

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКА НАНОСИСТЕМ

Методические указания по выполнению практических работ

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Медицинская физика»

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
ТЕМА 1. НАНОРАЗМЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ.....	7
ТЕМА 2. НАНОКЛАСТЕРЫ И НАНОЧАСТИЦЫ.	7
ТЕМА 3. КОЛЛОИДНЫЕ НАНОСИСТЕМЫ.....	8
ТЕМА 4. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ.	8
ТЕМА 5. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР.....	9
ТЕМА 6. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОСТРУКТУР В МЕДИЦИНЕ И ТЕХНИКЕ.....	9

Введение

Актуальность учебной дисциплины «Физика наносистем» обусловлена необходимостью формирования у будущих бакалавров теоретико-методологических компетенций, практических умений на которых базируется профессиональная деятельность в физике. В современных условиях важнейшим элементом подготовки бакалавров в области физики является формирование у них самостоятельности и культуры научного мышления, способности вести научную и профессиональную деятельность, навыков постановки целей, задач при решении проблемных ситуаций.

Целью практических занятий является формирование профессиональных компетенций бакалавра по направлению 03.03.02 Физика, связанных со способностью применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности (ПК-1), способностью проводить целенаправленную систематическую работу в области проектно-технологической деятельности (ПК-4), способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности (ПК-5)

Основные задачи дисциплины:

- получить представление об особенностях физических свойств вещества в наноразмерном состоянии и современных методах исследования свойств наносистем и перспективами применения таких систем в технике будущего.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1- Способен применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности

ПК-4 - Способен проводить целенаправленную систематическую работу в области проектно-технологической деятельности

ПК-5 - Способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: теоретические основы, основные понятия и модели физики наноразмерных систем, физику процессов, протекающих на «наноуровне», и основы физических методов исследования этих процессов

уметь: излагать и критически анализировать базовую общезначимую информацию, пользоваться теоретическими основами, основными понятиями физики наносистем, рассчитывать параметры физических эффектов в типичных наносистемах и структурах

владеть: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации, методами физических исследований наноструктурированных систем.

Цель данного практикума – описание последовательности, основного содержания, методики выполнения практических занятий по учебному курсу и (или) самостоятельной подготовки к ним. Занятия проводятся в форме семинара или занятия решения задач.

Практические занятия по решению задач существенно дополняют лекции по дисциплине. В процессе анализа и решения задач студенты расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать физические законы и формулы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умение применять общие закономерности к конкретным случаям. В процессе решения задач вырабатываются навыки вычислений, работы со справочной литературой, таблицами. Решение задач не только способствует закреплению знаний и тренировке в применении изучаемых законов, но и формирует особый стиль умственной деятельности, особый метод подхода к физическим явлениям. Последнее тесным образом связано с методологией физики как науки. Говоря о методологических проблемах курса физики, мы подчеркивали важность знакомства студентов с тем, что любой её раздел должен базироваться на основных постулатах, так что все остальные характеристики изучаемых явлений в принципе могут быть получены из этих постулатов. Идея построения разделов физики на базе основных постулатов должна найти своё отражение и в содержании практических занятий по решению задач. Когда студенты решают задачи по определённой теме, очень важно, чтобы в результате знакомства с конкретными задачами они усвоили принципиальный подход к познанию достаточно широкого класса явлений.

При решении задач лабораторного занятия следует выполнять следующие правила оформления:

1. Условия задач переписываются полностью без сокращений. Обязательно записывается номер задачи с указанием номера занятия практического.
2. Текст и графики должны быть выполнены без помарок и исправлений. Допускается оформление на компьютере.
3. Необходимо указать основные законы и формулы, на которых базируется решение, и дать формулировку этих законов, разъяснив буквенные обозначения формул. Если при решении задач применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением физической величины, то следует привести ее вывод.
4. Рекомендуется сделать чертеж, эскизный рисунок или построить график, поясняющий содержание задачи или ход решения.
5. Решения задач должны сопровождаться исчерпывающими, но краткими словесными объяснениями, раскрывающими физический смысл употребляемых формул.
6. Необходимо решить задачу в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи или введенных самостоятельно.

7. Ответ задачи в общем виде и числовое значение искомой величины с обязательным указанием размерности, предваряемые словом «**ОТВЕТ:**», записываются отдельно после решения. Решения отдельных задач разделяются.

8. В случае если задание при проверке не зачтено, студент обязан представить его на повторную проверку, включив в его те задачи, решения которых оказались неверными. Повторная работа представляется вместе с незачтенной работой.

9. Студент должен быть готов дать устные пояснения по существу решения задач, входящих в его расчетное задание.

10. При несоответствии оформления работы указанным требованиям она не будет зачтена.

Виды задач и планы их решения.

На практических занятиях по физике наносистем используются:

- 1) задачи-упражнения, помогающие студентам приобрести твёрдые навыки расчёта и вычислений;
- 2) задачи для демонстрации практического применения тех или иных законов;
- 3) задачи для закрепления и контроля знаний;
- 4) познавательные задачи.

Задачи для закрепления и контроля знаний и задачи-упражнения рассчитаны на использование готовых знаний, полученных из книг, лекций, от преподавателя. Решение таких задач опирается в основном на механизмы памяти и внимания. Оно в известном смысле полезно и даже необходимо. Для решения задач расчётного характера достаточно составить систему уравнений, а дальше всё сводится к математическим действиям. Некоторые задачи требуют для решения геометрических построений и использования графиков.

Несмотря на различие в видах задач, их решение можно проводить по следующему общему плану (некоторые пункты плана могут выпадать в некоторых конкретных случаях), который надо продиктовать студентам:

1. прочесть внимательно условие задачи;
2. посмотреть, все ли термины в условиях задачи известны и понятны (если что-то неясно, следует обратиться к учебнику, просмотреть решения предыдущих задач, посоветоваться с преподавателем);
3. записать в сокращённом виде условие задачи (когда введены стандартные обозначения, легче вспоминать формулы, связывающие соответствующие величины, чётче видно, какие характеристики заданы, все ли они выражены в одной системе единиц и т.д.);
4. сделать чертёж, если это необходимо (делая чертёж, нужно стараться представить ситуацию в наиболее общем виде, например, если решается задача о колебании маятника, его следует изобразить не в положении равновесия, а отклонённым);
5. произвести анализ задачи, вскрыть её физический смысл (нужно чётко понимать, в чём будет заключаться решение задачи; так, если требуется найти траекторию движения точки, то ответом должна служить запись уравнений кривой, описывающей эту траекторию; на вопрос, будет ли

траектория замкнутой линией, следует ответить «да» или «нет» и объяснить, почему выбран такой ответ);

6. установить, какие физические законы и соотношения могут быть использованы при решении данной задачи;

7. составить уравнения, связывающие физические величины, которые характеризуют рассматриваемые явления с количественной стороны;

8. решить эти уравнения относительно неизвестных величин, получить ответ в общем виде. Прежде чем переходить к численным значениям, полезно провести анализ этого решения: он поможет вскрыть такие свойства

рассматриваемого явления, которые не видны в численном ответе;

9. перевести количественные величины в общепринятую систему единиц (СИ), найти численный результат;

10. проанализировать полученный ответ, выяснить как изменяется искомая величина при изменении других величин, функцией которых она является, исследовать предельные случаи.

Приведённая последовательность действий при решении задач усваивается студентами, как правило, в ходе занятий, когда они на практике убеждаются в её целесообразности. Поэтому в конце занятия полезно подвести итог, сформулировать найденный алгоритм рассуждений. Заметим, впрочем, что не всегда может быть предложен алгоритм решения задачи. При анализе задач на аудиторных занятиях полезно возвращаться к плану. Отклонение от него в большинстве случаев не позволяет студенту решить задачу. Тогда нужно напомнить ему, какой этап пропущен и указать, что именно это и послужило причиной неудачи.

ТЕМА 1. НАНОРАЗМЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1 - Способен применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности

ПК-4 - Способен проводить целенаправленную систематическую работу в области проектно-технологической деятельности

ПК-5 - Способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности

Вопросы для обсуждения

1. История открытия углеродных наноструктур, основные свойства и возможные применения
2. Исторические предпосылки развития нанотехнологии. Классификация наноразмерных систем.

ТЕМА 2. НАНОКЛАСТЕРЫ И НАНОЧАСТИЦЫ.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1- Способен применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности

ПК-4 - Способен проводить целенаправленную систематическую работу в области проектно-технологической деятельности

ПК-5 - Способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности

Вопросы для обсуждения

1. Методы исследования кластеров атомов и наночастиц
2. Углеродные нанокластеры: фуллерены и нанотрубки.

ТЕМА 3. КОЛЛОИДНЫЕ НАНОСИСТЕМЫ.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1- Способен применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности

ПК-4 - Способен проводить целенаправленную систематическую работу в области проектно-технологической деятельности

ПК-5 - Способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности

Вопросы для обсуждения

1. Коллоидные системы: суспензии, эмульсии, золи, пены.
2. Классификация дисперсных систем, мицеллы, микроэмульсии,
3. Проблемы седиментационной и агрегативной устойчивости. Самоорганизация частиц в коллоидах.

ТЕМА 4. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1- Способен применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности

ПК-4 - Способен проводить целенаправленную систематическую работу в области проектно-технологической деятельности

ПК-5 - Способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности

Вопросы для обсуждения

1. Магнетизм малых частиц. Суперпарамагнетизм, однодоменное состояние.
2. Квантовое магнитное туннелирование, гигантское магнетосопротивление.

ТЕМА 5. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1- Способен применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности

ПК-4 - Способен проводить целенаправленную систематическую работу в области проектно-технологической деятельности

ПК-5 - Способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности

Вопросы для обсуждения

1. Оптические методы исследования наноструктур.
2. Рентгеновская спектроскопия и дифракция.
3. Масс-спектрометрия как метод анализа наносистем.

ТЕМА 6. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОСТРУКТУР В МЕДИЦИНЕ И ТЕХНИКЕ.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1- Способен применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности

ПК-4 - Способен проводить целенаправленную систематическую работу в области проектно-технологической деятельности

ПК-5 - Способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности

Вопросы для обсуждения

1. Магнитные наноструктуры и проблема записи информации. Одноэлектронные устройства. Квантовый компьютер.
2. Биодатчики и биосенсоры на основе наноразмерных структур. Наносборка.

Вопросы для защиты заданий по практическим занятиям

Практическое занятие 1. Углеродные наноструктуры: фуллерены и нанотрубки: история открытия, основные свойства и возможные применения.

1. В чем состоит различие терминов «нанокластер» и «наночастица»?
2. Объясните существования «магических чисел» в нанокластерах? Перечислите структурные магические числа для различных плотнейших упаковок атомов.
3. Каков максимальный и минимальный размер углеродных нанотрубок? Оцените максимальный диаметр нанотрубок, при котором возможно наблюдать отличия их структуры от графитового слоя.
4. Приведите способы получения углеродных нанотрубок, укажите достоинства и недостатки этих методов.
5. Какие электронные свойства могут проявлять углеродные нанотрубки в зависимости от строения и хиральности? Как можно управлять электронными свойствами нанотрубок?
6. Укажите основные направления возможного использования углеродных нанотрубок?

Практическое занятие 2. Коллоидные наноструктуры: проблемы устойчивости и самоорганизации: классификация дисперсных систем, мицеллы, микроэмульсии, устойчивость коллоидных систем.

1. Опишите возможные подходы к классификации дисперсных систем. Приведите примеры.
2. Опишите особенности седиментационной и агрегативной устойчивости в коллоидных наносистемах.
3. Опишите схему синтеза наноматериалов с использованием мицелл.
4. Каковы основные признаки консервативной и диссипативной самоорганизации?
5. Что такое микроэмульсии? Каким образом их используют для получения наночастиц?
6. Почему при получении наноматериалов важно, чтобы они состояли из частиц с узким распределением по размерам? Какие существуют методы разделения наночастиц по размерам? В чем состоят их ограничения?

Практическое занятие 3. Магнетизм наноразмерных структур: суперпарамагнетизм, однодоменное состояние, квантовое магнитное туннелирование, гигантское магнетосопротивление.

1. Что общего и в чем различия в природе магнитных свойств ферро-, ферри- и антиферромагнетиков?
2. Назовите и охарактеризуйте основные типы магнитных наноматериалов. Что является определяющим фактором в формировании магнитных свойств таких структур.
3. Можно ли отнести композит из сферических частиц $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в стеклянной матрице к наноматериалам, если размер частиц магнитной фазы 150 нм? Ответ поясните.
4. Сравните явления парамагнетизма и суперпарамагнетизма. Как изменяются свойства суперпарамагнитных частиц при увеличении характерного размера частиц?
5. Сформулируйте требования к наноматериалам, используемым в устройствах длительного хранения информации.
6. Какая форма частиц была бы предпочтительной для получения мягких магнитных материалов с низкими энергетическими потерями на перемагничивание?

Практическое занятие 4. Оптические эффекты в металлических и полупроводниковых наноструктурах: квантовые точки, поверхностный плазмонный резонанс.

1. Какова связь между размерами квантовых точек и цветом их свечения?
2. Опишите физическую природу плазмонного резонанса в наночастицах благородных металлов.
3. Каковы основные направления возможного применения растворов наночастиц с плазмонным резонансом.
4. Опишите основные методы получения наночастиц, проявляющих свойства фотонных кристаллов.
5. В ходе синтеза были получены наночастицы CdS диаметром 7 нм. Определите цвет раствора таких квантовых точек.

Практическое занятие 5. Физические основы зондовой микроскопии: взаимодействие зонда с образцом в контактной и неконтактной модах, туннельная микроскопия.

Чем определяется взаимодействие зонда с поверхностью в атомно-силовой микроскопии?

Какие существуют способы увеличения разрешения в атомно-силовой микроскопии.

Какие методы используются для изготовления зондов для сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии?

Что такое микроскопия латеральных сил? Для каких исследований она может использоваться?

Что такое «квантовый коралл»? Как сканирующая туннельная микроскопия может использоваться для их изучения?

Практическое занятие 6. Перспективы применения наноструктур в технике: магнитные наноструктуры и проблема записи информации. Одноэлектронные устройства. Квантовый компьютер. Биодатчики и биосенсоры на основе наноразмерных структур. Наносборка.

1. Какие проблемы возникают при уменьшении размера транзисторов в электронике? Какие существуют методы их преодоления?
2. Каким требованиям должен удовлетворять материал, используемый для создания магнитных запоминающих устройств с высокой плотностью записи.
3. В чем состоит принцип температурно-контролируемой магнитной записи?
4. Назовите основные принципы и подходы, используемые в молекулярной электронике. С чем связаны основные сложности в её развитии?
5. Что представляет собой «квантовый компьютер»? Какие материаловедческие подходы могут использоваться для его создания.
6. Как используют полупроводниковые наночастицы для диагностики заболеваний?
7. В чем состоит принцип внутритканевой гипертермии? На каких физических принципах она может быть реализована?
8. Какие меры предосторожности надо использовать при работе с наноматериалами?

Комплект разноуровневых задач и заданий

1 Задачи репродуктивного уровня

Почему коллоидные растворы металлов, представляющие собой взвесь металлических наночастиц, как правило, отличаются по цвету от голубого неба, хотя размер частиц мал, и должно наблюдаться рэлеевское рассеяние?

Рассчитайте критические размеры сферических наночастиц Fe, Co, FePt, при которых температура блокировки (температура при которой частица переходит в суперпарамагнитное состояние) частицы будет составлять менее 300K. Константы магнитнокристаллической анизотропии указанных материалов считайте в первом приближении равными константам объемных материалов.

Известно, что маленькая тропическая ящерица – геккон – обладает удивительной способностью. Она без особого труда может бегать не только по отвесным стенам, но и по потолку. Сила сцепления лап ящерицы с поверхностью составляет 10 Н/см^2 .

- 1) Объясните причину, которая удерживает геккона на отвесных поверхностях?
- 2) Оцените массу геккона, если при беге он использует только 3% от «силы сцепления»? Считайте, что площадь лапки ящерицы составляет 100 мм^2 .

2 Задачи реконструктивного уровня

Майкл Фарадей сумел решить проблему получения наночастиц золота, взвешенных в жидкости. Полученные им в 1845 г. золи золота не выказывали никаких признаков формирования осадка вплоть до смерти ученого в 1867 году. Более того, эти золи без осадка сохранились до сих пор и демонстрируются в Британском музее.

Оцените по этим данным размер наночастиц золота, полученных Фарадеем. Высота уровня жидкости в пробирке Фарадея 25 см.

Каким же образом Фарадею без использования современных синтетических методов удалось получить частицы столь малого размера? Почему частицы в золе Фарадея не «слипаются» в более крупные агрегаты?

Осаждение взвешенных в жидкости наночастиц может быть ускорено при помощи ультрацентрифугирования.

На чем основан этот способ? За какое время можно полностью осадить золь Фарадея в ультрацентрифуге, ротор которой вращается со скоростью 1000 оборотов в секунду? Высота уровня жидкости в пробирке с золем Фарадея 25 см.

Джон Уильям Стратт Рэлей посредством простейшего эксперимента сумел оценить линейный размер молекулы. Эксперимент Рэрея состоял в следующем. Капля оливкового масла помещалась на поверхность спирта и растекалась по ней с образованием большого пятна. После испарения спирта оказалось, что площадь пятна оливкового масла 0.2 м^2 . Поскольку точных приборов для измерения объема одной капли у Рэрея не было, он установил, что 100 примерно одинаковых капель масла плотностью 800 кг/м^3 весят 0.078 г . Определите по этим данным длину молекулы оливкового масла.

3 Задачи творческого уровня

Используя соотношение Эйлера для выпуклого многогранника рассчитайте число пятиугольников в молекуле фуллерена C_{60}

Получите формулу для электрического сопротивления нанотрубки исходя из соотношения неопределенности Гейзенберга для энергии-времени и принципа Паули.

Оцените возможность создания космического лифта. Для этого:

- а)* определите высоту геостационарной орбиты;
- б)* определите предельную длину стального троса, который сможет выдержать свой вес (предел прочности стали 0,8 ГПа, плотность 7800 кг/м³);
- в)* определите возможность создания троса для космического лифта из нанотрубок (предел прочности 60 ГПа, плотность 1400 кг/м³). При оценке учтите изменение ускорения свободного падения с высотой.

Оцените, энергию взаимодействия между молекулами воды во льду, а также энергию, которую нужно потратить, чтобы разбить 1 грамм льда на сферические наночастицы диаметром 100 нм. Удельные теплоты плавления льда и парообразования, а также коэффициент поверхностного натяжения воды считать известными (найти самостоятельно).

Оцените скорость струи воды V , необходимую для получения капель размером порядка 100 нм; 10 нм. (Поверхностное натяжение воды $\sigma = 0.07$ Н/м). Можно ли услышать эту струю?

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКА НАНОСИСТЕМ

**Методические указания для обучающихся по организации и проведению
самостоятельной работы**

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Медицинская физика»

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	17
ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	21
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ.....	23
ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	28
ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	28

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студента).

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной и научной деятельности студента. Федеральным государственным образовательным стандартом предусматривается значительный объем времени из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студента предполагает, прежде всего, его научно-исследовательскую и практическую деятельность, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят к самостоятельному выполнению профессиональных задач. Конечной целью самостоятельной работы является организация самостоятельной познавательной деятельности, формирование умения самостоятельно анализировать информацию, выделять главное и второстепенное.

Основными формами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика наносистем» являются:

- подготовка к лабораторному занятию;
- самостоятельное изучение литературы.

Практическое занятие – обсуждение проблемы, темы по заранее заданной структуре (вопросам) с предварительным углубленной самостоятельной проработкой материала. Семинары помогают овладеть понятийно-терминологическим аппаратом, свободно оперировать им, понимать

практическое приложение теории, прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1- Способен применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности

ПК-4 - Способен проводить целенаправленную систематическую работу в области проектно-технологической деятельности

ПК-5 - Способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности

Вопросы для собеседования

Вопросы для проверки уровня обученности

Базовый уровень

Раздел 1. Методы исследований наноструктур.

История развития исследований наноразмерных структур. История обнаружения фуллеренов.

Перспективы применения нанотрубок в технике будущего.

Применение мессбауэровской спектроскопии для исследования кластеров атомов.

Применение магнитных наночастиц в устройствах хранения информации.

Применение магнито-силового микроскопа для исследования магнитных наноструктур.

Рассеяние света как метод исследования наночастиц.

Раздел 2. Физические эффекты в наноразмерных системах.

Нанороботы: реальность и вымысел.

Квантовые компьютеры.

Биодатчики и биосенсоры на основе наночастиц и наноструктур.

Продвинутый уровень

Раздел 1. Методы исследований наноструктур.

Фотонная корреляционная спектроскопия.

Методы синтеза нанотрубок.

Раздел 2. Физические эффекты в наноразмерных системах.

Оптические свойства наночастиц золота и серебра. Плазмонный резонанс. Перспективы применения наноструктур в биологии и медицине. Квантовые наноструктуры: ямы, колодцы, точки.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется, если студент продемонстрировал высокое умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи по изучению физики наноструктур, свободно без затруднений справился с поставленной задачей, показав владение разносторонними приемами и навыками ее выполнения, не допустил ошибок и неточностей;

Оценка «хорошо» выставляется, если студент продемонстрировал умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи по изучению физики наноструктур, справился с поставленной задачей, показав владение необходимыми приемами и навыками ее выполнения, при этом допустил не более одной ошибки;

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент продемонстрировал посредственное умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи по изучению физики наноструктур, с трудом справился с поставленной задачей, при этом допустил не более двух ошибок;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент не продемонстрировал умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи, не справился с поставленной задачей или допустил при ее решении три и более серьезные ошибки.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя устный ответ студента по вопросам собеседования.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-1_{ПК-1} способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1} использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4} умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4} умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4} умеет выстроить стратегию достижения поставленных целей, цикла жизни проекта, возникающие риски.

ИД-1_{ПК-5} ориентируется в современных тенденциях развития цифровых технологий, выбирает технологии или программные средства для решения поставленных задач

ИД-2_{ПК-5} умеет обрабатывать и анализировать полученные данные с помощью современных информационных технологий;

ИД-3_{ПК-5} обладает готовностью к участию в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов, современного программного обеспечения, в том числе текстовых редакторов и графических программ;

ИД-4_{ПК-5} владеет современным программным обеспечением, в том числе текстовыми редакторами и графическими программами, средствами подготовки обзоров, отзывов, отчетов, заключений

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо повторить материал соответствующих лекций; внимательно изучить описание лабораторного занятия, изложенное в практикуме; ответить на вопросы по содержанию лабораторного занятия, задаваемые преподавателем на предварительном опросе перед выполнением заданий.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность и рациональность расчетов;
- логичность и непротиворечивость ответов.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
Подготовка к лабораторному занятию «История открытия углеродных наноструктур, основные свойства и возможные применения»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 1
Подготовка к лабораторному занятию «Исторические предпосылки развития нанотехнологии. Классификация наноразмерных систем»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 2
Подготовка к лабораторному занятию «Методы исследования кластеров атомов и наночастиц»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 3
Подготовка к лабораторному занятию «Углеродные нанокластеры: фуллерены и нанотрубки»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 4
Подготовка к лабораторному занятию «Коллоидные системы: суспензии, эмульсии, золи, пены»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 5
Подготовка к лабораторному занятию «Классификация дисперсных систем, мицеллы, микроэмульсии»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 6
Подготовка к лабораторному занятию «Проблемы седиментационной и агрегативной устойчивости. Самоорганизация частиц в коллоидах»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 7
Подготовка к лабораторному занятию «Магнетизм малых частиц.	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 8

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
Суперпарамагнетизм, однодоменное состояние»			
Подготовка к лабораторному занятию «Квантовое магнитное туннелирование, гигантское магнетосопротивление»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 9
Подготовка к лабораторному занятию «Оптические методы исследования наноструктур»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 10
Подготовка к лабораторному занятию «Рентгеновская спектроскопия и дифракция»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 11
Подготовка к лабораторному занятию «Масс-спектрометрия как метод анализа наносистем»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 12
Подготовка к лабораторному занятию «Магнитные наноструктуры и проблема записи информации. Одноэлектронные устройства. Квантовый компьютер»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 13
Подготовка к лабораторному занятию «Биодатчики и биосенсоры на основе наноразмерных структур. Наносборка»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 14
Самостоятельное изучение литературы	Конспект	Собеседование	

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

При подготовке к практическим занятиям необходимо:

- повторить материал соответствующих лекций;
- внимательно изучить описание лабораторного занятия, изложенное в практикуме;
- ответить на вопросы по содержанию лабораторного занятия, задаваемые преподавателем на предварительном опросе перед выполнением заданий.

Все лабораторные занятия предполагают выполнение заданий, решение задач.

В результате выполнения заданий достигаются следующие результаты обучения:

- развитие мышления и творческих способностей студента,
- приобретение и закрепление навыков самостоятельной работы,
- приобретение и закрепление навыков оформления и составления письменных заданий.

Практическое занятие №1 «История открытия углеродных наноструктур, основные свойства и возможные применения»

Знания: Знает историю открытия углеродных наноструктур. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов, знает основные свойства и возможные применения углеродных наноструктур. Знает классификацию углеродных наноструктур.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №2 «Исторические предпосылки развития нанотехнологии. Классификация наноразмерных систем»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к

разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №3 «Методы исследования кластеров атомов и наночастиц»

Демокрит и понятие «атом». Доказательство нанометрического размера молекулы сахара А. Эйнштейном. Создание электронного микроскопа. Р. Фейнман «Там внизу много места». Разработка анализатора электронной трубки. Постройка первого сканирующего микроскопа. Торографiner — прообраз зондового микроскопа. Создание сканирующего туннельного микроскопа. Введение термина «нанотехнология». Открытие фуллерена. Разработка атомно-силового микроскопа. Кантилевер. Э. Дрекслер «Машины созидания». Создание углеродных нанотрубок. Сканирующие зондовые микроскопы: сканирующий туннельный микроскоп, атомный силовой микроскоп. Нанотермометр. Нановесы. Нанопинцет.

Практическое занятие №4 «Углеродные нанокластеры: фуллерены и нанотрубки»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №5 «Коллоидные системы: суспензии, эмульсии, золи, пены»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №6 «Классификация дисперсных систем, мицеллы, микроэмульсии»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №7 «Проблемы седиментационной и агрегативной устойчивости. Самоорганизация частиц в коллоидах»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №8 «Магнетизм малых частиц. Суперпарамагнетизм, однодоменное состояние»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №9 «Квантовое магнитное туннелирование, гигантское магнетосопротивление»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №10 «Оптические методы исследования наноструктур»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №11 «Рентгеновская спектроскопия и дифракция»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к

разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №12 «Масс-спектрометрия как метод анализа наносистем»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №13 «Магнитные наноструктуры и проблема записи информации. Одноэлектронные устройства. Квантовый компьютер»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

Практическое занятие №14 «Биодатчики и биосенсоры на основе наноразмерных структур. Наносборка»

Знания: Знает историю становления и основные исторические этапы, связанные с развитием нанотехнологий. Знает основные понятия и определения в сфере нанотехнологий и наноматериалов. Знает достоинства и недостатки нанотехнологий и наноматериалов. Знает классификацию нанотехнологий и наноматериалов.

Нанотехнологии и новая промышленная революция. Потребность в специалистах в области нанотехнологий. Цели и задачи дисциплины «Введение в нанотехнологии». Обоснование необходимости использования единой терминологии и классификации в области нанотехнологий. Международные стандарты в области нанотехнологий. Наиболее важные термины в области нанотехнологий. Определяющий фактор нанотехнологий, наноматериалов и наноустройств. Существующие классификации объектов, областей знаний, индустрии, методов получения к

разряду «нано». Критерии отнесения продукции (товаров, работ, услуг) к категории «продукция наноиндустрии».

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

1. Бионанотехнологии.
2. Жидкие кристаллы.
4. Золь-гель технология.
5. Квантовые наноструктуры: ямы, колодцы, точки. Перспективы применения в биологии и медицине.
6. Неуглеродные нанотрубки.
7. Наносферная литография.
8. Наномашины: устройство и принцип действия.
9. Нанороботы: реальность и вымысел.
10. Умные материалы.
11. Фотонные кристаллы.
12. Нанокompозитные материалы.
13. Биомиметика.
14. Метаматериалы: возможности и области применения.
15. Перспективы применения нанотрубок в технике будущего.
16. Применение магнитно-силового микроскопа для исследования магнитных наноструктур.
17. Оптические свойства наночастиц золота и серебра. Плазмонный резонанс.
18. История развития исследований наноразмерных структур. История обнаружения фуллеренов.
19. Методы синтеза нанотрубок.
20. Применение мессбауэровской спектроскопии для исследования кластеров атомов.
21. Рассеяние света как метод исследования наночастиц.
22. Фотонная корреляционная спектроскопия.
23. Квантовые компьютеры.
24. Биодатчики и биосенсоры на основе наночастиц и наноструктур.

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

Фостер, Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер ; пер. А.В. Хачоян. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2008. - 337 с. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-161-1 ; То же [Электронный ресурс].

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135424>

Дополнительная литература

Успехи наноинженерии [Электронный ресурс]: электроника, материалы, структуры/ Дэвис Джайлс [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2011.— 512 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58869.html>.— ЭБС «IPRbooks»