

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

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур
(П.В. Середин)
01.03.2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.01 Прикладные вопросы наукоёмкой нанотехнологии**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика передовых технологий производства изделий микро- и нанозлектроники

3. Квалификация выпускника: Магистр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: _____

физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы:

Голощاپов Дмитрий Леонидович, кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована:

НМС физического факультета ВГУ от 23.03.2023г. протокол №2

8. Учебный год: 2024–2025

Семестр: первый

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

формирование у студентов целостного представления о материалах и методах нанотехнологий, о современных достижениях в области технологий формирования нанобъектов и параметров, влияющих на их свойства и характеристики; перспективах практического использования нанотехнологий, теоретических и технологических пределах уменьшения размеров нанобъектов, знакомство с основными структурно-спектроскопическими методиками контроля технологических параметров изделий наноматериалов с заданными свойствами.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить фундаментальные механизмы образования наноматериалов и наносистем с установлением параметров, влияющих на их характеристики, строение и свойства.
- сформировать знания об основных подходах к синтезу наноматериалов, гетерогенных процессах формирования нанобъектов, методах получения наночастиц из паровой, жидкой и твердой фазы, методах получения упорядоченных наноструктур и методах их модификации (эпитаксиальные методики), конденсация наночастиц в инертной среде; осаждения в условиях плазмы, пучковых методах нанолитографии критериях и возможностей использования наноматериалов.
- изучить методы исследования и контроля нанобъектов и наносистем, рентгеновские методы исследования наноматериалов, методы электронной, сканирующей зондовой и силовой микроскопии, оптической микроскопии ближнего поля, инфракрасной и Рамановской микроспектроскопии.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Прикладные вопросы наукоемкой нанотехнологии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1, Дисциплины Б1_В_01.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций профессиональных стандартов:

40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»

– А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований»;

40.006 Инженер-

технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем

– А/02.7 Контроль параметров технологической операции

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
ПК-2	Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	ПК-2.2	Проводит анализ и определяет причины отклонения параметров	Знать: основные методики анализа параметров и характеристик материалов и уметь определять причины отклонения параметров
				Уметь: Выбирать, обосновывать и реализовывать экспериментально основные методики анализа

				<p>параметров и характеристик материалов для выявления причины отклонения параметров</p> <p>Владеть: практически навыками по методикам экспериментального исследования параметров характеристик материалов уметь определять причины отклонения параметров</p>
ПК-3	Участвует в разработке технологических процессов, их оптимизации и внедряет их в производство	ПК-3.1	<p>Осуществляет поэтапный контроль технологических и электрических параметров изготовления изделия и его тестирования</p>	<p>Знать: средства и методы измерений для контроля технологических параметров изделия на основе наноматериалов и способов его тестирования</p> <p>Уметь: Выбирать средства и методы измерений для контроля технологических параметров изделия на основе наноматериалов и способов его тестирования</p> <p>Владеть: навыками средств и методов измерений для контроля технологических параметров изделия на основе наноматериалов и способов его тестирования</p>
		ПК-3.3	<p>Анализирует полученные результаты и при необходимости корректирует и оптимизирует режимы технологических операций на производстве</p>	<p>Знать: основные методы анализа результатов измерений и связанных с ними параметров материалов и режимов технологических операций для установления оптимизации параметров технологических операций</p> <p>Уметь: использовать на практике основные методы измерений и связанных с ними параметров материалов и режимов технологических операций для установления оптимизации параметров технологических операций</p>

				<p>Владеть:практическиминавы ками анализарезу льтатовизмеренийисвязанны х с нимипараме тровматериаловирежимовте хнологическихоперацийдля становленияоптимизациипар аметров технологическихопераций</p>
--	--	--	--	--

12. Объемдисциплинывзачетныхединицах/час.—4/144.

Форма промежуточной аттестации Экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	Посеместрам
			1 семестр
Аудиторные занятия		74	74
в том числе:	лекции	44	44
	практические	30	30
	лабораторные		
	групповые консультации		
Самостоятельная работа		25	25
Форма промежуточной аттестации – экзамен		45	45
Итого:		144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Физические эффекты в материалах в наноструктурированном состоянии	<p>Физические эффекты в материалах в наноструктурированном состоянии, квантовые эффекты в наноструктурах, особенности физических взаимодействий на наномасштабах, возможности и актуальность применения.</p> <p>Классификация нанообъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры. Структура, свойства и теоретические модели кластеров. Классификация наноструктур: нуль-, одно-, дву- и трехмерные наноструктуры. Основные свойства наноматериалов: роль объема и поверхности в физических свойствах наноразмерных объектов, кулоновское взаимодействие, силы Ван-дер-Ваальса, Особенности электрических и магнитных свойств нанопорошков. Фононный спектр в наночастицах. Теплоемкость и упругие свойства наночастиц.</p>
1.2	Получение и использование неупорядоченных наноструктур	<p>Различные типы наноматериалов (углеродные нанотрубки, фуллерены, графен, аэрографит, аэрогель, нанокристаллы, оксидные наноматериалы,) возможности применения, потребности производства и развитие технологии получения наноматериалов: газофазный, плазменный и лазерный синтез углеродных и оксидных наноматериалов; золь-гель технология. Методы получения нанопорошков конденсацией в вакууме. Влияние температуры конденсации, давления и состава газа в камере на формирование материала в нанокристаллическом состоянии. Оборудование для производства нанопорошков. Методы выделения наночастиц заданного размера. Получение нанопорошков химическим и плазмохимическим осаждением из парогазовой фазы. Методы синтеза и выделения углеродных наноматериалов. Физические свойства нанотрубок. Компактирование нанопорошков. Особенности технологии прессования нанопорошков. Статическое и магнитно-импульсное прессование. Кристаллизация аморфных материалов.</p>
1.3	Получение и использование двумерных упорядоченных наноструктур	<p>Двумерные наноструктуры. Использование в промышленности, наноэлектронике Тонкие пленки: осаждение из газовой фазы, механизмы роста пленок. Физические методы осаждения пленок: молекулярно-лучевая эпитаксия, импульсное лазерное осаждение, распылительное осаждение. квантовые точки, искусственное наноформобразование (нано волокна, наноспираль,</p>

		периодические квантовые твердотельные наноструктуры), пучковые и другие методы нанолитографии. Методы химического осаждения пленок: химическое осаждение из газовой фазы, послойное осаждение, химическое осаждение из растворов.
1.4	Прикладное использование наноматериалов в наукоёмких технологиях	Свойства веществ в нанокристаллическом состоянии. Оптические и электронные свойства наносистем. Наночастицы металлов, плазмонный резонанс. Полупроводниковые наночастицы, Поверхность нанокристаллов, дефекты координации и барьерное ограничение. Фотонные кристаллы: размерность, методы формирования, использование. Магнитные свойства наносистем. Структура ферромагнетиков. Суперпарамагнетизм. Магнитная анизотропия. Магнитные наноматериалы. Механические свойства наносистем. Закон Холла-Петча. Дефекты в наноструктурированных материалах. Упругие свойства. Нанокompозиты, Механические свойства углеродных нанотрубок. Процессы самоорганизации и самосборки в наносистемах. Сверхкластеры. Применение функциональных наноматериалов. Наномеханизмы и наноустройства. Микро- и наноэлектромеханические системы. Наномеханика. Устройства для преобразования энергии: электростатические, магнитные, пьезоэлектрические, тепловые, гидравлические, сенсорные актюаторы, конструкция и особенности.
1.5	Способы анализа и контроля наноматериалов для наукоёмких технологий	Методы сканирующей зондовой и атомно-силовой микроскопии. Методы электронной микроскопии, инфракрасная и Рамановская спектроскопия, рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопия, Дифракционные методы: дифракция электронов, рентгенография
2. Практические занятия		
2.1	Физические эффекты в материалах в наноструктурированном состоянии	Практическое занятие №1. Измерение сорбционных характеристик наноматериалов методами спектроскопии импеданса Практическое занятие №2. Особенности наногетероструктур на основе АЗВ5.
2.2	Получение и использование неупорядоченных наноструктур	Практическое занятие №3. Получение тонких пленок и наноструктур методами химического осаждения из газовой фазы и электрохимическими методами.
2.3	Получение и использование двумерных упорядоченных наноструктур	Практическое занятие №4. Получение тонких пленок и наноструктур магнетронного и термического нанесения металлических и диэлектрических пленок
2.4	Прикладное использование наноматериалов в наукоёмких технологиях	Практическое занятие №5. Исследование эффекта гигантского комбинационного рассеяния с использованием наноструктурированных подложек.
2.5	Способы анализа и контроля наноматериалов для наукоёмких технологий	Практическое занятие №6. Использование метода атомно-силовой микроскопии для контроля морфологической организации и характеристик наноматериалов. Практическое занятие №7. Использование метода атомно-силовой микроскопии для контроля наноматериалов методом Рамановской спектроскопии

13.2. Темы(разделы)дисциплиныивидызанятий

№п/п	Наименование темы(раздела)дисциплины	Видызанятий(количествочасов)						
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповыеконсультации	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Физические эффекты в материалах в наноструктурированном состоянии	8	6			5	9	28
2	Получение и использование неупорядоченных наноструктур	8	6			5	9	28
3	Получение и использование двумерных упорядоченных наноструктур	10	6			5	9	30
4	Прикладное использование наноматериалов в в наукоёмких технологиях	10	6			5	9	30
5	Способы анализа и контроля наноматериалов для наукоёмких технологий	8	6			5	9	28
	Итого:	44	30			25	45	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Прикладные вопросы наукоёмкой нанотехнологии» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; индивидуальные занятия. 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 (работы с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работы с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, чтобы поделанов предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

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 воликзапоминания снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умения самостоятельно поработать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые в время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете и явлениях с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений. Существует несколько общих правил работы на лекции:
 - лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
 - при прослушивании лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции выделить главное от второстепенного;
 - лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
 - так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отразить: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависят понимание главного, новое и неизвестное, не опубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
 - записывать на досжато;
 - во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирования и развития способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выходить из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или лабораторной работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов

ов. В процессе самостоятельной работы развиваются творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать воздействие в выработку и коррекцию данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающихся по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач аудиторией, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задачи ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Прикладные вопросы нанотехнологии» включает в себя:

подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение практических работ, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Прикладные вопросы нанотехнологии» включает в себя:

- изучение теоретической части курса – 44 часа
- подготовку к экзамену – 45 часов
- итого – 70 часов

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Старостин, В. В. Наноматериалы со специальными физическими свойствами: учебное пособие / В. В. Старостин; под общей редакцией Л. Н. Патрикеева. – 2-е изд. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 431 с
2.	Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий : учебное пособие / О. Л. Хасанов, Э. С. Двилис, З. Г. Бикбаева, А. А. Качаев. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 272 с. — ISBN 978-5-00101-716-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/135502
3.	Методы получения и свойства нанообъектов : учебное пособие / Н. И. Минько, В. В. Строкова, И. В. Жерновский, В. М. Нарцев. — 3-е изд., стер. — Москва : ФЛИНТА, 2019. — 165 с. — ISBN 978-5-9765-0326-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/119402
4.	Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный

	практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е.Д. Мишина [и др.]. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 185 с. — ISBN 978-5-93208-545-5. — Текст : электронный //Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/166740
5.	Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы : монография / Р. А. Андриевский. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 255 с. — ISBN 978-5-00101-906-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/151512

б) дополнительная литература:

№ 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. — ISBN 978-5-93208-550-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/176410
2.	Иванов, Н. Б. Нанотехнологии материалов и покрытий : учебное пособие / Н. Б. Иванов, Н. А. Покалюхин. — Казань : КНИТУ, 2019. — 236 с. — ISBN 978-5-7882-2538-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/166186
3.	Звонарев, С. В. Функциональные и конструкционные наноматериалы : учебно-методическое пособие / С. В. Звонарев. — Екатеринбург : УрФУ, 2018. — 132 с. — ISBN 978-5-7996-2474-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/170133
4.	Ковалев, А. Н. Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций : учебник / А. Н. Ковалев, О. И. Рабинович, М. И. Тимошина. — Москва : МИСИС, 2015. — 460 с. — ISBN 978-5-87623-941-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/93630
5.	Рабинович, О. И. Физико-химические основы процессов микро-и нанотехнологий : учебно-методическое пособие / О. И. Рабинович. — Москва : МИСИС, 2015. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/116640
6.	Дзидзигури, Э. Л. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии : учебное пособие / Э. Л. Дзидзигури, Е. Н. Сидорова. — Москва : МИСИС, 2012. — 71 с. — ISBN 978-5-87623-605-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/47445
7.	Панфилов, Ю. В. Наноинженения : учебное пособие : в 17 книгах / Ю. В. Панфилов, К. М. Моисеев, В. П. Михайлов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011 — Книга 3 : Высоковакуумные технологические процессы в наноинженерии — 2011. — 192 с. — ISBN 978-5-7038-3494-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106502
8.	Баранов А.В., Маслов В.Г., Орлова А.О., Федоров А.В. Практическое использование наноструктур - Санкт-Петербург: СПб: НИУ ИТМО, 2014. - 102 с.
9.	Ищенко А.А., Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля / Ищенко А.А., Фетисов Г.В., Асланов Л.А. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 648 с. - ISBN 978-5-9221-1369-4
10.	Наноматериалы и нанотехнологии [Текст] : учебное пособие / В. С. Кирчанов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. образования "Пермский нац. исследовательский политехнический ун-т". - Пермь : Изд-во Пермского нац. исследовательского политехнического ун-та, 2016. - 240 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-398-01617-8 : 100 экз.
11.	Валянский, С. И. Современные методы исследования наноструктур: Метод оптической поверхностно-плазмонной микроскопии : учебно-методическое пособие / С. И. Валянский, Е. К. Наими. — Москва : МИСИС, 2011. — 173 с. — ISBN 978-5-87623-460-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/116478
12.	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : сборник научных трудов / под редакцией У. Жу, Ж. Л. Уанга ; перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина ; художник Н. А. Новак. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 601 с. — ISBN 978-5-00101-142-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/166756

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

№п/п	Ресурс
15.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ

16.	http://www.moodle.vsu.ru
17.	https://e.lanbook.com –ЭБС«Лань»
18.	https://biblioclub.ru –ЭБС«Университетскаябиблиотекаонлайн»
19.	www.iprbookshop.ru –ЭБС«IPRbooks»
20.	https://elibrary.ru –Научнаяэлектроннаябиблиотека

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Ремпель, А. А. Наноматериалы со специальными физическими свойствами : учебное пособие / А. А. Ремпель, А. А. Валева. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 136 с. — ISBN 978-5-7996-1401-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/99097
2.	Смирнов, В. И. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы : учебное пособие / В. И. Смирнов. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — 240 с. — ISBN 978-5-9795-1731-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/165058
3.	Кирчанов, В. С. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие / В. С. Кирчанов. — Пермь : ПНИПУ, 2016. — 241 с. — ISBN 978-5-398-01617-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160880
4.	Векилова, Г. В. Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов : учебно-методическое пособие / Г. В. Векилова, А. Н. Иванов, Ю. Д. Ягодкин. — Москва : МИСИС, 2009. — 145 с. — ISBN 978-5-87623-228-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/116630
5.	Исследование наноструктурированных материалов методом растровой электронной микроскопии : учебно-методическое пособие для вузов : / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : Ю.А. Юраков, А.С. Леньшин, П.В. Середин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014. — 13 с. : ил URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-26.pdf .

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; лабораторные работы, групповые консультации, индивидуальные занятия. По преобладающим методам приема обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ—демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, анализ данных рентгеновской дифракции и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работы сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами, проведение консультаций и посещение лабораторий рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа кафедры физики твердого тела и наноструктур, рентгеновской дифрактометрии ЦКПНОВГУ, рентгеновской дифрактометрии ЦКПНОВГУ для ознакомления с практическими моментами реализации исследований и анализа устройств установок различного функционального назначения, средств и методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур (п.)).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория учебного практикума (ауд 129.) Совместная лаборатория "Электронное строение твердого тела" (лаб. 129):

Лабораторный стенд для получения тонких пленок и наноструктур методами химического осаждения из газовой фазы и электрохимическими методами - 1 шт.;

вакуумная технологическая установка для магнетронного и термического нанесения металлических и диэлектрических пленок - 1 шт.; электропечь ПТК-1,4-40 с контролируемой

атмосферой и автоматизированным управлением для получения материалов с заданными стехиометрией - 1 шт.;

Совместная лаборатория физики наногетероструктур и полупроводниковых материалов (лаб. 28):

Дистиллятор лабораторный АЗ-14 «Я-ФП»-01 – 1 шт.; Центрифуга лабораторная ЦЛн-16 – 1 шт.; Магнитная мешалка с подогревом MagicLAB – US-1500D – 1 шт.; Импедансметр Z-1500J – 1 шт.; Диспергатор роторный – Ika-T18D – 1 шт.; рН-метр/ионометр ИПЛ 111-1 – 1 шт.; Печь Nabertherm-LE – 1 шт.; Печь LIOP-LF – 1 шт.; Ванна ультразвуковая -CT431D2 – 1 шт.; Источник тока GWInstek PSW7 800-2.88 – 1 шт.; Источник тока GWInstek GPR – 30H10D – 1 шт.; Лабораторные стенды для импеданс-спектроскопии - LCR-спектрометр Elins-1500 - 1 шт.; LCR-спектрометр GWInstek LCR-819 - 1 шт.; Рамановский спектрометр РамМикс 532 - 1 шт.; Установка для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла HMS-2000 - 1 шт.; Оптический микроскоп-твердомер ПМТ-3 – 1 шт.; Интерферометр МИИ-4 – 1 шт.

Совместная лаборатория "Электронное строение твердого тела" (лаб. 123):

Набор эталонных неорганических материалов и структур - 1 шт.; Набор эталонных неорганических наноматериалов и наноструктур - 1 шт.; Электропечь трубчатая с контролируемой атмосферой ПТК-1,2-40 с функцией нагрева по траектории - 1 шт.; Набор специализированных установочных площадок для синхротронных исследований - 1 шт.; - Термоконтроллер с функцией нагрева по траектории - 1 шт.;

Лаборатория рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа (к. 26)

Рентгеновский дифрактометр ДРОН – 4-07- 1 шт.;

Лаборатория рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа (к. 21)

Рентгеновский дифрактометр Радан ДР-023- 1 шт.; Спектрометр универсальный рентгеновский «Реном» СУР-01 - 1 шт.; лабораторная установка Leyboldrontgengerat X-rayapparatus 554800 - 1 шт.

Лаборатория спецпрактикумов кафедры ФТТиНС (к.126)

Мультимедийная доска TriumphBord78"MultiTouch – 1 шт.; Лабораторный стенд для исследования эффекта Холла - 1 шт.; Лабораторный стенд для исследования эффекта термо-ЭДС - 1 шт.; Лабораторный стенд для исследования электропроводности полупроводников - 1 шт.; Лабораторный стенд для исследования свойств р-п перехода - 1 шт.; Лабораторный стенд для исследования терморезистора - 1 шт.; Лабораторный стенд для исследования фотодиода - 1 шт.; Лабораторный стенд для исследования туннельного диода - 1 шт.; Лабораторный стенд для исследования фоторезистора - 1 шт.; Спектрофотометр СФ-56А - 1 шт.; Осциллограф цифровой Rohde&SchwarzНМО 3054 - 1 шт.; Осциллограф цифровой Rohde&SchwarzНМО 1002 - 1 шт.;

Лабораторный стенд для исследования вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик гетероструктур - 2 шт.;

Лаборатория сканирующей зондовой наноскопии и нанотехнологий атомно-силовой микроскоп SOLVER P47 PRO

Лаборатория рентгеноструктурных исследований ЦКПНО ВГУ (к.55)

рентгеновский дифрактометрEmpyrean (PANalytical) - 1 шт.;

Лаборатория рентгеновской дифрактометрии ЦКПНО ВГУ (к 53)

Рентгеновский дифрактометрARL X'TRA (ThermoScientific)

Лаборатория электронной микроскопии (к.43)

Просвечивающий электронный микроскоп Libra120 (CarlZeiss)

Лаборатория электронной микроскопии ЦКПНО ВГУ (к.7)

Растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6380LV с микроанализатором OxfordInstruments - 1 шт.;

Лаборатория рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа (лаб. 25)

рентгеновский спектрометр-монохроматор РСМ-500 - 1 шт.;

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

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.	Физические эффекты в материалах в наноструктурированном состоянии	ПК-4	ПК-4.1	Практическая работа 1
2.	Получение и использование неупорядоченных наноструктур Получение и использование двумерных упорядоченных наноструктур	ПК-4	ПК-4.1	Практическая работа 2
		ПК-5	ПК-5.2	
3.	Прикладное использование наноматериалов в наукоёмких технологиях	ПК-4	ПК-4.1	Практическая работа 3
		ПК-5	ПК-5.2	
4.	Физические эффекты в материалах в наноструктурированном состоянии Получение и использование неупорядоченных наноструктур Получение и использование двумерных упорядоченных наноструктур	ПК-4	ПК-4.1	Практическая работа 4,5
		ПК-5	ПК-5.2	
		ПК-5	ПК-5.3	
5.	Прикладное использование наноматериалов в наукоёмких технологиях	ПК-5	ПК-5.2	Практическая работа 6– 8
		ПК-5	ПК-5.3	
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Перечень вопросов

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: коллоквиум, отчеты о выполнении практических работ

Перечень тем практических работ

Практическое занятие №1. Измерение сорбционных характеристик наноматериалов методами спектроскопии импеданса

Практическое занятие №2. Особенности наногетероструктур на основе A3B5.

Практическое занятие №3. Получение тонких пленок и наноструктур методами химического осаждения из газовой фазы и электрохимическими методами.

Практическое занятие №4. Получение тонких пленок и наноструктур магнетронного и термического нанесения металлических и диэлектрических пленок

Практическое занятие №5. Исследование эффекта гигантского комбинационного рассеяния с использованием наноструктурированных подложек.

Практическое занятие №6. Использование метода атомносиловой микроскопии для контроля морфологической организации и характеристик наноматериалов.

Практическое занятие №7. Использование метода атомносиловой микроскопии для контроля наноматериалов методом Рамановской спектроскопии

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о

ходе выполнения лабораторных работ, 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.	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки	—	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Фонд оценочных средств

Примерный перечень заданий части «А»

1. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов?

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

2. Какие методы используются для исследования структуры наноматериалов?

- Туннельный, просвечивающий и сканирующий электронные микроскопы, рентгенодифракционный анализ, атомно-силовая микроскопия и спектроскопические методы различных диапазонов с высокой степенью чувствительности, нейтронные и синхротронные способы
- Оптическая микроскопия и спектроскопия видимого диапазона
- Используются только опосредованные методы анализа по проявляемым наноматериалами свойствам: поглощению излучения выделенного диапазона, сорбции газов, химической растворимости, спекаемости и т.д
- ионизирующее излучение

3. Наночастицы принадлежат одному из измерений:

- от 1 до 1 000 000 нанометров
- от 1 до 100 нанометров
- от 1 до 2 нанометров
- от >100 нанометров

4. Какие типы химической связи характерны для реализации взаимодействий в диапазоне 10-100 нм?

- a) ван-дер-ваальсовы и водородные связи.
- b) ковалентные полярные связи
- c) только водородные связи
- d) ионные связи

5. Что предопределяет то, что кристалл полупроводника становится "квантовой точкой" (критерий)?

- a) соотношение боровского радиуса экситона (квазичастицы, электрон - дырочной пары) и размера частицы (наночастицы)
- b) порог по размеру в 10 нм
- c) соотношение латеральных размеров частицы
- d) отношение поверхности к объёму

6. Почему квантовые точки называют искусственными атомами?

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

7. Помещая тонкий слой полупроводника с узкой запрещённой зоной между двумя слоями

материала с более широкой запрещённой зоной, получают:

- a) квантовую точку;
- b) квантовую яму;
- c) квантовый барьер;
- d) квантовую иглу.

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

- a) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта уменьшается;
- b) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта увеличивается;
- c) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через максимум при 100 нм;
- d) При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через минимум при 100 нм.

9. Что означает относящийся к созданию нанобъектов термин "Bottomup"?

- a) создание наноструктурированного слоя на поверхности объекта;
- b) структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул;
- c) диспергирование, уменьшение размера нанобъектов;
- d) создание наноструктурированного слоя методом сублимации вещества

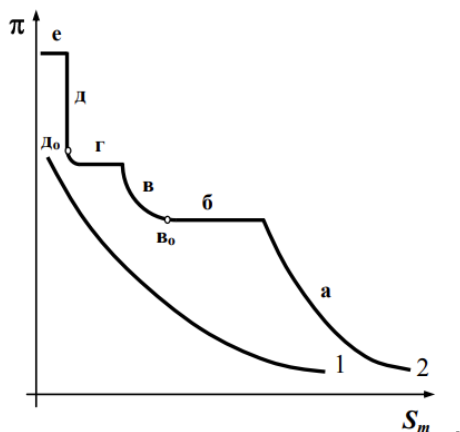
10. Что такое нанотрубки?

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

- c) протяженные структуры из углеродных переплетённых цепей;
- d) металлоорганические витые полимеры

Примерный перечень заданий части «В»

1. Приведите примеры и объясните влияние размерных эффектов на электронную структуру наноматериалов. Изобразите зонную диаграмму в случае 0D, 1D, 2D, 3D материалов
2. Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала – 200 нм, а второго – 40 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз?
3. Дисперсность частиц коллоидного золота равна 108 м^{-1} . Принимая частицы золота в виде кубиков, определите, какую поверхность $S_{\text{общ}}$ они могут покрыть, если их плотно уложить в один слой. Масса коллоидных частиц золота 1 г. Плотность золота равна $19,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
4. Удельная поверхность открытых одностенных углеродных нанотрубок равна $1000 \text{ м}^2/\text{г}$, а плотность составляет $1,3 \text{ г/см}^3$. Считая, что у всего материала отношение объема к поверхности такое же, как и у одной трубки, оцените диаметр нанотрубки, принимая её форму подобной цилиндру. Опишите по какой причине найденное значение больше реального.
5. Просвечивающая электронная микроскопия показывает, что изолированные нанокластеры Pd_n представляют собой сферические частицы со средним диаметром 2,05 нм. Рассчитайте число атомов палладия (N) в кластере. Плотность палладия $\rho = 12,02 \text{ г/см}^3$.
6. Поясните диаграммы состояний идеальных – 1 и реальных – 2 поверхностных плёнок представленных на рисунке



7. На подложке кремния необходимо вырастить нанометровые пленки толщиной до 100 нм, при этом подложки соответствуют 8-му классу чистоты с наличием неоднородностей 1 мкм. Укажите для каких толщин может использоваться указанная подложки и корректно ли использовать её для роста сверхрешёток.
8. Используя данные из приложения, определите по обобщенному правилу Вегарда составы $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ и $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$, которые без напряжений могут быть выращены на подложке InP , зная что. Параметр a , для $\text{InP} = 0.5869 \text{ нм}$, для $\text{GaAs} = 0.5653 \text{ нм}$, для $\text{InAs} = 0.6058 \text{ нм}$, для $\text{AlAs} = 0.5660 \text{ нм}$
9. Запишите для четверных соединений как определяется состав твёрдого раствора по обобщенному правилу Вегарда:

Примерный перечень заданий части «С»

10. Опишите на схему использования гетероструктур на примере резонансного тунельного транзистора с вертикальной компоновкой

11. Схематично опишите устройство микролазера на квантовых структурах – лазеров с поверхностным излучением.

12. Какой критерий используется для классификации элементарных низкоразмерных структур в полупроводниках, ответ поясните с использованием энергетических диаграмм

13. Какой из физических методов исследования даёт информацию о форме рельефа локального участка поверхности наноматериала в случае, когда требуется определить присутствие неоднородностей с размерами 10x10 нм и формы данных неоднородностей.

14. Необходимо исследовать фазовый состав наноматериала материала, какой метод рентгеноструктурного анализа необходимо выбрать. Назовите основные способы получения дифракционной картины в рентгенографии и приведите обоснование выбора метода.

15. Как, используя методы рентгеноструктурного анализа, определить тип твердого раствора нанометровой толщины для эпитаксиальной структуры выращенной на подложке определённого монокристалла?

Перечень вопросов к экзамену

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-, дву- 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. Нанокompозиты, 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.
20. Исследования параметров нанообъектов и наносистем и степени воздействия на них использованного современного функционального и аналитического оборудования: рентгеновские методы исследования наноматериалов,
21. Методы туннельной сканирующей зондовой и атомно-силовой микроскопии.
22. Методы и возможности электронной микроскопии.
23. Спектроскопические методы: радиоспектроскопия, микроволновая спектроскопия, ядерный магнитный и электронный парамагнитный резонанс,
24. оптическая микроскопия ближнего поля, инфракрасная и Рамановская спектроскопия, рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопия
25. Дифракционные методы: дифракция электронов, рентгенография

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – коллоквиум. В приложение вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Прикладные вопросы наукоёмкой нанотехнологии» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Прикладные вопросы наукоёмкой нанотехнологии»:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления курсовых работ и отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по

крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого ка

чества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Прикладные вопросы наукоемкой нанотехнологии» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

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.