

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
общей физики



Турищев С.Ю.
22.05.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.09 Физика наноматериалов и наноструктур

код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки: *28.04.02 Наноинженерия*
2. Профиль подготовки/специализации: *Физическая нанодиагностика и синхротронные технологии*
3. Квалификация (степень) выпускника: *магистр*
4. Форма образования: *очная*
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *кафедра общей физики*
6. Составители программы: *Какулия Юлия Сергеевна*
7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №5 от 22.05.2024*
8. Учебный год: *2026-2027* Семестр: *3*

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

Формирование знаний о физических основах наноматериалов и наноструктур и осознание их роли в области наноинженерии. Изучение особенностей формирования, диагностики и применения наноструктур и наноматериалов в области наноинженерии.

Задачи учебной дисциплины:

- получение у обучающихся представлений о физических основах и принципах наноструктур и наноматериалов;
- знакомство с существующими видами, физико-химическими особенностями, и основными областями применения наноструктур и наноматериалов;
- изучение явлений и процессов в наноструктурах и наноматериалах;
- формирование навыков применения теоретических знания о физических принципах наноструктур и наноматериалов для создания материалов с известными физико-химическими свойствами, составляющих фундаментальную основу наноинженерии;

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: Учебная дисциплина «Физика наноматериалов и наноструктур» относится к обязательной части блока Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области наноинженерии и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.1	Умеет ставить цели и формулировать задачи, связанные с организацией профессиональной деятельности и научных исследований; анализировать результаты исследований, включая построение математических моделей объекта исследований	Знать: - современные методы научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований; - способы формулирования задач исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования Уметь: - применять современные методы научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований; - использовать современные компьютерные технологии для решения задач исследования и оптимизации сложных объектов наноинженерии Владеть: - навыками применения современных методов научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований; - навыками формулирования задач исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования

ОПК-3	Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в профессиональной области с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ОПК-3.1	Умеет организовывать и управлять технологическим циклом производства опытных и серийных изделий на основе использования процессов нанотехнологий	Знать: - технологический цикл производства опытных и серийных изделий - основу использования процессов нанотехнологий Уметь: - управлять технологическим циклом производства опытных и серийных изделий Владеть: - управления технологическим циклом производства опытных и серийных изделий - использования процессов нанотехнологий
-------	---	---------	--	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам 3 семестр
Аудиторные занятия		36	36
в том числе:	Лекции	18	18
	Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа		72	72
Форма промежуточной аттестации		зачет	зачет
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Введение в физику наноструктур и наноматериалов	Понятие о нанотехнологии. Классификация нанобъектов. Размерные эффекты и свойства нанобъектов. Определение наночастицы. Характерные особенности нанобъектов
1.2	Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы	Углеродные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Ленгмюровские молекулярные пленки.
1.3	Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов.	Методы получения наночастиц из паровой фазы. Получение наночастиц в жидких средах. Получение упорядоченных структур наночастиц. Получение гибридных полимер-неорганических нанокомпозитов. Наноструктурированные материалы.
1.4	Методы получения упорядоченных наноструктур, пучковые и другие методы нанолитографии	Эпитаксия металлоорганических соединений из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Самоорганизация при эпитаксиальном росте. МЛЭ и реализация идей сверхрешетки для устройств наноэлектроники. Возможности методов МЛЭ и ГФЭ МОС в наноэлектронике. Создание упорядоченных квантовых наноструктур. Формирование квантовых точек и прово-

		лок при ионном синтезе. Примеры приборов на квантовых точках. Сборка наноструктур под влиянием механического напряжения. Автоматическая сборка наноструктур. Управляемая ДНК-сборка наноструктур. Рентгеновская литография. Электронная литография. Ионная литография. Возможности пучковых методов литографии. Зондовые методы нанолитографии
2. Практические занятия		
2.1	Введение в физику наноструктур и наноматериалов	Практическое занятие 1. Введение в физику наноструктур и наноматериалов
2.2	Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы	Практическое занятие 2. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы
2.3	Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов.	Практическое занятие 3. Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов.
2.4	Методы получения упорядоченных наноструктур, пучковые и другие методы нанолитографии	Практическое занятие 4. Методы получения упорядоченных наноструктур, пучковые и другие методы нанолитографии

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)			
		Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в физику наноструктур и наноматериалов	2	2	8	12
2	Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы	4	4	14	22
3	Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов.	4	4	24	32
4	Методы получения упорядоченных наноструктур, пучковые и другие методы нанолитографии	8	8	26	42
	Итого:	18	18	72	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Физика наноматериалов и наноструктур» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из трех частей: обучения студентов преподавателем, практические занятия и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время

лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы.

Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента-магистра. Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Практические занятия направлены на более глубокое освоение материала, изложенного на лекциях. Занятия проводятся в режиме диалога и обсуждения наиболее сложных вопросов в аудитории.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации. Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы.

Самостоятельная работа студента-магистра при изучении дисциплины «Физика наноматериалов и наноструктур» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса (в том числе, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы), подготовку к практическим занятиям, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении «Физика наноматериалов и наноструктур» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 25 часов
подготовка к практическим занятиям	- 22 часа
подготовку к зачету	- 25 часов
итого - 72 часа	

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Корабельников, Д. В. Физика наноструктур : учебное пособие / Д. В. Корабельников, Н. Г. Кравченко, А. С. Поплавной. — Кемерово : КемГУ, 2016. — 161 с.
2.	Мишина, Е. Д. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Н. Э. Шерстюк, А. А. Евдокимов ; под редакцией А. С. Сигова. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 187 с.
3.	Илюшин, В. А. Наноматериалы : учебное пособие / В. А. Илюшин. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 114 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий : учебное пособие / Старостин В.В.; Патрикеев Л.Н. (общ. ред.). — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория

	знаний, [2012]. — 431 с
2.	Иванов, А. С. Физические основы микро- и нанотехнологии : учебное пособие / А. С. Иванов, Г. И. Пахомов. — Пермь : ПНИПУ, 2011. — 311 с.
3.	Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие / А. А. Ремпель, А. А. Валеева. // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 136 с.
4.	Сергеев, Н. А. Физика наносистем : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. - Москва : Логос, 2020. - 192 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет) *:

№ п/п	Ресурс
5.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
6.	http://www.moodle.vsu.ru
7.	https://lanbook.com – ЭБС «Лань»
8.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
9.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
10.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека
11.	https://edu.vsu.ru ? Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури ; художник С. Инфантэ. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 368 с.
2.	Звонарев, С. В. Функциональные и конструкционные наноматериалы : учебно-методическое пособие / С. В. Звонарев. — Екатеринбург : УрФУ, 2018. — 132 с.
3.	Рабинович, О. И. Физико-химические основы процессов микро-и нанотехнологий : учебно-методическое пособие / О. И. Рабинович. — Москва : МИСИС, 2015. — 88 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; практические занятия; самостоятельная работа. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (мультимедийный кабинет) (ауд. 135): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки, проектор, мультимедийное демонстрационное оборудование. Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 135): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки с возможностью подключения к сети Интернет и с

обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ. WinPro 8 RUS. Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.VY3», Office Standard 2019, Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021, Среда ORIGIN PRO 2022b SR1.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение в физику наноструктур и наноматериалов	ОПК-1, ОПК-3	ОПК-1.1, ОПК-3.1	Устный опрос Практическое занятие 1
2.	Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы	ОПК-1, ОПК-3	ОПК-1.1, ОПК-3.1	Устный опрос Практическое занятие 2
3.	Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов.	ОПК-1, ОПК-3	ОПК-1.1, ОПК-3.1	Устный опрос Практическое занятие 3
4.	Введение в физику наноструктур и наноматериалов	ОПК-1, ОПК-3	ОПК-1.1, ОПК-3.1	Устный опрос Практическое занятие 4. Текущая аттестация
Промежуточная аттестация - зачет				Вопросы к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущая аттестация проводится в формате тестирования с использованием банка заданий фонда оценочных средств. Задание из фонда оценочных средств выбираются в соответствии с уровнем подготовки студентов. Используется задания закрытого типа (тестовые задания) и задания открытого типа (ситуационные задачи)

Банк заданий текущей аттестации (Фонд оценочных средств):

Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1.1. Укажите правильный порядок возрастания размеров частиц:

- 1 Å, 1 мм, 1 мкм, 1 нм.
- 1 нм, 1 Å, 1 мкм, 1 мм.
- 1 Å, 1 нм, 1 мкм, 1 мм.
- 1 мкм, 1Å, 1нм, 1 мм.

1.2. По n – мерности нанотрубки можно отнести к нанообъектам:

- Одномерным.

- Двумерным.
- Трехмерным.
- Капиллярным.

1.3. При получении наночастиц методом диспергирования возможно:

- Сохранение структуры исходного материала.
- Образование частиц с новым химическим составом.
- Образование сплавов.
- Образование частиц с размерами менее 1 Å.

1.4. В методе молекулярных пучков вещество испаряют в:

- Воздушное пространство.
- Вакуум.
- Атмосферу инертного газа под большим давлением.
- Атмосферу разреженного инертного газа.

1.5. В каком году была изобретена ИС:

- a) 1953
- b) 1955
- c) 1957
- d) 1959**
- e) 1961

1.6. Кто из перечисленных ниже ученых является лауреатом Нобелевской премии по физике:

- a) Ландау
- b) Капица
- c) Басов
- d) Прохоров
- e) Алферов**

1.7. Что такое планарная технология?

- a) технология создания плоских фигур
- b) технология последовательного создания элементов на плоскости
- c) технология последовательного создания элементов в тонком приповерхностном слое
- d) технология одновременного создания элементов в тонком приповерхностном слое**

1.8. На каком из принципов основана работа МЭМС-гироскопов:

- a) ускорения
- b) вибрации
- c) вращения
- d) поворота
- e) Кориолиса**

1.9. Какие из перечисленных приборов не относятся к приборам наноинженерии:

- a) диод
- b) триод**
- c) транзистор
- d) теристор
- e) резистор

- 1.10. Основной характеристикой МДП-структуры является:
- a) p-n-переход
 - b) исток
 - c) сток
 - d) вольт-амперная характеристика**
- 1.11. Время релаксации – это
- a) кинетическая энергия в форме колебательного движения, при превосхождении которой некоторое пороговое значение
 - b) расстояние между соседними атомами кристаллической структуры, в которой инициируется векторизованное движение микрочастицы по пространственному направлению, соответствующему геометрической координате $\{x\}$ (рассматривается одномерное приближение)
 - c) период времени, за который амплитудное значение возмущения в выведенной из равновесия физической системе уменьшается в e раз**
- 1.12. У МДП -транзистора 3 контакта, они называются ...
- a) эмиттер, исток, сток
 - b) затвор, сток, исток**
 - c) эмиттер, база, коллектор
- 1.13. Фотодиоды - это
- a) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет возникающему в переходе свету излучаться в окружающее пространство
 - b) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет внешнему свету проникать в переход**
- 1.14. Светодиоды – это
- a) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет возникающему в переходе свету излучаться в окружающее пространство**
 - b) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет внешнему свету проникать в переход
- 1.15. Что такое p-n-переход?
- a) полупроводниковая структура в которой находится область соприкосновения двух полупроводников с разными типами проводимости — дырочной и электронной**
 - b) область диффузии электронов
 - c) полупроводник, обладающий одновременно носителями положительных и отрицательных зарядов

2) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

2.1. Перечислите основные структуры наноэлектроники

Ответ: Квантовые нити, квантовые точки, тонкие пленки, гетероструктуры, МДП-структуры, нанопорошки,

2.2. Дайте определение понятию «туннелирование носителей зарядов»

Ответ: туннелирование означает перенос частицы через область, ограниченную потенциальным барьером, высота которого больше полной энергии данной частицы ($E < U_0$) (или проникновение в эту область).

2.4. Дайте определение термину «сверхрешетки»

Ответ: монокристаллическую пленку из одного материала, воспроизводящую постоянную решетки монокристаллической подложки из другого материала.

2.5. В каком случае образуются квантовые ямы

Ответ: для носителей зарядов образуется в структурах, состоящих из полупроводников с различной шириной запрещенной зоны, в которых наноразмерная область из материала с меньшей шириной запрещенной зоны (квантовая яма) находится между областями материала с большей шириной запрещенной зоны (потенциальные барьеры или стенки ямы).

2.6. Что такое электронно-лучевая литография?

Ответ: метод изготовления субмикронных и наноразмерных топологических элементов посредством экспонирования электрически чувствительных поверхностей электронным лучом.

2.7. Дайте определение термину «наносистема»

Ответ: материальный объект в виде упорядоченных или самоупорядоченных, связанных между собой элементов с нанометрическими характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, проявляющихся в виде явлений и процессов, связанных с проявлением наномасштабных факторов.

2.8. Дайте определение термину «наноматериалы»

Ответ: вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственно или естественно упорядоченную или неупорядоченную систему базовых элементов с нанометрическими характеристическими размерами и особым проявлением физического и (или) химического взаимодействий при кооперации наноразмерных элементов, обеспечивающих возникновение у материалов и систем совокупности ранее неизвестных механических, химических, электрофизических, оптических, теплофизических и других свойств, определяемых проявлением наномасштабных факторов.

2.9. Дайте определение термину «Интерполяция».

Ответ: способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений.

2.10. Что такое аппроксимация функциональных зависимостей?

Ответ: это получение некоторой конкретной функции, вычисленные значения которой с некоторой точностью (приближением) аналогичны аппроксимируемой зависимости,

2.11. Что такое пьезоэффект?

Ответ: обратимая электромеханическая связь электрической поляризации (индукции) и механических деформаций (напряжений) в анизотропных диэлектрических средах, обладающих определённой кристаллической структурой и симметрией.

2.12. В каком диапазоне длин волн генерируется синхротронное излучение?

Ответ: диапазон длин волн синхротронного излучения занимает от ИК – излучения (нм) до гамма-излучения

2.13. Что такое волна де Бройля?

Ответ: волна вероятности, определяющая плотность вероятности обнаружения объекта в заданном интервале конфигурационного пространства

2.14. Что такое ВАХ транзистора?

Ответ: ВАХ или вольтамперная характеристика - функция, описывающая эту зависимость, и график этой функции.

2.15. Что такое спектроскопия?

Ответ: раздел физики, посвящённый изучению спектров электромагнитного излучения, которые возникают при воздействии электромагнитного излучения различных диапазонов энергий на материал вещества.

2.16. Дайте определение понятию «Гетероструктура»

Ответ: полупроводниковая структура с несколькими гетеропереходами; термин в физике полупроводников, обозначающий выращенную на подложке слоистую структуру из различных полупроводников, в общем случае отличающихся шириной запрещенной зоны.

2.17. Дайте определение понятию «Эпитаксия»

Ответ: ориентированный рост одного кристалла на поверхности другого (подложки), в частности, прораствание структуры по границам раздела твердое-твердое.

Самопроизвольно ориентировано срастаться могут не только изоморфные кристаллы, но и вещества с совершенно различной структурой и симметрией.

2.18. Дайте определение понятию «Метод литографии»

Ответ: метод подготовки поверхности путем использования некоего шаблона, который определяет структуру конечного объекта. Эта технология используется для массового производства микросхем с использованием масок в качестве шаблона, полностью определяющего последовательность структур на поверхности полупроводника.

2.19. Дайте определение понятию «Электрохимический синтез»

Ответ: полупроводниковая структура с несколькими гетеропереходами; термин в физике полупроводников, обозначающий выращенную на подложке слоистую структуру из различных полупроводников, в общем случае отличающихся шириной запрещенной зоны.

2.20. Дайте определение понятию «Измельчение (диспергирование) материалов»

Ответ: Метод получения материалов механическим путем в мельницах различного типа широко использовалось и до эпохи нанотехнологий.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1 балл – указан верный ответ;

0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) характер принятого решения);

2 балла – задание выполнено с незначительными ошибками, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование характера принятого решения, или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;

0 баллов – задание не выполнено, или ответ содержательно не соотнесен с заданием, или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

Тестирование предусматривает выполнение 10 заданий закрытого типа (максимальное количество баллов - 10) и 4 задания открытого типа (максимальное количество баллов - 20). Если студент набрал менее 15 баллов, то ставится оценка – «неудовлетворительно», менее 18 баллов - «удовлетворительно», менее 25 – «хорошо». Если в результате тестирования студент набирает более 25 баллов, то ставится отметка «отлично»

Перечень тем практических занятий

Практическое занятие 1. *Введение в физику наноструктур и наноматериалов*

Практическое занятие 2. *Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы*

Практическое занятие 3. *Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов.*

Практическое занятие 4. *Введение в физику наноструктур и наноматериалов.*

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, выполнение заданий на практических занятиях, на основе которых выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении практических задач	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять практические задания	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительные ответы на вопросы. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач	–	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Вопросы к зачету

1. Физические эффекты в материалах в наноструктурированном состоянии. Классификация нанообъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры.

2. Методы синтеза, структура, свойства и теоретические модели кластеров. Классификация наноструктур: нуль-, одно-, двух- и трехмерные наноструктуры.

3. Основные свойства наноматериалов: роль объема и поверхности в физических свойствах наноразмерных объектов, кулоновское взаимодействие, силы Ван-дер-Ваальса,

4. Различные типы наноматериалов (углеродные нанотрубки, фуллерены, графен, аэрографит, аэрогель, нанокристаллы, оксидные наноматериалы,)

5. развитие технологии получения наноматериалов: газофазный, плазменный и лазерный синтез углеродных и оксидных наноматериалов; золь-гель технология.

6. Методы получения нанопорошков конденсацией в вакууме. Влияние температуры конденсации, давления и состава газа в камере на формирование материала в нанокристаллическом состоянии.

7. Оборудование для производства нанопорошков. Методы выделения наночастиц заданного размера. Получение нанопорошков химическим и плазмохимическим осаждением из парогазовой фазы. Методы синтеза и выделения углеродных наноматериалов.

8. Физические свойства нанотрубок. Компактирование нанопорошков. Особенности технологии прессования нанопорошков. Кристаллизация аморфных материалов.

9. Двумерные наноструктуры. Тонкие пленки: осаждение из газовой фазы, механизмы роста пленок.

10. Физические методы осаждения пленок: молекулярно-лучевая эпитаксия, импульсное лазерное осаждение, распылительное осаждение. квантовые точки, искусственное наноморфобразование (нановолокна, наноспираль, периодические квантовые твердотельные наноструктуры)

11. Пучковые и другие методы нанолитографии.

12. Методы химического осаждения пленок: химическое осаждение из газовой фазы, послойное осаждение, химическое осаждение из растворов, пленки Ленгмюра-Блоджетт.

13. Свойства веществ в нанокристаллическом состоянии. Оптические и электронные свойства наносистем. Наночастицы металлов, плазмонный резонанс.

14. Полупроводниковые наночастицы, Поверхность нанокристаллов, дефекты координации и барьерное ограничение.

15. Фотонные кристаллы: размерность, методы формирования, использование.

16. Магнитные свойства наносистем. Структура ферромагнетиков. Суперпарамагнетизм. Магнитная анизотропия. Магнитные наноматериалы.

17. Механические свойства наносистем. Закон Холла-Петча. Дефекты в наноструктурированных материалах. Упругие свойства. Наноккомпозиты, Механические свойства углеродных нанотрубок.

18. Процессы самоорганизации и самосборки в наносистемах. Сверхкластеры. Применение функциональных наноматериалов.

19. Наномеханизмы и наноустройства. Микро- и наноэлектромеханические системы. Наномеханика. Устройства для преобразования энергии: электростатические, магнитные, пьезоэлектрические, тепловые, гидравлические, сенсорные актюаторы, конструкция и особенности.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Физика наноматериалов и наноструктур» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения практических работ;
- полнота ответов на вопросы к зачету;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- оценка «*зачтено*» выставляется студенту, если он правильно выполняет задания;
- оценка «*не зачтено*» выставляется студенту, если он не выполняет или допускает грубые ошибки при выполнении большинства заданий.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.