

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебной работе

_____ Э.Ю. Майкова
« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений
Блока 1 «Дисциплины (модули)»

«Физико-химия наноструктурированных веществ»

Направление подготовки магистров 04.04.01 Химия

Направленность (профиль) – Химия функциональных наноматериалов

Тип задач профессиональной деятельности – научно-исследовательский

Форма обучения – очная

Химико-технологический факультет

Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»

Тверь 20__

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки магитров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:
доцент кафедры БХС

А.В. Быков

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БХС
« ____ » _____ 20 __ г., протокол № ____.

Заведующий кафедрой

М.Г. Сульман

Согласовано:
Начальник учебно-методического
отдела УМУ

Д.А.Барчуков

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Физико-химия наноструктурированных веществ» является получение фундаментальных знаний о структуре и свойствах наноструктурированных фаз.

Задачами дисциплины являются:

- приобретение знаний о наноструктурах, их физических и химических свойствах;
- овладение основами современных методов физического и физико-химического анализа наноструктур, основными подходами к исследованию наноструктур;
- формирование навыков работы на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований;
- формирование знаний об основных этапах и закономерностях развития химической науки, пониманием объективной необходимости возникновения новых направлений, наличием представления о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков;
- формирование навыков владения современными методами определения состава, структуры и свойств чистых веществ, их смесей, поверхностей и тонких пленок;
- формирование знаний основ физико-химии наноструктурированных веществ.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплине части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания, умения и навыки, полученные в процессе изучения дисциплин: «Математика», «Физика», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Квантовая механика и квантовая химия».

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем при изучении дисциплин: «Компьютерные методы моделирования наноструктур», «Современные металлополимерные катализаторы», «Катализаторы в тонком органическом синтезе». Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем для выполнения научно-исследовательской работы, написании статей и тезисов, при подготовке выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:

ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области химии функциональных

наноматериалов, химической технологии наноструктурированных композиционных материалов и смежных с химией наук.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИПК-1.1. *Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий.*

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

З1.1. Способы синтеза наночастиц.

Уметь:

У1.1. Оценивать возможность и эффективность синтеза наночастиц в различных средах в заданных условиях.

Иметь опыт практической подготовки:

ПП1.1. В области анализ свойств наночастиц и выборе метода анализа в соответствии с задачами исследования.

ИПК-1.2. *Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.*

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

З2.1. Способы синтеза и ограничения способов синтеза наночастиц.

Уметь:

У2.1. Выбирать способ синтеза на основании информации о текущих материальных и временных ресурсах.

У2.2. Уметь выбирать компьютерный метод расчёта кластеров, наночастиц и систем с их участием на основании имеющихся вычислительных ресурсов и степени приближения к точному результату.

Иметь опыт практической подготовки:

ПП2.1. В области полуэмпирической и неэмпирической квантовой химии в расчёте кластеров, малых наночастиц и ансамблей с их участием.

ИПК-1.3. *Контролирует правильность проведения химического анализа, физико-химических и других видов исследований.*

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

З3.1. Способы оценки достижения результата химического синтеза наночастиц.

Уметь:

У3.1. Выбирать метод анализа для оценки достижения результата синтеза

Иметь опыт практической подготовки:

ПП3.1. В области применения методов анализа наноструктурированных веществ.

Компетенция, закреплённая за дисциплиной в ОХОП:

ПК-2. Способен проводить патентно-информационные исследования в области химии функциональных наноматериалов и смежных наук.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИПК-2.1. Проводит поиск специализированной научной информации в патентно-информационных базах данных.

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

34.1. Существующие патентно-информационные базы данных.

Уметь:

У4.1. Проводить поиск в патентно-информационных базах данных.

Иметь опыт практической подготовки:

ПП4.1. В анализе информации, представленной в источниках научной информации.

Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:

ПК-3. Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области химии функциональных наноматериалов, химической технологии наноструктурированных композиционных материалов или смежных с химией науках.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИПК-3.1. Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными.

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

35.1. Основы методов синтеза и методов анализа наноразмерных и наноструктурированных веществ.

Уметь:

У5.1. Обобщать разрозненную информацию, полученную различными методами исследования.

Иметь опыт практической подготовки:

ПП5.1. В анализе научной информации по теме исследования в области наноразмерных и наноструктурированных веществ.

3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных занятий; выполнение практических работ; выполнение курсовой работы; самостоятельная работа под руководством преподавателя.

4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
1 семестр		
Общая трудоемкость дисциплины	4	144
Аудиторные занятия (всего)		24
В том числе:		
Лекции		12
Практические занятия (ПЗ)		12

Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		84+36(экз)
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к практическим занятиям		64
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		не предусмотрен
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		20+36(экз)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		12
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Практические занятия (ПЗ)		12
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
2 семестр		
Общая трудоемкость дисциплины	4	144
Аудиторные занятия (всего)		42
В том числе:		
Лекции		14
Практические занятия (ПЗ)		28
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		66+36(экз)
В том числе:		
Курсовая работа		26
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к практическим занятиям		20
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (дифференцированный зачет)		не предусмотрен
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		20+36(экз)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		54
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		26
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Практические занятия (ПЗ)		28
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практикум	Сам. работа
1 семестр						
1	Введение. Цель и задачи дисциплины	2	1	-	-	0+1(экз)
2	Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур	6	2	-	-	0+4(экз)
3	Размерные эффекты кластеров и наночастиц	27	3	2	-	14+8(экз)
4	Методы исследования. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты	84	3	8	-	56+17(экз)
5	Термодинамические аспекты поверхности	25	3	2	-	14+6(экз)
	<i>Всего часов за 2 семестр</i>	144	12	12	-	84+36(экз)
2 семестр						
6	Кластерные модели. Молекулярные лигандные кластеры. Безлигандные металлические кластеры. Углеродные кластеры	45	2	8	-	30+5(экз)
7	Коллоидные кластеры и наноструктуры	7	2	-	-	0+5(экз)
8	Фуллериты и углеродные нанотрубки	8	2	-	-	0+6(экз)
9	Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Тонкие пленки. Механические и тепловые свойства	8	2	-	-	0+6(экз)
10	Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры	8	2	-	-	0+6(экз)
11	Оптические и электронные свойства наносистем и наноматериалов. Оптические наноустройства	61	1	20	-	36+4(экз)
12	Магнитные свойства наноструктур	7	1	-	-	0+4(экз)
	<i>Всего часов за 3 семестр</i>	144	14	28	-	66+36(экз)
Всего на дисциплину		288	26	40	-	150+72(экз)

5.2. Содержание дисциплины

МОДУЛЬ 1 «ВВЕДЕНИЕ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ»

Введение в наноструктуры. Понятие наноструктур. Основы наноструктурных материалов.

МОДУЛЬ 2 «КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКЛАСТЕРОВ И НАНОСТРУКТУР»

Молекулярные кластеры. Газовые безлигандные кластеры. Источники получения кластеров. Масс-спектрометры и детектирование кластеров. Коллоидные кластеры. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Матричные нанокластеры и супрамолекулярные наноструктуры. Кластерные кристаллы и фуллериты. Компактированные наносистемы и нанокомпозиты. Тонкие наноструктурированные пленки. Углеродные нанотрубки.

МОДУЛЬ 3 «РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ КЛАСТЕРОВ И НАНОЧАСТИЦ»

Параметры кристаллической решётки, энергии когезии, энергии адсорбции, энергии ионизации, структуры валентной зоны и энергии связи остовных электронов от размера частицы металла и оксида. Их взаимосвязь с температурами плавления, оптическими свойствами, каталитическими свойствами.

МОДУЛЬ 4 «МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ПОВЕРХНОСТЬ ТВЕРДЫХ ТЕЛ. МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ»

Общие понятия о методах анализа кластеров и наночастиц: дифракция электронов, полевые методы, сканирующая зондовая микроскопия, рентгеновская спектроскопия и рентгеновская дифракция, электронная спектроскопия. Оптическая и колебательная спектроскопия. Мессбауэровская спектроскопия. Методы радиоспектроскопии.

Атомные и молекулярные орбитали. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов. Примесные атомы на поверхности. Поверхность металлов и оксидов металлов (электронные свойства). Поверхность металлов и оксидов металла (магнитные свойства). Поверхностные центры кислотного и основного типа. Адсорбция. Примеры адсорбции. Катализ. Примеры каталитических превращений с участием поверхности твердого тела и нанокластеров.

МОДУЛЬ 5 «ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЕРХНОСТИ»

Химический потенциал. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца. Термодинамика поверхности и поверхностей раздела. Термодинамика криволинейной поверхности. Структура поверхности и межфазных границ. Нуклеация и рост нанокластеров в нанопорах вещества. Нуклеация и рост кластеров гидроксида железа в нанопорах (экспериментальное приложение термодинамических параметров). Нуклеация и рост кластеров на

основе твердотельных реакций. Твердотельная нуклеация и рост кластеров. Пример термического разложения оксалата железа.

МОДУЛЬ 6 «КЛАСТЕРНЫЕ МОДЕЛИ. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ЛИГАНДНЫЕ КЛАСТЕРЫ. БЕЗЛИГАНДНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КЛАСТЕРЫ. УГЛЕРОДНЫЕ КЛАСТЕРЫ»

Микроскопическая модель внутрикластерной атомной динамики. Термодинамическая модель кластера. Квантово-статистическая модель. Компьютерные модели кластеров. Фрактальные модели кластеров. Оболочечные модели кластера. Структурная модель кластеров.

Молекулярные кластеры металлов. Свойства металлических молекулярных кластеров. Кластеры на основе оксидов металлов. Свойства оксометаллических молекулярных кластеров.

Кластеры щелочных металлов и серебра. Кластеры алюминия. Кластеры ртути. Кластеры переходных металлов.

Малые углеродные кластеры. Фуллерены

МОДУЛЬ 7 «КОЛЛОИДНЫЕ КЛАСТЕРЫ И НАНОСТРУКТУРЫ»

Формирование коллоидных наносистем. Золи и их формирование. Мицеллы. Микроэмульсии. Формирование кластеров в микроэмульсиях. Организация и самоорганизация коллоидных структур. Оптические и электронные свойства коллоидных кластеров. Оптические свойства кластеров металлов и плазмонные колебания. Оптические свойства полупроводниковых кластеров. Электронная релаксация в коллоидных кластерах. Одноэлектронный перенос в кластерах.

МОДУЛЬ 8 «ФУЛЛЕРИТЫ И УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ»

Фуллериты. Углеродные нанотрубки. Структура нанотрубок. Электронные свойства нанотрубок. Наностройства на основе УНТ.

МОДУЛЬ 9 «ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ НАНОКЛАСТЕРЫ И НАНОСТРУКТУРЫ. ТОНКИЕ ПЛЕНКИ. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА»

Формирование твердотельных нанокластеров. Твердотельные химические реакции. Механохимические превращения. Ударно-волновой синтез. Наноструктурирование под действием давления со сдвигом. Наноструктурирование путем кристаллизации аморфных структур. Компактирование (консолидация) нанокластеров. Структурные особенности твердотельных наноструктур. Дефекты и напряжения в наноструктурах. Структурные фазовые переходы в наноструктурах. Механические свойства нанокластеров и наноструктур. Тепловые свойства нанокластеров и наноструктур. Плавление нанокластеров. Теплоемкость нанокластеров. Термическое расширение. Тонкие пленки.

МОДУЛЬ 10 «МАТРИЧНЫЕ И СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ НАНОКЛАСТЕРЫ И НАНОСТРУКТУРЫ»

Нанокластеры металлов и оксидов металлов в матрице органических веществ. Макромолекулярные и супрамолекулярные наноструктуры. Белки, полинуклеатиды и биологические объекты. Внутримолекулярная динамика биополимеров.

МОДУЛЬ 11 «ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА НАНОСИСТЕМ И НАНОМАТЕРИАЛОВ. ОПТИЧЕСКИЕ НАНОУСТРОЙСТВА»

Оптические свойства наносистем. Наносистемы на основе металлических нанокластеров. Наносистемы на основе полупроводниковых кластеров. Фононные нанокристаллы и пористый кремний. Полупроводниковые наноструктуры и наноустройства. Электропроводимость наноструктур. Электропроводимость трехмерных, двумерных и одномерных наноструктур. Электропроводящие устройства.

МОДУЛЬ 12 «МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУР»

Суперпарамагнетизм. Намагниченность и квантовое магнитное туннелирование. Намагниченность нанокластеров и наноструктур. Квантовое магнитное туннелирование. Гигантское магнетосопротивление. Магнитные фазовые переходы. Наносистемы с изолированными кластерами. Наноструктуры.

5.3. Лабораторные работы

Учебным планом лабораторные работы не предусмотрены.

5.4. Практические занятия

Таблица 3. Тематика, форма практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических занятий	Примерная тематика занятий и форма их проведения	Трудоемкость в часах
Модуль 3 Цель: размерные эффекты кластеров и наночастиц	Проявление размерных эффектов в спектрах поглощения и испускания Роль размерных эффектов в катализе	2
Модуль 4 Цель: Изучение основ методов анализа состава наноструктур и нанопленок	Дифракция электронов. Фотоэлектронная спектроскопия. Спектроскопия УФ/Видимой области Рентгеновская дифракция Атомно-силовая микроскопия Туннельная микроскопия	8
Модуль 5 Цель: знакомство со структурой и способами описания поверхности	Описание структуры поверхности и адсорбционных слоёв. Энергетическая неоднородность поверхности.	2
Модуль 6 Цель: компьютерное моделирование кластеров	Модели безлигандных кластеров в вакууме. Расчет энергии когезии и межатомных расстояний в зависимости от состава кластера Me_n .	8

Модуль 11 Цель: изучение спектральных характеристик и энергетических эффектов	Наночастицы металлов в вакууме и в растворах. Сопоставление расчётных свойств и результатов вещественного эксперимента.	20
--	---	----

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

6.1. Цели самостоятельной работы

Основными целями самостоятельной работы магистрантов является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых, рациональных и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к практическим занятиям, к текущему контролю успеваемости; подготовке курсовой работы, доклада и презентации; подготовке к экзаменам.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдаются задания на практические занятия. Студенты выполняют задания в часы СРС в течение семестра в соответствии с освоением учебных разделов. Защита выполненных заданий производится поэтапно в часы практических занятий. Оценивание осуществляется путем устного опроса проводится по содержанию и качеству выполненного задания.

После вводных лекций в третьем семестре студентам выдаются темы курсовой работы, определяется порядок подготовки доклада и презентации для его защиты.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература по дисциплине

1. Лозовский, В.Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность : учебное пособие для бакалавров / В.Н. Лозовский, С.В. Лозовский. - 2-е изд. ; стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 25.08.2022. - ISBN 978-5-8114-3986-7. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206276> . - (ID=136024-0)

2. Суздалев, И.П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов : в составе учебно-методического комплекса / И.П. Суздалев. - Москва : КомКнига, 2006. - 590 с. : ил. - (Синергетика: от прошлого к будущему) (УМК-У). - Библиогр. в конце гл. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-484-00243-5 : 200 p. - (ID=59120-4)

3. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологий : учебное пособие для вузов по напр. "Нанотехнологии" : в составе учебно-методического комплекса / В.В. Старостин. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.

- 431 с. - (Нанотехнологии) (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-9963-0346-5 : 242 р. - (ID=78276-10)

7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Фахльман, Б.Д. Химия новых материалов и нанотехнологии : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / Б.Д. Фахльман; пер. с англ.: Д.О. Чаркина, В.В. Уточниковой ; под ред.: Ю.Д. Третьякова, Е.А. Гудилина. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 463 с. : ил., табл. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-91559-029-7 : 1045 р. 20 к. - (ID=87789-3)

2. Доломатов, М.Ю. Физико-химия наночастиц : учебное пособие для вузов / М.Ю. Доломатов, Р.З. Бахтизин, М.М. Доломатова. - 2-е изд. ; доп. и переаб. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-13077-5. - URL: <https://urait.ru/book/fiziko-himiya-nanochastic-496174> . - (ID=136308-0)

3. Сергеев, Г.Б. Нанохимия : учеб. пособие по напр. 020100 (510500) - Химия и по спец. 020101 (011000) - Химия : в составе учебно-методического комплекса / Г.Б. Сергеев. - М. : Книжный дом университет, 2009. - 333 с. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-98227-621-6 : 288 р. - (ID=74914-6)

4. Физические методы нанесения нанопокровов : учебное пособие для вузов / В. С. Мухин [и др.] ; под редакцией В. С. Мухина, С. Р. Шехтмана. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 333 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13807-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/494749> (дата обращения: 03.11.2022). - (ID=135794-0)

5. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы : учеб. пособие для вузов по напр. подготовки дипломир. спец. 651800 "Физ. материаловедение" : в составе учебно-методического комплекса / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. - Москва : Академия, 2005. - 187 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование) (УМК-У). - Библиогр. в конце гл. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7695-2034-5 : 235 р. 73 к. - (ID=47566-9)

6. Суздаев, И.П. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах : монография / И.П. Суздаев. - М. : Красанд, 2012. - 474 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-396-00416-0 : 499 р. - (ID=94434-2)

7. Наноструктурные материалы : в составе учебно-методического комплекса / под ред.: Р. Ханника, А. Хилл. - М. : Техносфера, 2009. - 487 с. - (Мир материалов и технологий) (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-94836-221-2 : 441 р. - (ID=78846-2)

8. Физические методы исследования : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / А.В. Быков [и др.]; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2010. - (УМК-У). - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0517-2 : 0-00. - (ID=81121-1)

9. Физические методы исследования : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / А.В. Быков [и др.]; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд.

- Тверь : ТвГТУ, 2010. - 159 с. : ил. - (УМК-У). - Библиогр.: с. 156 - 157. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0517-2 : 101 p. - (ID=81497-115)

7.3. Методические материалы

1. Учебно-методический комплекс дисциплины "Физико-химия наноструктурированных веществ" направления подготовки 04.04.01 Химия. Профиль: Химия функциональных наноматериалов : ФГОС 3+ / Каф. Биотехнология и химия ; сост. - 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/129421> . - (ID=129421-1)

7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1, 2, 3, 4. - М.:Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 p. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/129421>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Физико-химия наноструктурированных веществ» используются современные средства обучения, возможна демонстрация лекционного материала с помощью проектора. Аудитория для проведения лекционных занятий, проведения защит и презентаций курсовых работ оснащена современной компьютерной и офисной техникой, необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и

законодательно-правовой поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

В таблице 4 представлен рекомендуемый перечень материально-технического обеспечения практических занятий по дисциплине.

Таблица 4. Рекомендуемое материально-техническое обеспечение дисциплины

№ пп	Рекомендуемое материально-техническое обеспечение дисциплины
1	Класс зондовых микроскопов, зондовые микроскопы "Наноэдюкатор"
2	Лаборатория рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, рентгенофотоэлектронный спектрометр ЭС-2403М
3	Программный пакет квантово-химических расчетов из первых принципов «Ogса»

9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 15. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием справочного материала и непрограммируемого калькулятора.

При ответе на вопросы экзамена допускается использование справочного материала при решении задач.

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене:

1 семестр:

1. Приведите причины отличия свойств нанобъекта от аналогичного компактного материала.
2. Молекулярные кластеры. Способы получения.
3. Газовые безлигандные кластеры. Способы получения.
4. Опишите способы стабилизации металлических гидрофобных кластеров в жидких гидрофильных средах.
5. Наноструктурированные пленки. Способы получения.
6. Коллоидные кластеры. Способы получения.
7. Углеродные нанотрубки. Способы получения.
8. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Способы получения.
9. Твердотельная нуклеация и рост кластеров.
10. Нуклеация и рост кластеров в порах.
11. Матричные нанокластеры и супрамолекулярные наноструктуры. Способы получения.
12. Компактированные наносистемы и наноккомпозиты. Способы получения.
13. Что такое реальная поверхность? Эффекты релаксации и реконструкции поверхности.
14. Поверхность монокристаллов.
15. Опишите поверхность компактных монокристаллов, наночастиц и кластеров.
16. Что такое примесные атомы поверхности? Модификация свойств наночастиц.
17. Опишите различия в структуре поверхности компактных монокристаллов, наночастиц и кластеров.
18. Опишите изменение свободной энергии Гиббса при нуклеации, росте и спекании кластеров как функция относительного размера кластера.
19. Опишите изменение свободной энергии Гиббса в области начала спекания кластеров, как функции относительного радиуса кластера.
20. Опишите термодинамику криволинейной поверхности.
21. Опишите нуклеацию и рост кластеров в порах.
22. Опишите структуру межфазных границ. Влияние адсорбции.
23. Опишите адсорбцию на наночастицах и нанопористых сорбентах.
24. Опишите адсорбцию на наночастицах и нанопористых сорбентах.
25. Приведите причины аномального поведения наночастиц по сравнению с компактным материалом в катализе.
26. Опишите поверхность металлов и оксидов металлов. Электронные свойства.
27. Опишите поверхность металлов и оксидов металлов. Магнитные свойства.

28. Для твердого композитного материала, содержащего на своей поверхности островки металла, предложите способ определения геометрических характеристик этих островков.

29. На плоскую электропроводную подложку в первом случае были осаждены металлические наночастицы, во втором наночастицы оксида того же металла. Предложите способы установления оксидной и металлической природы осаждённых частиц.

30. На плоскую электропроводную подложку в первом случае были осаждены металлические наночастицы, во втором наночастицы оксида того же металла. Предложите способы установления элементного состава поверхности.

31. Для раствора, содержащего коллоидные частицы золота предложите способ определения распределения этих частиц по размерам.

32. Для раствора, содержащего коллоидные частицы предложите способ определения элементного состава этих частиц.

33. Для твердого композитного материала предложите способ определения элементного состава.

34. Для твердого композитного материала, содержащего на своей поверхности островки оксида металла, предложите способ определения магнитных характеристик этих островков.

35. Для твердого композитного материала, содержащего на своей поверхности островки оксида металла, предложите способ определения химического состава этих островков.

36. Приведите причины аномального поведения наночастиц по сравнению с компактным материалом в катализе.

37. Для газовых безлигандных кластеров предложите способ определения молекулярной массы.

2 семестр:

1. Структурная модель кластера.
2. Оболочечная модель кластера.
3. Фрактальная модель кластера.
4. Термодинамическая модель кластера.
5. Квантово-статистическая модель кластера.
6. Микроскопическая модель внутрикластерной атомной динамики.
7. Опишите понятие плазмонный резонанс. Как это явление проявляется в УФ-спектрах или спектрах поглощения в видимой области коллоидных частиц. В каких случаях.
8. Изолированные и молекулярные кластеры. Характеристика.
9. Кластеры объединенные в наноструктуры. Характеристика.
10. Кластеры со слабым и сильным межкластерным взаимодействием. Характеристика.
11. Твердотельные кластеры и наноструктуры. Характеристика.
12. Кластеры с взаимодействием кластера с матрицей. Характеристика.
13. Кластеры объединенные в наноструктуры. Характеристика.

14. Дайте определение температуры плавления наноматериала. Зависимость температуры плавления от размера частиц.

15. Приведите причины влияния размера наночастицы на положение полос в спектре люминесценции.

16. Кластеры с взаимодействием кластера с матрицей. Характеристика.

17. Опишите геометрические и энергетические эффекты при адсорбции кластеров на подложки.

18. Опишите спектры поглощения атома, кластера и компактного материала. Причины различия.

19. Опишите различие в энергетической структуре уровней атома, наночастицы и компактного материала.

а. Дайте определение плазмону поверхностному и объемному. Зависимость энергии плазмона частицы от её размера и диэлектрической постоянной окружающей среды.

б. Опишите геометрические и энергетические эффекты при адсорбции кластеров на подложки.

20. Опишите взаимосвязь геометрических и электронных характеристик кластера и наночастицы от их размера.

21. Опишите магнитные свойства кластеров.

22. Опишите зависимость среднеквадратичного отклонения до ближайших соседей как функцию температуры кластера.

23. Опишите зависимость постоянной кристаллической решетки от размера кластера.

24. Опишите зависимость энергии когезии от размера кластера.

25. Опишите зависимость потенциала ионизации кластера от размера кластера. Приведите способы расчёта потенциала ионизации кластера.

26. Опишите взаимодействие кластер-подложка.

27. Приведите причины различия энергий адсорбции и каталитических свойств на наночастицах разной формы одного и того же вещества.

28. Опишите зависимость ширины запрещённой зоны кластера от его размера. Опишите способ расчёта этой величины.

29. Опишите спектры люминесценции атома, кластера и компактного материала. Причины различия.

30. Опишите дефекты и напряжения в наноструктурах.

31. Опишите зависимость удельной теплоемкости нанокластеров от размера при криогенных температурах.

32. Опишите способы расчёта электронных и структурных характеристик кластера. Выбор метода, точность расчёта.

33. Опишите способы расчёта спектральных характеристик кластера и наночастицы. Опишите достоинства и недостатки этих методов.

34. Опишите способы моделирования взаимодействия кластера и наночастицы с их окружением.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для

решения поставленных задач, не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы и решенных на компьютере задач задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы

1. Шкала оценивания курсовой работы – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Примерная тематика курсовой работы (2 семестр).

1) Масс-спектрометры и детектирование кластеров.

2) Дифракция медленных электронов в анализе поверхностей и наноструктур и адсорбционных слоёв.

3) Дифракция отраженных быстрых электронов в анализе поверхностей, наноструктур и адсорбционных слоёв.

4) Полевой электронный микроскоп.

5) Сканирующая туннельная микроскопия в анализе поверхностей.

6) Атомно-силовая и магнитно-силовая микроскопия в анализе магнитных доменов.

7) Рентгеновская спектроскопия поглощения в анализе структуры кластеров.

8) Электронная Оже-спектроскопия в анализе электронной структуры кластеров и наночастиц.

9) Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия в анализе электронной структуры кластеров и наночастиц.

10) Эндоэдральные фуллерены.

11) Экзоэдральные фуллерены.

12) Наноструктурирование путем кристаллизации аморфных структур.

13) Дефекты и напряжения в наноструктурах.

14) Структурные фазовые переходы в наноструктурах.

15) Оптические свойства металлических и оксидных кластеров.

Студент по согласованию с преподавателем может самостоятельно выбрать объект курсовой работы на базе организации или предприятия, на котором проводится практика или научно-исследовательская работа.

Курсовая работа может являться этапом подготовки к написанию ВКР.

3. Критерии итоговой оценки за курсовую работу.

№ раздела	Наименование раздела	Баллы по шкале уровня
	Термины и определения	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Введение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
1	Общая часть (обзор литературы по выбранной теме курсовой работы)	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
2	Специальная часть (характерные системы или результаты исследований с их подробной интерпретацией)	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
	Заключение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Список использованных источников	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0

Критерии итоговой оценки за курсовую работу:

«отлично» – при сумме баллов от 20 до 22;

«хорошо» – при сумме баллов от 15 до 19;

«удовлетворительно» – при сумме баллов от 11 до 14;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 11, а также при любой другой сумме, если по разделам «Общая часть» и «Специальная часть» работа имеет 0 баллов.

4. В процессе выполнения курсовой работы руководитель осуществляет систематическое консультирование.

5. Дополнительные процедурные сведения:

- студенты выбирают тему для курсовой работы самостоятельно из предложенного списка и согласовывают свой выбор с преподавателем в течение двух первых недель обучения;

- проверку и оценку работы осуществляет руководитель, который доводит до сведения обучающего достоинства и недостатки курсовой работы и ее оценку. Оценка проставляется в зачетную книжку обучающегося и ведомость для курсовой работы. Если обучающийся не согласен с оценкой руководителя, проводится защита работы перед комиссией, которую назначает заведующий кафедрой;

- защита курсовой работы проводится в течение двух последних недель семестра и выполняется в форме устной защиты в виде доклада и презентации на 5-7 минут с последующим ответом на поставленные вопросы, в ходе которых выясняется глубина знаний студента и самостоятельность выполнения работы;

- работа не подлежит обязательному внешнему рецензированию;

- курсовые работы хранятся на кафедре в течение трех лет.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечиваются электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению практических работ, всех видов самостоятельной работы.

В учебный процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов» форме.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров 04.04.01 Химия
Профиль – Химия функциональных наноматериалов
Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»
Дисциплина «Физико-химия наноструктурированных веществ»
Семестр 1

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:
Способы получения твердотельных наноструктур.
2. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:
Опишите способы стабилизации металлических гидрофобных кластеров в жидких гидрофильных средах.
3. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:
На плоскую электропроводную подложку в первом случае были осаждены металлические наночастицы, во втором наночастицы оксида того же металла. Предложите способы установления оксидной и металлической природы осаждённых частиц.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

- «отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
- «хорошо» - при сумме баллов 4;
- «удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
- «неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2 балла;

Составитель: доц. кафедры БХС

А.В. Быков

Заведующий кафедрой БХС

М.Г. Сульман

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров 04.04.01 Химия
Профиль – Химия функциональных наноматериалов
Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»
Дисциплина «Физико-химия наноструктурированных веществ»
Семестр 2

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:
Плазмонный резонанс. Как это явление проявляется в УФ-спектрах или спектрах поглощения в видимой области коллоидных частиц. В каких случаях?
2. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:
Приведите причины различия энергий адсорбции и каталитических свойств на наночастицах разной формы одного и того же вещества.
3. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:
Опишите способы моделирования взаимодействия кластера и наночастицы с их окружением.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

- «отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
- «хорошо» - при сумме баллов 4;
- «удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
- «неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2 балла;

Составитель: доц. кафедры БХС

А.В. Быков

Заведующий кафедрой БХС

М.Г. Сульман