлов, нанокластеры. Свободные, матричные, твердотельные кластеры.
10. Структурные магические числа нанокластеров.
11. Особенности синтеза моно- и биметаллических нанокластеров методом химического восстановления: каталитическое разложение стабилизирующих лигандов, растворителя, восстановителя образующимися кластерами металлов.
12. Синтез нанокластеров металлов методом химической конденсации. Химизм процесса и природа формирующихся частиц на примере реакций восстановления тетрагидроборатами и тетраорганоборатами щелочных металлов, алюминийорганическими соединениями, водородом, гипофосфитом натрия.
13. Биметаллические нанокластеры: методы их получения и типы структур.
14. Современные представления о типах стабилизации и природе стабилизаторов молекулярных нанокластеров.
15. Термодинамика гомогенного зародышеобразования по теории Фольмера. Критический размер зародыша новой фазы.
16. Методы и подходы регулирования размеров и распределения частиц по размерам. получение монодисперсных систем по механизму Ла-Мера; зародышевый метод или метод Зигмонди; созревание по Оствальду; регулирование степени дисперсности систем введением модификаторов 1-го рода (по Ребиндеру); кинетический контроль (Р. Финке).
17. Коллоидные нанореакторы. Влияние природы МПАВ и концентрации на форму и размер нанореактора.
18. Нанореакторы. Получение НРЧ в нанореакторах.
19. Самоорганизация наночастиц. Наноструктуры НРЧ металлов.
20. . Методы характеристики наночастиц: возможности и ограничения.
21. Фуллерены. Методы синтеза фуллеренов. Выделение и очистка фуллеренов и нанотрубок.
22. Химия фуллеренов. Эндоэдральные и экзоэдральные соединения.
23. Углеродные нанотрубки. Классификация. Методы синтеза, выделение и очистка нанотрубок.
24. Композиционные наноматериалы.
25. Золь-гель технология.
26. Синтез мезопористых молекулярных сит ( $\text{SiO}_2$ ) темплатным методом.
27. Гидротермальный синтез.
28. Размерные эффекты в химии.
29. Размерные эффекты в катализе. Положительный и отрицательный размерные эффекты.
30. Причины проявления размерных эффектов: электронный и геометрический факторы.
31. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные реакции.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ  
КОМПЕТЕНЦИЙ**

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения (знать, уметь, владеть)</b>	<b>Процедура оценивания</b>
<p><b>ОПК-1.1</b> Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук</p>	<p><b>Знает:</b> теоретические основы нанохимии: основные виды нанообъектов, особенности поведения наносистем, методы получения и характеристики веществ и материалов в наноразмерном состоянии, научные проблемы нанохимии; наиболее актуальные направления исследований в современной теоретической и экспериментальной химии в области нанохимии и нанотехнологии, перспективы развития нанотехнологий и их применение при решении практических задач</p>	<p>УО. Выполнение практических и контрольных работ.</p>
	<p><b>Умеет:</b> использовать теоретические знания и практические навыки для решения фундаментальных и прикладных задач нанохимии.</p>	<p>Выполнение практических и контрольных работ.</p>
	<p><b>Владет:</b> навыками применения теоретических знаний для решения фундаментальных и прикладных задач нанохимии; способностью интерпретации результатов научного эксперимента в области нанохимии</p>	<p>УО. Выполнение практических и контрольных работ.</p>

## Программа оценивания контролируемых компетенций:

Тема или раздел дисциплины <sup>1</sup>	Код индикатора компетенции	Планируемый результат	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС <sup>2</sup>	
					ТК <sup>3</sup>	ПА <sup>4</sup>
1. Введение: базовые понятия и терминология нанохимии. Классификация наносистем.	<b>ИДКо<sub>ПК-1.1</sub></b> . Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук	<b>Знает:</b> теоретические основы нанохимии: основные виды нанобъектов, особенности поведения наносистем, методы получения и характеристики веществ и материалов в наноразмерном состоянии, научные проблемы нанохимии; наиболее актуальные направления исследований в современной теоретической и экспериментальной химии в области нанохимии и нанотехнологии, перспективы развития нанотехнологий и их применение при решении практических задач	<b>Знает</b> терминологию и понятийный аппарат нанохимии, актуальные направления исследований в данной области знаний.	Владеет материалом, представленным в разделе «Введение». Ответил на вопросы УО: раздел 1, № 1-9. Выполнил 2/3 теста.	УО, Т	Экзамен
2. Специфика наносистем.	<b>ИДКо<sub>ПК-1.1</sub></b> . Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для	<b>Знает:</b> теоретические основы нанохимии: основные виды нанобъектов, особенности поведения наносистем, методы получения и характеристики веществ и материалов в наноразмерном	<b>Знает:</b> специфику наносистем, причины проявления физических размерных эффектов. <b>Умеет:</b> рассчитывать изменение	Владеет материалом, представленным в разделе 2. Ответил на УО: раздел 2 № 1-7. Решил типовые	УО, ПЗ, К	

	решения задач в избранной области химии или смежных наук	состоянии, научные проблемы нанохимии; наиболее актуальные направления исследований в современной теоретической и экспериментальной химии в области нанохимии и нанотехнологии, перспективы развития нанотехнологий и их применение при решении практических задач <b>Уметь:</b> использовать теоретические знания и практические навыки для решения фундаментальных и прикладных задач нанохимии <b>Владеть:</b> навыками применения теоретических знаний при планировании стратегии синтеза нанобъектов, разработке новых методик получения и характеристики веществ и материалов	физических характеристик нанобъектов в зависимости от размера частиц. <b>Владеет:</b> теоретическими представлениями о причинах проявления размерных эффектов и навыками их применения в решении расчетных задач на тему «Размерные эффекты»; способностью интерпретации результатов научного эксперимента в области нанохимии.	задачи. выполнил 2/3 заданий в контрольной работе		
3-4 Общая характеристика методов получения наночастиц.	<b>ИДК</b> <sub>ПК-1.1.</sub> Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и	<b>Знает:</b> теоретические основы нанохимии: основные виды нанобъектов, особенности поведения наносистем, методы получения и	<b>Знает:</b> основные методы синтеза моно- и биметаллических нанокластеров, их специфику; способы	Владеет материалом, представленным в разделе 2. Ответил на УО:	УО, ПЗ, К	

Нанокластеры	характеризации веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук	характеризации веществ и материалов в наноразмерном состоянии, научные проблемы нанохимии; наиболее актуальные направления исследований в современной теоретической и экспериментальной химии в области нанохимии и нанотехнологии, перспективы развития нанотехнологий и их применение при решении практических задач <b>Уметь:</b> использовать теоретические знания и практические навыки для решения фундаментальных и прикладных задач нанохимии <b>Владеть:</b> навыками применения теоретических знаний при планировании стратегии синтеза нанобъектов, разработке новых методик получения и характеристики веществ и материалов	контроля размера и формы наночастиц, современные представления о типах стабилизации и природе стабилизаторов нанокластеров переходных металлов.  <b>Умеет:</b> решать типовые задачи на по теме «Синтез моно- и биметаллических нанокластеров», <b>Владеет:</b> навыками выбора стратегии синтеза наночастиц, стабилизатора,	раздел 3 № 1-7, . Решил типовые задачи. выполнил 2/3 заданий в контрольной работе		
5.Методы характеристики наночастиц	<b>ИДЖоПК-1.1.</b> Использует существующие и	<b>Знает:</b> теоретические основы нанохимии: основные виды нанобъектов, особенности	<b>Знает:</b> основные методы, применяемые анализа	Владеет материалом, представленным	УО, ПЗ.	

	разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук	поведения наносистем, методы получения и характеристики веществ и материалов в наноразмерном состоянии, научные проблемы нанохимии; наиболее актуальные направления исследований в современной теоретической и экспериментальной химии в области нанохимии и нанотехнологии, перспективы развития нанотехнологий и их применение при решении практических задач <b>Уметь:</b> использовать теоретические знания и практические навыки для решения фундаментальных и прикладных задач нанохимии <b>Владеть:</b> навыками применения теоретических знаний при планировании стратегии синтеза нанообъектов, разработке новых методик получения и характеристики веществ и материалов	химического, фазового состава, размера частиц и состояния поверхностного слоя.  <b>Умеет:</b> определять по ПЭМ ВР снимкам природу и размер частиц, рассчитывать размеры частиц <b>Владет:</b> навыками анализа наносистем методом ПЭМ, электронной дифракции	в разделе 2. Ответил на УО: раздел 4 № 1-4, . Выполнил практическое задание по ПЭМ снимкам		
6.Наночастицы	<b>ИДЖоПК-1.1.</b>	<b>Знает:</b> теоретические основы	<b>Знает:</b> различные методы	Владет	УО, ПЗ,	

<p>семейства фуллеренов и углеродные нанотрубки</p>	<p>Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук</p>	<p>нанохимии: основные виды нанобъектов, особенности поведения наносистем, методы получения и характеристики веществ и материалов в наноразмерном состоянии, научные проблемы нанохимии; наиболее актуальные направления исследований в современной теоретической и экспериментальной химии в области нанохимии и нанотехнологии, перспективы развития нанотехнологий и их применение при решении практических задач  <b>Уметь:</b>  использовать теоретические знания и практические навыки для решения фундаментальных и прикладных задач нанохимии  <b>Владеть:</b> навыками применения теоретических знаний при планировании стратегии синтеза нанобъектов, разработке новых методик получения и характеристики веществ и</p>	<p>синтеза и химические свойства углеродных наноматериалов: фуллеренов и нанотрубок.  <b>Умеет:</b>  решать практические типовые задачи на тему «Фуллерены. УНТ».  <b>Владеет:</b>  представлениями о подходах синтеза нуль- и одномерных углеродных наноматериалов.</p>	<p>материалом, представленным в разделе 2. Ответил на УО: раздел 5 № 1-7, . Решил типовые задачи, выполнил 2/3 заданий в контрольной работе</p>	<p>К</p>	
---	--	---	--	---	----------	--

		материалов			
<b>8</b> Размерные эффекты в химии	<b>ИДК<sub>ПК</sub>-1.1.</b> Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук	<b>Знает:</b> теоретические основы нанохимии: <b>Уметь:</b> использовать теоретические знания и практические навыки для решения фундаментальных и прикладных задач нанохимии <b>Владеть:</b> навыками применения теоретических знаний при планировании стратегии синтеза нанообъектов, разработке новых методик получения и характеристики веществ и материалов	<b>Знает:</b> причины проявления размерных эффектов в химии и катализе. <b>Умеет:</b> решать практические типовые задачи на тему «Размерные эффекты в катализе». <b>Владет:</b> представлениями о структурно-чувствительных и структурно-нечувствительных реакциях и о выборе наиболее эффективного с этой точки зрения катализаторов.	Владет материалом, представленным в разделе 2. Ответил на УО: раздел 6 № 1-5, . Решил типовые задачи.	УО, ПЗ

## КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ:

### Оценка «отлично»:

сформированные и систематизированные знания предмета «Нанохимия», сформированные умения и навыки комплексного использования теоретических основ нанохимии, применения методов и подходов данной дисциплины при решении учебных и практических задач различного уровня сложности.

### Оценка «хорошо»:

в целом, сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания предмета, методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок не принципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач базового уровня.

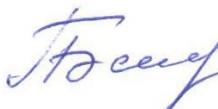
### Оценка «удовлетворительно»:

несистематизированные знания предмета, частично сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении типовых задач.

### Оценка «неудовлетворительно»:

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении типовых задач.

### Разработчики:



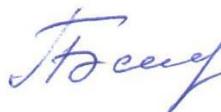
профессор Л.Б. Белых

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учетом рекомендаций ПООП по направлению и профилю подготовки 04.04.01 – «Химия».

Программа рассмотрена на заседании кафедры физической и коллоидной химии «8» июня 2023 г.

Протокол № 6

И.о. зав. кафедрой



/Л.Б. Белых/

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*