

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 22.09.2023 14:55:37

Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
химической технологии и биотехнологии

/ С.В. Белуков /

« 31 августа » 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Наполнители на основе наноматериалов»

Направление подготовки

18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Профиль **«Техника и технология полимерных материалов»(2020)**

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Москва 2020 г.

1. Цели освоения дисциплины.

Дисциплина «Наполнители на основе наноматериалов» должна дать ясное представление о наполнителях на основе наноматериалов как о ключевых понятиях XXI века, символах новой, третьей научно-технической революции.

К **основным целям** освоения дисциплины «Наполнители на основе наноматериалов» следует отнести:

- получение представления о новой отрасли знаний – наноматериалы и нанотехнологии;
- дать представление о предельных возможностях микротехнологий, об основных направлениях развития современных наноматериалов и нанотехнологий в различных областях промышленности, и особенно в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

К **основным задачам** освоения дисциплины «Наполнители на основе наноматериалов» следует отнести:

- формирование знаний о том, что такое наноматериалы;
- приобретение знаний об истории возникновения нанотехнологий, о методах, используемых при создании нанообъектов, об уникальных свойствах наноматериалов, об их применении;
- вооружить студентов современными знаниями и представлением о перспективах развития этой отрасли науки в России и в других странах мира для использования ими в дальнейшей профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Наполнители на основе наноматериалов» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла (Б.1.2.12) основной образовательной программы бакалавриата взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части базового цикла (Б.1.):

- высшая математика;
- физика;
- термодинамика и теплопередача;
- общая и неорганическая химия;
- органическая химия.

В вариативной части базового цикла (Б.1.):

- химия и физика полимеров;
- реология полимеров;

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Наполнители на основе наноматериалов», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - что такое наноматериалы и нанотехнологии; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ориентироваться в современных нанотехнологиях; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - информацией по применению наноматериалов в различных отраслях промышленности.
ОПК-3	способностью использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы исследований наноматериалов . <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать некоторые свойства наноструктур. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - информацией об основных достижениях и перспективах применения нанотехнологии в электронике, химии, биологии, медицине, охране окружающей среды .
ПК –5	готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отличительные особенности наноструктур в целом и основные примеры природных и синтезированных наноструктур ; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбирать способы исследования свойств наноматериалов; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - информацией об основных достижениях и перспективах применения узлов

	антропогенного воздействия на окружающую среду	нанотехнологий и наноматериалов.
--	--	----------------------------------

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетных единицы, т.е. **72** академических часа (из них 36 часов – самостоятельная работа студентов).

Лекции – 2 часа в неделю (36 часов) , форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Наполнители на основе наноматериалов» по срокам и видам работы отражены в приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

ВВЕДЕНИЕ

Одним из приоритетных направлений развития современного материаловедения являются наноматериалы и нанотехнологии.

Наноматериалы и нанотехнологии. Фундаментальные исследования свойств материалов на наномасштабном уровне. Развитие нанотехнологий как для целенаправленного создания наноматериалов, так и поиска и использования природных объектов. Развитие средств и методов исследования структуры и свойств наноматериалов, а также методов контроля и аттестации изделий и полуфабрикатов для нанотехнологий.

Данная дисциплина преследует цель ознакомить студентов с основными представлениями о наноматериалах, их структуре и свойствах, технологиях их получения и обработки и методах их исследования.

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ – ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Над возможностью разработки нанотехнологий и создания наноматериалов люди стали задумываться достаточно давно. Так, древнеримский поэт и ученый Тит Лукреций Кар в своем произведении “О природе вещей” (I,440) вводит понятия о «первоначалах вещей».

История развития наноматериалов и нанотехнологий.

Положение с развитием новой отрасли науки в разных странах, статистика публикаций и вложенных средств в разных странах.

Положение с развитием новой отрасли науки в разных странах, статистика публикаций и вложенных средств в России.

Ученые, внесшие вклад в развитие наноматериалов и нанотехнологий.

ПОНЯТИЕ О НАНОМАТЕРИАЛАХ. ОСНОВЫ КЛАССИФИКАЦИИ И ТИПЫ СТРУКТУР НАНОМАТЕРИАЛОВ.

Терминология

Терминология по наноматериалам и нанотехнологиям в настоящее время только устанавливается. Существует несколько подходов к тому, как определять, что такое наноматериалы.

Основы классификации наноматериалов

В соответствии с терминологией наноматериалы можно разделить на четыре основные категории.

Первая категория включает материалы в виде твердых тел, размеры которых в одном, двух или трех пространственных координатах не превышают 100 нм.

Вторая категория включает в себя материалы в виде малоразмерных изделий с характеризующим размером в примерном диапазоне 1 мкм...1 мм.

Третья категория представляет собой массивные (или иначе объемные) наноматериалы с размерами изделий из них в макродиапазоне (более нескольких мм).

Вторая и третья категории наноматериалов подпадают под более узкие определения *нанокристаллических* или *нанофазных материалов*.

К четвертой категории относятся композиционные материалы, содержащие в своем составе компоненты из наноматериалов.

Основные типы структур наноматериалов

Свойства наноматериалов в значительной степени определяются характером распределения, формой и химическим составом кристаллитов (наноразмерных элементов), из которых они состоят.

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Физические причины специфики наноматериалов

Наиболее сильные изменения свойств наноматериалов и наночастиц наступают в диапазоне размеров кристаллитов порядка 10..100нм.

Важным фактором, действующим в наноматериалах является также склонность к появлению кластеров. Облегчение миграции атомов (групп атомов) вдоль поверхности и по границам раздела, и наличие сил притяжения между ними, которые для наноматериалов больше по сравнению с традиционными материалами, часто приводят к процессам самоорганизации островковых, столбчатых и других кластерных структур на подложке. Этот эффект уже используют для создания упорядоченных наноструктур для оптики и электроники.

Основные области применения наноматериалов и возможные ограничения

В качестве наглядного примера можно указать некоторые области применения (или иначе «коммерциализации») наноматериалов по печатным материалам последних лет. Естественно, что данный обзор областей применения наноматериалов ни в коей мере не является цельным, однако он может дать нужное представление о перспективах использования наноматериалов.

Оказалось, что материалы с наноразмерным зерном отличаются хрупкостью. В ряде случаев, в т.ч. при использовании методов интенсивной пластической деформации, удастся снизить проявление этого неприятного эффекта, например для нанокристаллических меди, титана и титановых сплавов, интерметаллида Ni_3Al . Тем не менее проблема остается достаточно актуальной. Важным ограничением для использования наноструктурных конструкционных материалов является их склонность к межкристаллитной коррозии из-за очень большой объемной доли границ зерен. В связи с этим они не могут быть рекомендованы для работы в условиях способствующих такой коррозии.

Следует отметить, что на коммерческом рынке в настоящее время наиболее широко представлены такие наноматериалы, как нанопорошки металлов и сплавов, нанопорошки оксидов (кремния, железа, сурьмы, алюминия, титана), нанопорошки ряда карбидов, углеродные нановолокна, фуллереновые материалы.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Основные методы получения наноматериалов можно разделить на ряд технологических групп: методы на основе порошковой металлургии, методы, в основе которых лежит получение аморфных прекурсоров, поверхностные технологии (создание покрытий и модифицированных слоев с наноструктурой), методы, основанные на использовании интенсивной пластической деформации, и комплексные методы, использующие последовательно или параллельно несколько разных технологий.

ФУЛЛЕРЕНЫ, ФУЛЛЕРИТЫ, НАНОТРУБКИ

Углерод является достаточно распространенным элементом. В твердом состоянии в природе он присутствует в виде графита и алмаза. Искусственно были созданы также такие модификации углерода, как карбин и лонсдейлит. Последний был также обнаружен в составе метеоритов. В 1985 г. при исследовании паров графита, полученных испарением лазерным лучом при длительности лазерного импульса 5 нс с поверхности вращающегося графитового диска., были обнаружено наличие кластеров (или многоатомных молекул) углерода.

При последующих исследованиях этих образований выяснилось, что наиболее стабильными из обнаруженных соединений оказались молекулы с большим четным числом атомов, в первую очередь состоящие из 60 и 70 атомов - C_{60} и C_{70} . Соединение C_{60} имеет сферическую форму схожую с футбольным мячом, а C_{70} - ближе к форме дыни.

Фуллерены представляют собой замкнутые молекулы углерода, в которых все атомы расположены в вершинах правильных шестиугольников или пятиугольников, покрывающих поверхность сферы или сфероида. Название фуллеренов связано с именем известного американского архитектора и математика Фуллера.

Фуллерены отличаются необычной кристаллографической симметрией и уникальными свойствами. Все ковалентные связи у них насыщены, поэтому отдельные молекулы между собой могут взаимодействовать только посредством слабых сил Ван-дер Ваальса. Однако последних хватает, что бы построить из сферических молекул кристаллические структуры. Такие материалы называются *фуллеритами*. Стабильные молекулы характеризуются цепными конфигурациями, формирующимися из пяти- и шестичленных колец.

В последнее время научились выращивать однослойные и многослойные углеродные нанотрубки. Свойствами таких трубок можно в определенной мере управлять путем изменения их хиральности, т.е. направления закручивания их решетки относительно продольной оси. Поверхность нанотрубок образована, как и в случае фуллеренов, из шестиугольников, в вершинах которых располагаются атомы углерода.

КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ, НАНОПРОВОЛОКИ И НАНОВОЛОКНА

Использование технологии формирования тонких пленок, основанной на методах физического или химического осаждения в вакууме, позволяет получать пленочные наноструктуры малой толщины (до нескольких атомных слоев). При такой толщине пленок подвижность осаждаемых на подложку атомов в плоскости осаждения может быть очень высокой. В результате быстрой

диффузии по поверхности, иногда дополнительно стимулируемой ионным облучением, более полно реализуется склонность наноструктур к образованию кластеров. Начинают реализовываться процессы самоорганизации, приводящие к возникновению нанообъектов – нульмерных или одномерных кластеров наночастиц или нанопор. Такие сверхмалые по размерам скопления обладают достаточно выраженными квантовыми свойствами и в научной литературе для них были приняты названия «квантовые точки», «квантовые ямы», «квантовые проволоки» или «нанопроволоки».

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Для исследования наноматериалов в принципе могут применяться практически те же методы, что и для исследования обычных кристаллических материалов. Однако у наноматериалов существует особая специфика, которая заключается в предъявлении повышенных требований к разрешающей способности методов, а именно возможность исследовать участки поверхности образцов с размерами менее 100-200 нм. Таким образом, можно выделить ряд методов структурного и химического анализа, применение которых позволяет учесть специфику наноматериалов. Ниже представлены основные из таких методов.

Электронная микроскопия.

По сравнению со световыми микроскопами использование электронного луча с малой длиной волны позволяет существенно увеличить разрешающую способность.

В настоящее время используются несколько конструкций электронных микроскопов: просвечивающие, растровые (сканирующие), эмиссионные и отражательные. Наибольшее применение при исследованиях наноматериалов нашли методы просвечивающей и растровой электронной микроскопии.

Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия (РЭМ)

Спектральные методы исследования.

К спектральным методам обычно относят методы исследования поверхности твердых тел, основанные на анализе энергетических спектров отраженных излучений, возникающих при облучении изучаемого материала электронами, ионами и фотонами. Таких методов в настоящее время известно несколько десятков. Однако не все из этих методов имеют преимущественное или особенное применение в области исследования наноматериалов.

Электронная Оже-спектроскопия (AES). Масс-спектроскопия вторичных ионов. Лазерный микронзондовый анализ.

Сканирующие зондовые методы исследования

Данная группа методов является наиболее широко используемой в области наноматериалов и нанотехнологий. Основная идея всех методов данной группы заключается в использовании зонда – устройства считывания информации с поверхности исследуемого материала. В большинстве случаев в качестве рабочего тела зонда используется алмазная игла с радиусом при вершине порядка 10 нм. С помощью высокоточного позиционирующего (сканирующего) механизма зонд перемещают над поверхностью образца по трем координатам.

Сканирующая туннельная микроскопия (STM). Атомно-силовая микроскопия (AFM). Магнитосиловая зондовая микроскопия (MFM). Сканирующая микроскопия ближней оптической зоны (SNOM)

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Наполнители на основе наноматериалов» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка, представление и обсуждение презентаций и защита рефератов по дисциплине;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме Удельный вес занятий лекционного типа, проводимых по дисциплине; «Наполнители на основе наноматериалов» составляет 100% аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

Во втором семестре

- текущий контроль знаний студентов в форме вопросов и ответов по материалам предыдущих лекций перед новой лекцией;

- реферат по теме: «Наполнители на основе наноматериалов» (индивидуально для каждого обучающегося).

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-3	способностью использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы
ПК –5	готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине «Наполнители на основе наноматериалов».

ОК-7 – способностью к самоорганизации и самообразованию

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
<p>знать: что такое наноматериалы и нанотехнологии;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний по понятиям наноматериалы и нанотехнологии</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний по основным понятиям наноматериалы и нанотехнологии Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по терминологии, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании терминологическими понятиями.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний: по основным понятиям наноматериалы и нанотехнологии допускаются незначительные ошибки, неточности, оперировании терминологическими понятиями.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний: по основным понятиям наноматериалы и нанотехнологии, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p>уметь: - ориентироваться в классификации современных наноматериалов</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет разбираться в классификации современных наноматериалов</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений: в классификации современных наноматериалов Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при определении типа наноматериала.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений: в классификации современных наноматериалов Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при определении типа наноматериала.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений: в классификации современных наноматериалов. Свободно оперирует приобретенными умениями при определении типа наноматериала.</p>
<p>владеть: - навыками об использовании информации по применению наноматериалов в различных отраслях</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет информацией по применению наноматериалов в различных отраслях промышленности.</p>	<p>Обучающийся владеет информацией по применению наноматериалов в различных отраслях промышленности., допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей,</p>	<p>Обучающийся частично владеет информацией по применению наноматериалов в различных отраслях промышленности., навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при использовании</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет навыками об использовании информации по применению наноматериалов в различных отраслях</p>

промышленности.		Обучающийся испытывает значительные затруднения при использовании информации по применению наноматериалов в различных отраслях промышленности.	информации по применению наноматериалов в различных отраслях промышленности	промышленности, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
-----------------	--	--	---	--

ОПК-3 - способность использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы

знать: методы исследований наноматериалов .	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний методов исследований наноматериалов .	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний: методов исследований наноматериалов . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний: методов исследований наноматериалов , допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний: методов исследований наноматериалов , свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: - анализировать некоторые свойства наноструктур.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет анализировать некоторые свойства наноструктур	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений: анализировать некоторые свойства наноструктур. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений: анализировать некоторые свойства наноструктур . Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений: анализировать некоторые свойства наноструктур Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

<p>владеть: - информации об основных достижениях и перспективах применения нанотехнологии в электронике, химии, биологии, медицине, охране окружающей среды.</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет информацией об основных достижениях и перспективах применения нанотехнологии в электронике, химии, биологии, медицине, охране окружающей среды .</p>	<p>Обучающийся информацией об основных достижениях и перспективах применения нанотехнологии в электронике, химии, биологии, медицине, охране окружающей среды в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет информацией об основных достижениях и перспективах применения нанотехнологии в электронике, химии, биологии, медицине, охране окружающей среды ., но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет информацией об основных достижениях и перспективах применения нанотехнологии в электронике, химии, биологии, медицине, охране окружающей среды , свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>
---	--	--	--	--

ПК-5 - готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду .

<p>знать: – отличительные особенности наноструктур в целом и основные примеры природных и синтезированных наноструктур .</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний: отличительных особенностей наноструктур в целом и основные примеры природных и синтезированных наноструктур</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний: : отличительных особенностей наноструктур в целом и основные примеры природных и синтезированных наноструктур . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний: отличительных особенностей наноструктур в целом и основные примеры природных и синтезированных наноструктур, допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний: отличительных особенностей наноструктур в целом и основные примеры природных и синтезированных наноструктур, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
---	---	---	--	---

<p>уметь: - выбирать способы исследования свойств наноматериалов .</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет - выбирать способы исследования свойств наноматериалов .</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений: - выбирать способы исследования свойств наноматериалов . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений: выбирать способы исследования свойств наноматериалов . . . Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений: - выбирать способы исследования свойств наноматериалов . Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p>владеть: - информацией об основных достижениях и перспективах применения узлов нанотехнологий и наноматериалов .</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет информацией об основных достижениях и перспективах применения узлов нанотехнологий и наноматериалов .</p>	<p>Обучающийся владеет информацией об основных достижениях и перспективах применения узлов нанотехнологий и наноматериалов , допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет информацией об основных достижениях и перспективах применения узлов нанотехнологий и наноматериалов , но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет информацией об основных достижениях и перспективах применения узлов нанотехнологий и наноматериалов .</p>

Шкалы оценивания результатов аттестации и их описание:

Форма аттестации: экзамен.

Аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам

промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Наполнители на основе наноматериалов», включающей подготовку и защиту реферата.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

7.1. Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. Пул Ч., Оуенс Ф. Нанотехнологии.-М.: Техносфера, 2004.-328 с.
2. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса. – М.: Мир, 2002 – 291с.

б) дополнительная литература:

1. В.К. Неволин. Основы туннельно-зондовой нанотехнологии. М.: МИЭТ,1996 -90 с.
2. Рыков С.А. Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур. С-П.: Наука, 2001 – 51 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте <https://lib.mospolytech.ru/> в разделе «Библиотека».

Интернет-ресурсы:

№ п/п	Электронный ресурс	№ договора. Срок действия доступа	Названия коллекций
1.	ЭБС «Издательства Лань» (e.lanbook.com) Договор № 91_33.44.ЕП/19 от 30.04.2019 с ООО «ЭБС ЛАНЬ».	Договор № 91_33.44.ЕП/19 от 30.04.2019 с ООО «ЭБС ЛАНЬ».	Инженерно-технические науки – Издательство «Машиностроение»; Инженерно-технические науки – Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана; Инженерно-технические науки – Издательство «Физматлит»; (см. сайт университета раздел библиотека)
2.	Научная электронная библиотека «КИБЕРЛЕНИНКА» (www.cyberleninka.ru)	Свободный доступ	1134165 научных статей
3.	ЭБС «Polpred» (polpred.com)	Постоянный доступ	Обзор СМИ (архив публикаций за 15 лет)
4.	Научная электронная библиотека e.LIBRARY.ru	Постоянный доступ	3800 наименований журналов в открытом доступе
5.	Национальная электронная библиотека (НЭБ) Договор № 101/НЭБ/2450 от 11.10.2017 с ФГБУ «РГБ»	Договор № 101/НЭБ/2450 от 11.10.2017 с ФГБУ «РГБ»	
6.	Доступ к электронным ресурсам издательства Springer Nature	Письмо в ФГБОУ «РФФИ» от 06.08.2018 № 20-21-18/3874	

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированные учебные лаборатории кафедры ауд. ав 1810, ав. 1101, оснащенные компьютером и проектором для проведения занятий по дисциплине «Наполнители на основе наноматериалов».

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

– Для подготовки к занятиям необходимо использовать лекционный материал, а также указанную на лекции техническую литературу по теме семинара.

– Для подготовки реферата необходимо использовать лекционный материал, техническую литературу по теме работы, а также интернет-ресурсы.

– Для подготовки к экзамену по теме дисциплины необходимо использовать лекционный материал, а также указанную на лекции техническую литературу по дисциплине, а также интернет-ресурсы.

10. Методические рекомендации для преподавателя

– Для проведения занятий по дисциплине «Нанотехнологии и наноматериалы» необходимо использовать курс лекций, составленный по тематическому плану, представленному в программе курса, а также слайды и фильмы по тематике лекций. При изложении материала рекомендуется пользоваться интернет –ресурсами по тематике материала.

– При проведении презентаций рефератов желательно использование студентами средств мультимедиа. Кроме того, студенты обязаны сдать материалы реферата в машинописном виде с титульным листом, где указано название реферата, фамилия студента и группа обучения. В реферате обязательно должен быть список материала, на основе которого представлен реферат.

– При проведении устного опроса перед началом новой лекции необходимо использовать вопросы по тематике предыдущей лекции, представленные в программе.

	<p>История развития наноматериалов и нанотехнологий.</p> <p>Положение с развитием новой отрасли науки в разных странах, статистика публикаций и вложенных средств в разных странах.</p> <p>Ученые, внесшие вклад в развитие наноматериалов и нанотехнологий.</p>															
3.	<p>Лекция и семинар ПОНЯТИЕ О НАНОМАТЕРИАЛАХ. ОСНОВЫ КЛАССИФИКАЦИИ И ТИПЫ СТРУКТУР НАНОМАТЕРИАЛОВ.</p> <p>Терминология по наноматериалам и нанотехнологиям в настоящее время только устанавливается. Существует несколько подходов к тому, как определять, что такое наноматериалы.</p> <p>В соответствии с терминологией наноматериалы можно</p>	2	3 4	2 2			1 1									

	<p>применения наноматериалов и возможные ограничения</p> <p>В качестве наглядного примера можно указать некоторые области применения (или иначе «коммерциализации») наноматериалов по печатным материалам последних лет. Естественно, что данный обзор областей применения наноматериалов ни в коей мере не является цельным, однако он может дать нужное представление о перспективах использования наноматериалов.</p>	2	7 8	2 2			1 1								
6.	<p>Лекция и семинар ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ</p> <p>Основные методы получения наноматериалов можно разделить на ряд технологических групп: методы на основе порошковой металлургии, методы, в основе которых лежит получение аморфных</p>	2	9, 10, 11	2 2 2			1 1 1								

	<p>прекурсоров, поверхностные технологии (создание покрытий и модифицированных слоев с наноструктурой), методы, основанные на использовании интенсивной пластической деформации, и комплексные методы, использующие последовательно или параллельно несколько разных технологий.</p>													
7.	<p>Лекция и семинар ФУЛЛЕРЕНЫ, ФУЛЛЕРИТЫ, НАНОТРУБКИ</p> <p>Углерод является достаточно распространенным элементом. В твердом состоянии в природе он присутствует в виде графита и алмаза. Искусственно были созданы также такие модификации углерода, как карбин и лонсдейлит. Последний был также обнаружен в составе метеоритов. В 1985 г. при</p>	2	12	2			1							

	<p>исследовании паров графита, полученных испарением лазерным лучом при длительности лазерного импульса 5 нс с поверхности вращающегося графитового диска., были обнаружено наличие кластеров (или многоатомных молекул) углерода.</p>														
8.	<p>Лекция и семинар КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ, НАНОПРОВОЛОКИ И НАНОВОЛОКНА Использование технологии формирования тонких пленок, основанной на методах физического или химического осаждения в вакууме, позволяет получать пленочные наноструктуры малой толщины (до нескольких атомных слоев). При такой толщине пленок подвижность осаждаемых на подложку атомов в плоскости осаждения может быть очень высокой. В результате быстрой диффузии по поверхности, иногда дополнительно стимулируемой ионным</p>	2	13	2			1								

	Спектральные методы исследования.													
10.	<p>Лекция и семинар Сканирующие зондовые методы исследования</p> <p>Данная группа методов является наиболее широко используемой в области наноматериалов и нанотехнологий.</p> <p>Сканирующая туннельная микроскопия (STM) Атомно-силовая микроскопия (AFM) Магнитосиловая зондовая микроскопия (MFM) <u>Сканирующая микроскопия ближней оптической зоны (SNOM)</u></p>	2	16, 17	2 2			1 1							
11.	Презентация рефератов	5	18	2			19					Защ. Р.		
	Форма аттестации		19											Э
	Всего часов по дисциплине во втором семестре			18	18		36					+		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: **18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»**

ОП (профиль): «Техника и технология полимерных материалов»

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности производственно-технологическая

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

_____ Наполнители на основе наноматериалов

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Составители:

профессор, к. т. н.

/И.В. Скопинцев/

Москва, 2020 год

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Наполнители на основе наноматериалов					
ФГОС ВО 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - что такое наноматериалы и нанотехнологии; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ориентироваться в современных нанотехнологиях; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - информацией по применению наноматериалов в различных отраслях промышленности. 	лекция, самостоятельная работа, Реферат	УО, Р	<p>Базовый уровень:</p> <p>воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля</p> <p>Повышенный уровень:</p> <p>практическое применение полученных знаний в процессе подготовки реферата и его презентацией.</p>

ОПК-3	способностью использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы исследований наноматериалов <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать некоторые свойства наноструктур. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - информацией об основных достижениях и перспективах применения нанотехнологии в электронике, химии, биологии, медицине, охране окружающей среды . 	лекция, самостоятельная работа, Реферат	УО, Р.	<p>Базовый уровень</p> <ul style="list-style-type: none"> - способен грамотно высказывать свое мнение о методах исследования наноматериалов на основе знаний достижений и перспективах применения нанотехнологии в электронике, химии, биологии, медицине, охране окружающей среды. <p>Повышенный уровень</p> <ul style="list-style-type: none"> - способен анализировать некоторые свойства наноструктур.
ПК – 5	Способностью планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отличительные особенности наноструктур в целом и основные примеры природных и синтезированных наноструктур; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работать со средствами информации, в том числе компьютерными (уметь искать и отбирать информацию, систематизировать и корректировать ее, составлять рефераты);. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками оформления сообщений и докладов в письменном и электронном виде, подборкой к докладам, сообщениям, рефератам иллюстративного материала и корректировать его . 	лекция, самостоятельная работа, Реферат	УО, Р.	<p>Базовый уровень</p> <ul style="list-style-type: none"> - владеет знаниями отличительных особенностей наноструктур в целом и основных примеров природных и синтезированных наноструктур; - осознает необходимость повышения квалификации и самостоятельно овладевать знаниями в области профессиональной деятельности. <p>Повышенный уровень</p> <ul style="list-style-type: none"> - владеет методами и принципами приобретения, анализа, использования и обновления технических знаний; - владеет разными способами сбора, обработки и представления информации по наноматериалам и нанотехнологиям; - умеет применять критерии и показатели эффективности результатов деятельности.

Перечень оценочных средств по дисциплине «Нанотехнологии и наноматериалы»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
9	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
12	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

Темы рефератов.

1. Аспекты нанотехнологий в современном обществе.
2. Применение нанотехнологий в промышленности.
3. Применение нанотехнологий в медицине.
4. Применение нанотехнологий в строительстве.
5. Применение нанотехнологий в военном деле.
6. Применение нанотехнологий в пищевой промышленности.
7. Применение нанотехнологий в искусстве.
8. Применение нанотехнологий в электронике.
9. Применение нанотехнологий в авиации и космонавтике.
10. Применение нанотехнологий в экологии и в сельском хозяйстве.
11. Нанокосметика.
12. Наноассамблер – мега-проект России.
13. Улучшение качества питьевой воды с помощью нанотехнологии.
14. Нанокompозиты – материалы на заказ.
15. Нанотехнологии – настоящее и будущее.
16. Нанотехнологии и искусственный интеллект.

17. Наноструктуры и их характеристики.
18. Основные методы получения наноматериалов.
19. Основные методы исследования наноматериалов – электронная микроскопия.
20. Основные методы исследования наноматериалов – сканирующие зондовые методы исследования.

Вопросы к семинарам по темам/разделам дисциплины «Наполнители на основе наноматериалов»

1. Что такое наноматериалы и нанотехнология?
2. В каких областях нашей жизни применяются нанотехнологии в нашей жизни?
3. Как зародилась нанотехнология?
4. Чем знамениты Р.Фейнман и Э. Дрекслер?
5. Назовите исторические вехи развития нанотехнологий.
6. Дайте характеристику наноструктур: графена, нанотрубки, фуллеренов, дендримеров, нанопроволок.
7. Дайте определение терминам: ассемблео, графен, ДНК, микроскоп туннельный, растровый, нано-, наноиндустрия, нанолитография, наноматериал, нанотехнология, нанотрубка, фуллерены.
8. Какими свойствами характеризуются наноструктуры?
9. Опишите принцип действия зондового микроскопа.
10. В чем заключается суть туннельного эффекта?
11. Какие функции выполняет оптический пинцет?
12. Что такое атомный микроскоп?
13. Расскажите о развитии нанотехнологий в США, Японии, странах Европы.
14. Как охарактеризовать состояние нанотехнологий в России?
15. В чем заключаются экономические, социальные, военно-политические аспекты нанотехнологии?
16. Какое отношение общества к нанотехнологиям?
17. Как характеризуется эффект безизносности трущихся поверхностей?
18. Что такое нанороботы, и какие нанороботы называются репликаторами?
19. Какие знаете предложенные учеными способы лечения рака с помощью нанотехнологий?
20. В чем заключается способ доставки наночастиц с лекарствами к больным клеткам?
21. Почему нельзя пить воду из под крана и дистиллированную воду?

22. Расскажите о принципах действия фильтров для очистки воды.
23. Как графеновый сорбент очищает воду от бактерий и вирусов?
24. Что называется композитами?
25. По каким направлениям развивается нанотехнология в военных целях?
26. В чем заключается роль нанотехнологий в создании спецодежды?
27. Какие нанотехнологии используются в экологии?
28. Какие нанотехнологии используются в сельском хозяйстве?
29. Какие нанотехнологии используются в строительстве?
30. Какие нанотехнологии используются в авиации?
31. Какие нанотехнологии используются в космонавтике?
32. Какие методы получения наноматериалов вы знаете?
33. Методы получения наноматериалов «снизу»?
34. Методы получения наноматериалов «сверху»?
35. Физические методы получения наноматериалов.
36. Химические методы получения наноматериалов.
37. Методы исследования наноматериалов.
38. Электронная микроскопия.
39. Зондовая микроскопия.
40. Спектральные методы анализа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА

1. Понятие нанотехнологии и наноматериалы.
2. Какое значение придается развитыми странами развитию нанотехнологиям и почему.
3. Наиболее важные особенности в характеристиках наносистем, которые позволяют говорить о том, что 21 век – век нанотехнологий.
4. Характер нанотехнологических процессов, делающий их в высшей степени наукоемкими.
5. История развития нанотехнологий.
6. Чем знамениты ученые Ричард Фейман, Танигучи, Дрекслер, Глейтер.
7. Современное отношение к новому классу материалов в области как науки, так и промышленности. Что делается для их развития.
8. Отличие взаимодействия структур размеров классического диапазона (метрового, миллиметрового) от структур наноразмера.
9. Пространственные и временные масштабы в нанотехнологии.
10. Почему ученые изучают нанотехнологию, в чем отличие наноматериалов от обычных материалов.
11. Принципы создания наноматериалов «сверху - вниз» и «снизу – вверх».
12. Терминологические подходы к понятию наноматериалов.
13. Классификация наноматериалов.

14. Основные типы структур наноматериалов.
15. Модель частицы из атомов инертных газов и частицы металлов.
16. Модели квантовой плоскости, точки, проволоки.
17. Модели фуллеренов.
18. Модели фуллеритов.
19. Модели нанотрубок.
20. Области применения углеродных нанотрубок.
21. Ионные, фрактальные и молекулярные кластеры.
22. Стратегия развития нанотехнологии.
23. Влияние размера наночастицы на ее свойства и причины этого влияния.
24. Основные методы исследования наноматериалов.
25. Электронная микроскопия
26. Просвечивающая электронная микроскопия.
27. Растровая электронная микроскопия.
28. Спектральные методы исследования.
29. Сканирующие зондовые методы исследования.
30. Сканирующая туннельная микроскопия.
31. Атомно-силовая микроскопия.
32. Разновидности атомно-силовой микроскопии.
33. Наноиндентирование.
34. Основные методы получения наноматериалов.
35. Методы порошковой металлургии.
36. Методы получения нанопорошков.
37. Методы формования изделий из нанопорошков.
38. Методы получения наноматериалов с использованием аморфизации.
39. Методы получения наноматериалов с использованием интенсивной пластической деформации.
40. Принцип работы сканирующих электронных микроскопов.

Аннотация программы дисциплины: «Наполнители на основе наноматериалов»

1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Наполнители на основе наноматериалов» должна дать ясное представление о наноматериалах и нанотехнологиях как о ключевых понятиях XXI века, символах новой, третьей научно-технической революции.

К **основным целям** освоения дисциплины «Нанотехнологии и наноматериалы» следует отнести:

- получение представления о новой отрасли знаний – наноматериалы и нанотехнологии;

- дать представление о предельных возможностях микротехнологий, об основных направлениях развития современных наноматериалов и нанотехнологий в различных областях промышленности, и особенно в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

К **основным задачам** освоения дисциплины «Наполнители на основе наноматериалов» следует отнести:

- формирование знаний о том, что такое наноматериалы;

- приобретение знаний об истории возникновения нанотехнологий, о методах, используемых при создании нанообъектов, об уникальных свойствах наноматериалов, об их применении;

- вооружить студентов современными знаниями и представлением о перспективах развития этой отрасли науки в России и в других странах мира для использования ими в дальнейшей профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Наполнители на основе наноматериалов» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла (Б.1.2.12) основной образовательной программы бакалавриата «Техника и технология полимерных материалов», взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части базового цикла (Б.1.):

- высшая математика; – физика; – термодинамика и теплопередача; – общая и неорганическая химия; – органическая химия.

В вариативной части базового цикла (Б.1.):

- химия и физика полимеров; – реология полимеров;

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины «Наполнители на основе наноматериалов» студенты должны: **знать:**

- что такое наноматериалы и нанотехнологии;
- методы исследований наноматериалов .
- отличительные особенности наноструктур в целом и основные примеры природных и синтезированных наноструктур ;

уметь:

- ориентироваться в современных нанотехнологиях;
- анализировать некоторые свойства наноструктур;
- выбирать способы исследования свойств наноматериалов;

владеть:

- информацией по применению наноматериалов в различных отраслях промышленности;
- информацией об основных достижениях и перспективах применения нанотехнологии в электронике, химии, биологии, медицине, охране окружающей среды;
- информацией об основных достижениях и перспективах применения узлов нанотехнологий и наноматериалов.

4. Объём дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 2
Общая трудоемкость	72(2 з.е.)	72(2 з.е.)
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе		
лекции	36	36
Практические занятия	-	-
Лабораторные занятия		
Самостоятельная работа	36	36
Курсовая работа	нет	
Курсовой проект	нет	
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	