

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Введение в нанотехнологии»

Направление подготовки

18.03.01 «Химическая технология»

Основная профессиональная образовательная программа

«Химическая технология неорганических веществ»

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Цель освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов комплекса базовых знаний и умений, позволяющих ориентироваться в терминологии и направлениях нанотехнологии как совокупности технологических методов, применяемых для изучения, проектирования и производства материалов, устройств и систем, включая целенаправленный контроль и управление строением, химическим составом и взаимодействием составляющих их отдельных элементов нанодиапазона.

Задачи изучения дисциплины:

- знакомство с мировой практикой реализации нанотехнологии (от первичной нанотехнологической продукции до практических приложений), ознакомление с экологическими и токсикологическими аспектами реализации нанотехнологии;
- формирование представлений о методах реализации нанотехнологии в химической технологии;
- формирование представлений об основных этапах решения задачи реализации конкретного направления нанотехнологии в химии.

Изучение дисциплины должно основываться на следующих профессиональных стандартах: «24.075. Инженер-исследователь в области разделения изотопов».

Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления о современных концепциях нанохимии и нанотехнологии. Кроме того, при освоении дисциплины студенты получают обзорные знания о перспективах развития нанохимии и нанотехнологии в области материаловедения, тонкого органического синтеза и наноструктурированных материалов.

Обучение по данной дисциплине базируется главным образом на знаниях, полученных студентами в процессе изучения курсов математики, неорганической химии, физики, аналитической химии, процессов и аппаратов, основ химической технологии.

После изучения дисциплины выпускники должны быть готовы к выполнению следующих трудовых функций:

- А/02.6. Отбор проб по технологической цепочке разделения изотопов, обработка результатов анализа и показаний приборов

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

– универсальные:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	З-УКЕ-1 Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 Уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 Владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами
УКЦ-2	Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых	З-УКЦ-2 Знать: методики сбора и обработки информации с использованием цифровых средств, а также актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности У-УКЦ-2 Уметь: применять методики поиска, сбора и обра-

	средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач	ботки информации; с использованием цифровых средств, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, и решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности В-УКЦ-2 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации с использованием цифровых средств для решения поставленных задач, навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе с использованием цифровых средств и с учетом требований информационной безопасности
--	---	---

– профессиональные –

ПК – 12	Способен использовать информационные технологии при разработке проектов	3-ПК-12 Знать: современные информационные технологии при разработке технологических проектов У-ПК-12 Уметь: обрабатывать информацию с использованием прикладных программных средств при разработке технологических проектов В-ПК-12 Владеть: навыками использования сетевых компьютерных технологий и баз данных при разработке технологических проектов
---------	---	--

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебной дисциплины	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиональное воспитание	- формирование культуры информационной безопасности (В23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.	1. Организация семинара на тему «Введение в мир нанотехнологий». 2. Организация и проведение конкурса-викторины профессионального мастерства с соблюдением техники безопасности на рабочем месте на тему «Занимательные нанотехнологии».

Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 4-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 ак. часов.

Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (час.)					Аттестация раздела* (форма)	Максималь- ный балл за раздел**	
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС			
Раздел 1 – «Основы наноматериалов»										
1	1	Основные классы наноматериалов и нанотехнологий	12	2		2	8	Т №1 (письменно)	20	

	2	Углеродные нанокластеры, наноструктуры и наноматериалы	14	2		4	8	Д	
	3	Объёмные наноструктурирован-ные матери-алы	18	4		4	10		
	4	Электрические и маг-нитные свойства нано-систем и наноматериа-лов	16	4		4	8		
Раздел 2 – «Основы нанотехнологий»									
2	5	Самосборка и катализ. Поверхностные эффек-ты	16	4		2	10	Т №2 (письменно) Д	20
	6	Биологические нано-структуры	14	4		2	8		
	7	Методы получения наноматериалов	22	4		6	12		
	8	Методы измерения, ис-следования и формиро-вания наноструктур	22	4		10	8		
	9	Зондовые технологии	16	4		4	8		
Раздел 3 – «Применение наноматериалов и нанотехнологий»									
3	10	Оптические волокна с фотонно-кристаллической структурой	12	4			8	Т №3 (письменно) Д	20
	11	Периодические домен-ные структуры в сегне-тоэлектрических кри-сталлах	20	4		6	10		
	12	Применения наномате-риалов и нанотехноло-гий	16	4			12		
	13	Наномашины и нано-приборы	18	4		4	10		
Вид промежуточной аттестации			216	48		48	120	30	40

* - сокращенное наименование формы контроля

** - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Т	Тестовое задание
Д	Доклад
Зо	Зачет с оценкой

Содержание лекционного курса

Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Лекция 1. Основные классы наноматериалов и нанотехнологий. 1. Нанокластеры и их классификация 2. Методы получения различных нанокластеров и наноструктур 3. Наноматериалы	2	1-7
Лекция 2. Углеродные нанокластеры, наноструктуры и наномате-	2	1-7

риалы 1. Углеродные нанокластеры 2. Фуллерены 3. Фуллериты 4. Углеродные нанотрубки 5. Графен		
Лекция 3. Объёмные наноструктурированные материалы. 1. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры 2. Наноструктуры и их свойства 3. Тонкие плёнки 4. Металлические нанокластеры в оптических стеклах 5. Пористый кремний 6. Объемные наноструктурированные материалы для фотоники	4	1-7
Лекция 4. Электрические и магнитные свойства наносистем и наноматериалов. 1. Электрические свойства наноструктур 2. Магнитные свойства наноструктур 3. Ферромагнитные жидкости	4	1-7
Лекция 5. Самосборка и катализ. Поверхностные эффекты. 1. Процесс самосборки. Монослои. 2. Поверхностные эффекты. 3. Электронные свойства поверхности металлов и оксидов металлов. 4. Магнитные свойства поверхности металлов и оксидов металлов. 5. Адсорбция и катализ. 6. Термодинамический подход к поверхности	4	1-7
Лекция 6. Биологические наноструктуры. 1. Макромолекулярные и супрамолекулярные наноструктуры. 2. Биополимеры. 3. Эмульсия. 4. Особенности строения и область применения наноматериалов в медицине.	4	1-7
Лекция 7. Методы получения наноматериалов. 1. Определение технологии и нанотехнологии. 2. Механические методы получения нанопорошков. 3. Методы физического диспергирования. 4. Методы химического диспергирования. 5. Биологические методы получения наноматериалов. 6. Пиролиз (термическое разложение). 7. Способы консолидации наноразмерных порошков	4	1-7
Лекция 8. Методы измерения, исследования и формирования наноструктур. 1. Молекулярно-лучевая эпитаксия. 2. Формирование квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии. 3. Нанолитография. 4. Импринт-литография	4	1-7
Лекция 9. Зондовые технологии. 1. Сканирующая туннельная микроскопия. 2. Рентгеновский структурный анализ. 3. Атомно-силовая микроскопия. 4. Электронная спектроскопия. 5. Оптическая спектроскопия. 6. Инфракрасная и рамановская спектроскопия. 7. Фотоэмиссионная и рентгеновская спектроскопия. 8. Ядерный магнитный резонанс. 9. Электронный парамагнитный резонанс.	4	1-7

Лекция 10. Оптические волокна с фотонно-кристаллической структурой. 1.Нанопотоника. 2.Фотонные кристаллы. 3.Оптические волокна с фотонно-кристаллической структурой. 4.Технология изготовления оптических волокон. 5.Формирование фотонной запрещённой зоны субмикронными брегговскими решётками. 6.Волоконные световоды с брегговскими решётками.	4	1-7
Лекция 11. Периодические доменные структуры (ПДС) в сегнето-электрических кристаллах. 1.Периодические доменные структуры 2.Методы формирования индуцированных доменов и периодических доменных структур в сегнетоэлектриках 3.Распространение и генерация оптических волн в ПДС волн. 4.Нелинейные оптические эффекты в ПДС.	4	1-7
Лекция 12. Применения наноматериалов и нанотехнологий. 1.Классификация низкоразмерных систем. 2.Квантовые ямы, проволоки и точки. 3.Оптические свойства квантовых точек. 4.Оптические свойства нанокластеров, наносистем и наноматериалов. 5.Металлические нанокластеры в оптических стеклах. 6.Оптические свойства полупроводниковых нанокластеров. 7.Лазеры на квантовых точках. 8.Полупроводниковые наноструктуры и наноустройства.	4	1-7
Лекция 13. Наномашины и наноприборы. 1.Микроэлектромеханические системы (МЭМС). 2.Наноэлектромеханические системы (НЭМС). 3.Материалы и технологии будущего. 4.Биоматериалы. 5.«Умные» материалы. 6.Бионические и самособирающиеся материалы. 7.Наномасштабные материалы и сборка. 8.Техника отображения	4	1-7

Перечень практических работ

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Физико-химические свойства основных типов наносистем	10	1-7
Оценка основных показателей фуллеренов.	4	1-7
Методы определения размеров наночастиц. Расчет размеров по методу тепловой десорбции азота: определяемая величина, формула расчета, допуски, точность.	8	1-7
Оценка критических размеров структур, влияющих на свойства вещества.	6	1-7
Оценка структуру многослойных углеродных нано-трубок и нано-волокон.	6	1-7
Оценка структурных свойств однослойных углеродных нанотрубок.	6	1-7
Смачивание нанокомпозитов и процессы на поверхности.	4	1-7
Основы методов зондовой микроскопии наноструктур.	4	1-7

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего Часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Общность и различия в Российских и зарубежных нормативных документах в области разработок нанотехнологий.	16	1-7
Особое структурирование атомов и молекул как характеристическое свойство нанопродукции, закрепленное в нормативной документации.	10	1-7
Нанотехнологическое общество России, ОАО РОСНАНО: цели и задачи, механизмы реализации. Критика механизмов реализации.	8	1-7
Углеродные нанотрубки, фуллерены, графен, аэрографит, аэрогель, нанокристаллы, оксидные наноматериалы: развитие технологии получения.	18	1-7
Обобщенный критерий качества для оценки показателей материалов различного назначения, позволяющий однозначно количественно характеризовать преимущества различных способов наномодифицирования.	20	1-7
Общая характеристика физических и химических свойств наночастиц	8	1-7
Физико-химические свойства основных типов наносистем. Трехмерные наносистемы. Термодинамические закономерности гомогенного образования и роста нанокластеров.	20	1-7
Современные методы исследования наночастиц и наноструктур.	20	1-7

Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса «Введение в нанотехнологии» используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий

Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль	УКЕ-1	Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			

2	Раздел 1 «Основы наноматериалов»	ПК-12; УКЕ-1; УКЦ-2	Контрольная работа – (письменно). Доклад – (устно) Тест - (письменно)
	Раздел 2 «Основы нанотехнологий»	ПК-12; УКЕ-1; УКЦ-2	Контрольная работа – (письменно). Доклад – (устно) Тест - (письменно)
	Раздел 3 «Применение наноматериалов и нанотехнологий»	ПК-12; УКЕ-1; УКЦ-2	Контрольная работа – (письменно). Доклад – (устно) Тест - (письменно)
Промежуточная аттестация			
3	Зачет с оценкой	ПК-12; УКЕ-1; УКЦ-2	Вопросы к зачету (устно)

Входной контроль предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

Перечень вопросов входного контроля

1. Назовите основные области применения магнитных наноматериалов.
2. Для чего и как разрабатываются материалы с высокой электропроводностью и прочностью?
3. Что такое объемная пористость?
4. Что такое броуновское движение?
5. Назовите основные области применения наноматериалов?
6. В чём заключается «эффект лотоса»?
7. Может ли золото служить катализатором?
8. Почему наночастицы являются эффективными катализаторами?
9. Углеродные нанотрубки и их применение.
10. Перспективы использования в здравоохранении, экологии, машиностроении, энергетике и т.д.

Текущий контроль – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля выступают опросы на практических занятиях, решение контрольных работ, доклады и рефераты.

Перечень тем для подготовки докладов по разделам 1, 2, 3

- 1) Перспективы использования нанотехнологий в здравоохранении, экологии, машиностроении, энергетике и т.д.
- 2) Методы консолидации ультрадисперсных наноструктур: суть и условия реализации. Способы уменьшения пористости наноматериалов.
- 3) Технологии электродугового испарения магнетронного напыления.
- 4) Фуллерены. История открытия фуллеренов. Строение фуллеренов и т.д.
- 5) История возникновения нанотехнологий.
- 6) Углеродные нанотрубки.
- 7) Оптические волокна с фотонно-кристаллической структурой.
- 8) Материалы и технологии будущего.
- 9) «Умные» материалы.
- 10) Наноматериалы для информационных технологий.
- 11) Химические методы получения наноструктур.
- 12) Нанопорошки и их применение.
- 13) Полимерные нанокомпозиты.
- 14) Нанотехнологии и лечение болезней.
- 15) Нанотехнологии и окружающая среда. Опасность наночастиц.
- 16) Уникальные химические свойства наноструктур
- 17) Создание объектов по принципу «сверху-вниз» и «снизу-вверх».
- 18) Наноскопическое выращивание кристаллов.
- 19) Нульмерные наноматериалы.

20) Суть «туннельного эффекта».

Шкала оценивания обучающегося на собеседовании по разделам 1, 2, 3

Уровень освоения материала	Баллы рейтинговой оценки
Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с материалом полностью сформированы. Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	9-10
Теоретическое содержание дисциплины освоено практически полностью, обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	7-8
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся имеет знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, однако обучающийся испытывает затруднения при решении практических задач.	5-6
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся допускает существенные ошибки, не видит взаимосвязи теории с практикой, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено. Необходима дополнительная самостоятельная работа над материалом курса.	0-4

Тест № 1 раздела «Основы наноматериалов»

1. Каким инструментом пользуются нанотехнологи?

- а) туннельным микроскопом;
- б) опытным микроскопом;
- в) дрелью;
- г) 3d микроскопом.

2. Что такое нано?

- а) одна миллиардная;
- б) одна миллионная;
- в) одна десятая.

3. Какой метод не относится к основным методам получения углеродных нанотрубок и нановолокон?

- а) дуговой;
- б) биотехнологический;
- в) пиролитический;
- г) лазерно-термический

4. Образование супермолекулы в супрамолекулярной химии можно описать как:

- а) субстрат + субстрат(ы);
- б) рецептор + субстрат(ы);
- в) рецептор + рецептор;
- г) рецептор + мономеры.

5. Где был изобретён сканирующий силовой микроскоп?

- а) В России, в физико-техническом институте им. Иоффе;
- б) В швейцарском филиале IBM;
- г) В германском филиале IBM;
- д) В США, IBM.

6. Наночастицы принадлежат одному из измерений:

- а) от 1 до 1 000 000 000 нанометров;
- б) от 1 до 100 нанометров;
- в) от 1 до 2 нанометров.

7. Как называется знаменитая книга Э. Дрекслера, посвящённая нанотехнологии?

Ответ: _____.

8. В каком году Э. Фейнман выдвинул идею о развитии нанотехнологии?

Запишите число: _____

9. Почему рибосому называют молекулярным ассемблером?

- а) рибосомы строят белки, основываясь на инструкциях, хранящихся на нитках РНК;
- б) Рибосомы имеют размер несколько десятков нанометров;
- в) Рибосомы могут сворачиваться в клубки, изменяя четвертичную структуру;
- г) Рибосомы умеют преобразовывать механическую энергию в энергию химических связей.

10. Что такое везикулы?

- а) субклеточные частицы;
- б) наноразмерные вирусы;
- в) замкнутые бислойные мембранные оболочки;
- г) белковые молекулы, содержащие ферменты.

Тест № 2 раздела «Основы нанотехнологий»

1. Какая величина не входит в уравнение Гиббса-Томсона?

- а) температура плавления;
- б) свободная поверхностная энергия;
- в) изменение теплосодержания;
- г) вязкость кристаллита.

2. Что такое молекулярный ассемблер?

- а) мельчайшая частица атома;
- б) молекулярная машина, которая запрограммирована строить молекулярную структуру из более простых химических блоков;
- в) субклеточная частица;
- г) коллоидный ансамбль ПАВ.

3. Как называется знаменитая книга Э. Дрекслера, посвящённая нанотехнологии?

- а) Машины конструирования;
- б) машины нанотехнологии;
- в) машины создания;
- г) машины технологии.

4. Какое свойство характерно для микроэмульсии?

- а) микроэмульсии прозрачные жидкости;
- б) микроэмульсии имеют тёмно-серый цвет;
- в) микроэмульсии непрозрачные жидкости;
- г) микроэмульсии являются хорошими проводниками электричества.

5. В каком микроскопе используется кантилевер?

- а) сканирующий силовой микроскоп;
- б) сканирующий туннельный микроскоп;
- в) растровый микроскоп;
- г) просвечивающий электронный микроскоп.

6. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на:

- а) Дифракции рентгеновских лучей;
- б) Просвечивании образца рентгеновскими лучами;
- в) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой;
- г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ.

7. Помещая тонкий слой полупроводника с узкой запрещённой зоной между двумя слоями материала с более широкой запрещённой зоной, получают:

- а) квантовую точку;
- б) квантовую яму;
- в) квантовый барьер;
- г) квантовую иглу.

8. Почему квантовые точки называют искусственными атомами?

- а) Квантовая точка, как и атом, имеет ядро;
- б) Квантовая точка может вступать в химические реакции подобно атомам;
- в) В квантовой точке движение ограничено в трёх направлениях и энергетический спектр полностью дискретный, как в атоме;
- г) Квантовая точка имеет размеры атома.

9. Что такое фуллерен?

- а) железосодержащая наноструктура, используемая в медицине;
- б) углеродная нанотрубка;
- в) семейство шарообразных полых молекул общей формулы C_n ;
- г) плоский лист графита мономолекулярной толщины.

10. Что такое кантилевер?

- а) компьютерный блок в силовом микроскопе;
- б) компьютерная программа обработки данных сканирующего микроскопа;
- в) подложка для образцов в растровом микроскопе;
- г) зонд в сканирующем силовом микроскопе.

Тест № 3 раздела «Применение наноматериалов и нанотехнологий»

1. По номенклатуре ИЮПАК фуллерен C_{70} обозначается символом

$(C_{70}-I_{5h})[5,6]$. Что означают цифры в квадратных скобках?

- а) группу симметрии;
- б) литературные ссылки;
- в) диаметр фуллерена в нанометрах;
- г) число атомов в кольцах.

2. Соединения фуллеренов, в которых присоединённые атомы, ионы или молекулы находятся снаружи углеродной оболочки, называются:

- а) экзоэдральные соединения;
- б) эндоэдральные соединения;
- в) супрадральные соединения;
- г) парадральные соединения.

3. Какие наноструктуры обнаружены в шунгитовых породах?

- а) однослойные нанотрубки;
- б) фуллерены;
- в) липосомы;
- г) магнитные жидкости.

4. В каком году Н. Фейнман выдвинул идею о развитии нанотехнологии?

- а) 1653; б) 1876;
- в) 1959; г) 1985.

5. Как меняется вклад межфазной области в общие свойства объекта при уменьшении его размера?

- а) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта уменьшается;
- б) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта увеличивается;
- в) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через максимум при 100 нм;
- г) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через минимум при 100 нм.

6. Что означает относящийся к созданию нанообъектов термин "Bottom up"? а) создание наноструктурированного слоя на поверхности объекта;

- б) структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул;
- в) диспергирование, уменьшение размера нанообъектов;
- г) создание наноструктурированного слоя методом сублимации вещества

7. Что такое нанотрубки?

- а) протяженные структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах;
- б) семейство шарообразных полых молекул общей формулой C_n ;

- в) протяженные структуры из углеродных переплетённых цепей;
- г) металлоорганические витые полимеры.

8. Кто из известных исследователей не является лауреатом Нобелевской премии?

- а) Ж.-М. Лен;
- б) Ж.И Алферов;
- в) Р. Фейнман;
- г) правильного ответа нет.

9. В каких устройствах применяется магнитная жидкость?

- а) кинескопы;
- б) транзисторы;
- в) устройства смазки магнитных лент;
- г) динамики.

10. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов?

- а) изменение свойств нанобъектов в зависимости от размера элементов их структуры;
- б) изменение размера нанобъектов в зависимости от внешних условий;
- в) изменение свойств нанобъектов в зависимости от внешних условий;
- г) изменение размера нанобъектов в зависимости от состава.

Критерии оценки тестовых заданий:

1. Полнота знаний теоретического контролируемого материала.
2. Количество правильных ответов.

Промежуточная аттестация осуществляется в форме зачета с оценкой.

Шкала оценки тестовых заданий по разделам 1-3

Уровень освоения материала	Баллы рейтинговой оценки
90-100 % правильных ответов	10-9
80-89 % правильных ответов	8-7
70-79 % правильных ответов	6-5
60-69 % правильных ответов	4-3
менее 60 % правильных ответов	2-1

Вопросы выходного контроля (зачет)

1. Раскройте определение понятия «нанотехнология».
2. В чем состоит междисциплинарность нанотехнологии как направления и каково ее значение для научно-технического прогресса?
3. Перечислите приоритетные направления развития нанотехнологии.
4. Охарактеризуйте основные разновидности наноматериалов.
5. Какими размерами зерен (слоев, включений, пор) характеризуются наноматериалы?
6. В чем сходство и различие кластеров, наночастиц и нанопорошков?
7. Дайте общую характеристику структуры наноматериалов.
8. Выведите соотношения, описывающие зависимость общей доли поверхностей раздела, а также долей межзеренных границ и тройных стыков от размера кристаллитов.
9. Что выявляет высокоразрешающая просвечивающая электронная микроскопия.
10. Сравните достоинства и недостатки методов просвечивающей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа.
11. Назовите основные размерные эффекты в наноматериалах.
12. Влияние размера зерен наноматериалов на величину поверхностного натяжения σ_s и тепловые эффекты ΔH при отжиге.
13. Энергия Гиббса $\Delta G(T)$, энтальпийный и энтропийный вклад в свободную энергию.
14. Тепловое расширение наноматериалов, зависимость коэффициента объемного теплового расширения от размера кристаллитов.
15. Электросопротивление наноматериалов, зависимость удельного электросопротивления от размера зерна и температуры металлов, нитридов, боридов и др.
16. Зависимости микротвердости и модуля Юнга от относительной плотности нанокристаллических структур.
17. Прочность и пластичность нанокристаллических материалов, размеры образцов для ис-

пытания на растяжение, зависимости напряжение – деформация на примере медных образцов.

18. Механизмы деформации, особенности механических свойств наноматериалов.

19. Преимущество порошковых технологий. Виды порошков, используемых для получения наноматериалов, операции порошковой технологии.

20. Физические и химические методы получения порошков для производства наноматериалов.

21. Объяснить сущность конденсационного метода на примере установки Глейтера.

22. Методы консолидации ультрадисперсных наноструктур: суть и условия реализации. Способы уменьшения пористости наноматериалов.

23. Методы интенсивной пластической деформации кручением под высоким давлением и равнонакальным угловым прессованием.

24. Методы контролируемой кристаллизации из аморфного состояния. Типы получаемых структур в зависимости от условий закалки из жидкого состояния: одно- и многофазной, аморфно-кристаллической, аморфной.

25. Физические и химические методы получения наноструктурных пленок; технологии ионного осаждения.

26. Метод газотермического напыления наноструктурных покрытий.

27. Методы получения нанопористых материалов, размеры нанопор.

28. Трубочатые наноматериалы. Способы получения углеродных нанотрубок.

29. Технологии полимерных решеточных наноматериалов.

30. Методы самосборки наноструктур: физический процесс «сверху-вниз», химический «снизу-вверх».

31. Влияние энергии УЗК на характеристики механических свойств ПКМ (на примере концентрационных зависимостей предела прочности и модуля упругости).

32. Охарактеризуйте особенности контактного взаимодействия частиц наполнителя и матрицы при ограничении теплового расширения при термообработке.

33. Дайте общую характеристику физических процессов ионно-лучевой обработки. Преимущества ионной имплантации в сравнении с другими методами поверхностного модифицирования, недостатки метода.

34. Приведите зависимости микронапряжений σ и межплоскостного расстояния от толщины рассеивающего слоя D.

35. Три типа комбинированных технологий ионно-вакуумной обработки.

Шкалы оценки образовательных достижений

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Освоение компетенций	Требования к знаниям
100-85	Продвинутый уровень	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Средний уровень	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Базовый уровень	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Итоговая оценка выставляется путем перевода набранных баллов в соответствии со следующей таблицей:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы и экзамен	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D

3 – «удовлетворительно»	65-69	
	60-64	Е
2 – «неудовлетворительно»	Менее 60	Ф

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература

1. Поленов Ю.В., Егорова Е.В. Физико-химические основы нанотехнологий: учебник / Ю.В. Поленов, Е.В. Егорова. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 180 с. [Электронный ресурс] URL: Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/125699/#2>
2. Пряхин Е.И. Наноматериалы и нанотехнологии: учебник для ВО / Е.И. Пряхин, С.А. Воложанина, А.П. Петкова и [и др.]: под ред. Е.И. Пряхина. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 372 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/149303/#2>
3. Гадомский О.Н. Оптика сред со случайным близким к нулю показателем преломления. Фундаментальные основы, нанотехнологии и применение: монография / О.Н. Гадомский, Н.М. Ушаков. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 288 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/139292/#134>
4. Плоmodityаю Р.Л. Нанотехнологии. Получение, методы контроля и международная стандартизация наноматериалов: уч. пособие / Р.Л. Плоmodityаю. – Краснодар: КубГТУ, 2018. – 136 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/151171/#3>

Дополнительная литература

5. Кузнецова И.М., Харлампи́ди Х.Э. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем / И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампи́ди. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 384 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/45973/#2>
6. Тимофеева М. Н., Панченко В. Н. Нанотехнологии. Химические, физические, биологические и экологические аспекты: монография / М.Н. Тимофеева, В.Н. Панченко. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2013. – 283 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/152281/#10>
7. Марголин В.И., Жабре́в В.А. Введение в нанотехнологию: учебник / В.И. Марголин, В.А. Жабре́в. – СПб.: Изд-во Лань, 2012. – 464 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4310>

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- процесс реализации образовательной программы по дисциплине «Введение в нанотехнологии» в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения;
- перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины:
- Электронная библиотека образовательных и просветительских изданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: НЭБ – Национальная электронная библиотека, свободный.

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Занятия проводятся в учебной аудитории, предназначенной для проведения занятий лекционного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория оснащена необходимым оборудованием.

В распоряжении обучающихся студентов имеются электронно-библиотечные системы.

Учебно-методические рекомендации для студентов

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподава-

телем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для участия в практических занятиях

Перед посещением практического занятия уяснить тему занятия и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

3. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Методические рекомендации для преподавателей

1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к следующей лекции. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

2. Указания для проведения практических занятий

При подготовке к практическому занятию преподавателю необходимо уточнить план его проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсужде-

ние, ознакомиться с новыми публикациями по теме практического занятия. Можно завести рабочую тетрадь, в которой учитывать посещаемость занятий студентами и оценивать их выступления в соответствующих баллах. Оказывать методическую помощь студентам в подготовке докладов и рефератов по актуальным вопросам обсуждаемой темы. В ходе практического занятия во вступительном слове раскрыть теоретическую и практическую значимость темы занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Дать возможность выступить всем желающим, а также предложить выступить тем студентам, которые по тем или иным причинам пропустили лекционное занятие или проявляют пассивность. Целесообразно в ходе обсуждения учебных вопросов задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем. Поощрять выступления с места в виде кратких дополнений и постановки вопросов выступающим и преподавателю. В заключительной части практического занятия следует подвести его итоги: дать объективную оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного практического занятия. Ответить на вопросы студентов. Назвать тему очередного занятия.

3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Рабочую программу составил: доцент, Герасимова В.М.

Рецензент: доцент, Зернышкина А.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология».

Председатель учебно-методической комиссии Чернова Н.М.