

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
физики твердого тела и наноструктур

(Середин П.В.)

31.08.2021

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.01 Технология наноструктур и наноматериалов**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: **03.04.02**

*Физика*

2. Профиль подготовки/специализация:

*Физика наносистем*

3. Квалификация выпускника: *Магистр*

4. Форма образования: *Очная*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

*кафедра физики твердого тела и наноструктур*

6. Составители программы: *Юраков Юрий Алексеевич,*

*доктор физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник*

7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №6 от 17.06.2021*

8. Учебный год: *2021–2022*

**Семестр: 1**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

формирование у обучающихся систематических знаний о фундаментальных принципах, определяющих структуру квантовых низкоразмерных систем, а также о явлениях и процессах в наноструктурах, использующихся в разработках приборов наноэлектроники.

Задачи учебной дисциплины:

- ознакомление с методиками получения наноструктур, способами контроля структурных и электронных свойств наноматериалов;
- изучение физических принципов современной нанотехнологии, физических свойств низкоразмерных электронных систем;
- уяснение важнейших физических процессов и явлений, составляющих фундаментальную основу нанотехнологии;
- знакомство с основными существующими моделями, теориями различных физических явлений, лежащих в основе функционирования наноструктур

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

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»;

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

– С/01.6 «Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур»;

**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-1	Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ПК-1.1	Проводит работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований, выполнению экспериментов	Знать: способы проведения работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований, выполнению экспериментов
				Уметь: проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований, выполнению экспериментов
				Владеть: навыками проведения работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований, выполнению экспериментов

		ПК-1.2	Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	<p>Знать: способы осуществления теоретического обобщения научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</p> <p>Уметь: осуществить теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</p> <p>Владеть: навыками теоретического обобщения научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</p>
ПК-3	Участвует в разработке технологических процессов, их оптимизации и внедряет их в производство	ПК-3.3	Анализирует полученные результаты и при необходимости корректирует и оптимизирует режимы технологических операций на производстве	<p>Знать: методику анализа результатов и при необходимости корректировки и оптимизации режимов технологических операций на производстве</p> <p>Уметь: анализировать полученные результаты и при необходимости корректировать и оптимизировать режимы технологических операций на производстве</p> <p>Владеть: навыками анализа полученных результатов и при необходимости корректировки и оптимизации режимов технологических операций на производстве</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации Экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		3 семестр

Аудиторные занятия		110	110
в том числе:	лекции	44	44
	практические	30	30
	лабораторные		
	групповые консультации		
Самостоятельная работа		34	34
Форма промежуточной аттестации – экзамен			
Итого:		144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Свойства индивидуальных наночастиц	Металлические нанокластеры. Магические числа. Теоретическое моделирование наночастиц. Геометрические структуры. Электронные структуры металлических нанокластеров. Химическая активность. Флуктуации. Магнитные кластеры. Переход от объемных к наносвойствам. Полупроводящие наночастицы: оптические свойства, фотофрагментация, кулоновский взрыв. Кластеры инертных газов. Сверхтекучие кластеры. Молекулярные кластеры. Методы синтеза нанокластеров: ВЧ плазма, химические методы, термолиз, метод импульсного лазера.
1.2	Наноструктуры углерода	Молекулы углерода. Природа углеродной связи. Новые углеродные структуры, углеродные кластеры. Малые углеродные кластеры, фуллерен C <sub>60</sub> . Углеродные нанотрубки: методы получения, структура, электрические свойства, колебательные свойства, механические свойства. Применение углеродных нанотрубок: полевая эмиссия и экранирование, компьютеры, топливные элементы, химические сенсоры, катализ, механическое упрочнение.
1.3	Объемные наноструктурированные материалы	Твердотельные неупорядоченные наноструктуры. Методы синтеза: спинингование, газовая атомизация, гальваническое осаждение. Механизм разрушения материалов, содержащих зерна обычных размеров. Механические свойства. Наноструктурированные многослойные материалы. Электрические свойства наночастиц золота, соединенных молекулами тиола RSH (R - C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> ). Оптические стекла с нанокластерами металлов. Пористый кремний. Наноструктурированные кристаллы. Природные нанокристаллы. Компьютерное предсказание решеток кластеров. Упорядоченные структуры наночастиц в цеолитах. Кристаллы из металлических наночастиц. Упорядоченные решетки наночастиц в коллоидных суспензиях.
1.4		
1.5		
1.6		
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Свойства индивидуальных наночастиц	Металлические нанокластеры. Магические числа. Теоретическое моделирование наночастиц. Геометрические структуры. Электронные структуры металлических нанокластеров. Химическая активность. Флуктуации. Магнитные кластеры. Переход от объемных к наносвойствам. Полупроводящие наночастицы: оптические свойства,

		фотофрагментация, кулоновский взрыв. Кластеры инертных газов. Сверхтекучие кластеры. Молекулярные кластеры. Методы синтеза нанокластеров: ВЧ плазма, химические методы, термолиз, метод импульсного лазера.
2.2	Наноструктуры углерода	Молекулы углерода. Природа углеродной связи. Новые углеродные структуры, углеродные кластеры. Малые углеродные кластеры, фуллерен C <sub>60</sub> . Углеродные нанотрубки: методы получения, структура, электрические свойства, колебательные свойства, механические свойства. Применение углеродных нанотрубок: полевая эмиссия и экранирование, компьютеры, топливные элементы, химические сенсоры, катализ, механическое упрочнение.
2.3	Объемные наноструктурированные материалы	Твердотельные неупорядоченные наноструктуры. Методы синтеза: спинингование, газовая атомизация, гальваническое осаждение. Механизм разрушения материалов, содержащих зерна обычных размеров. Механические свойства. Наноструктурированные многослойные материалы. Электрические свойства наночастиц золота, соединенных молекулами тиола RSH (R - C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> ). Оптические стекла с нанокластерами металлов. Пористый кремний. Наноструктурированные кристаллы. Природные нанокристаллы. Компьютерное предсказание решеток кластеров. Упорядоченные структуры наночастиц в цеолитах. Кристаллы из металлических наночастиц. Упорядоченные решетки наночастиц в коллоидных суспензиях.
2.4		
2.5		
2.6		

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	
1	Свойства индивидуальных наночастиц	16	10			12	38
2	Наноструктуры углерода	12	10			10	32
3	Объемные наноструктурированные материалы	16	10			12	38
4							
5							
	Итого:	44	30			34	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Технология наноструктур и наноматериалов» 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; практическая работа; 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 (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.).

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, что было сделано в 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 воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, 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 во 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 или явлении 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;

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить 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 отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически

взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных работы, 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, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход 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. В процессе самостоятельной работы развивают 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 содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося 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 в аудитории, 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 и 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 задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Технологии наноструктур и наноматериалов» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение практических работ, подготовку к экзамену.

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

изучение теоретической части курса	– 10 часов
подготовку к практическим занятиям	– 10 часов
написание отчетов по лабораторным работам	–
подготовку к экзамену	– 14 часов
итого	– 34 часа

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Садовников С.И. Полупроводниковые наноструктуры сульфидов, свинца, кадмия и серебра / С.И. Садовников, А.И. Гусев, А.А. Ремпель.— М.: Физматлит, 2018 .— 428 с.
2.	Наноматериалы: свойства и перспективные приложения / отв. ред. А.Б. Ярославцев.— Москва: Научный мир, 2014 .— 455 с.
3.	Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Берёзкин. – М.: Физматлит, 2009. – 454 с.
4.	Мартинес – Дуарт Дж. М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес – Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло – Руеда; пер. с англ. под ред. Е. Б. Якимова. – М.: Техносфера, 2007. – 367 с.
5.	Герасименко Н.Н. Кремний – материал наноэлектроники / Н.Н. Герасименко, Ю.Н. Пархоменко. - М.: Техносфера, 2007. – 357 с

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6.	Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. - М.: Техносфера, 2006. – 306 с.
7.	Раков Э. Г. Нанотрубки и фуллерены / Э.Г. Раков. – М.: Логос, 2006. - 374 с.
8.	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – М.: Физматлит, 2005. – 410 с

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

№ п/п	Ресурс
9.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ
10.	<a href="http://www.moodle.vsu.ru">http://www.moodle.vsu.ru</a>
11.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
12.	<a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
13.	<a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> – ЭБС «IPRbooks»
14.	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
15.	Юраков Ю.А. Получение пористого кремния. Учебно-методическое пособие для вузов / Ю.А. Юраков, А.С. Леньшин, П.В. Середин. - Воронеж: ВГУ, 2014. - 14 с
16.	Юраков Ю.А. Исследование наноструктурированных материалов методом растровой электронной микроскопии. Учебно-методическое пособие для вузов / Ю.А. Юраков, А.С. Леньшин, П.В. Середин. - Воронеж: ВГУ, 2014. - 14 с
17.	Юраков Ю.А. Исследование пористого кремния методом инфракрасной спектроскопии. Учебно-методическое пособие для вузов / Ю.А. Юраков, А.С. Леньшин, П.В. Середин. - Воронеж: ВГУ, 2014. - 14 с
18.	Юраков Ю.А. Рентгеновская дифрактометрия нанокристаллов. Учебное пособие для вузов / Ю.А Юраков, С.Ю. Турищев, О.А. Чувенкова, С.А. Ивков, В.В. Логачёв. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. - 59 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 работы, 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 (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 для проведения занятий лекционного типа (к.21). Стационарный мультимедийный проектор Acer X125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт.

Аудитория для самостоятельной работы студентов (к.146). Сервер на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт., подключенные к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ.

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	Свойства индивидуальных наночастиц	ПК-1	ПК-1.1	Опрос. Отчет о практической работе
			ПК-1.2	
2	Наноструктуры углерода	ПК-1	ПК-1.1	Опрос. Отчет о практической работе
			ПК-1.2	
3	Объемные наноструктурированные материалы	ПК-3	ПК-3.3	Опрос. Отчет о практической работе
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: устный опрос, отчеты о выполнении практических работ.

### Перечень тем лабораторных работ

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения практических 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, применять теоретические знания для выполнения практических работ	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении практических работ	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять практические работы	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических работ	–	<i>Неудовлетворительно</i>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к экзамену

1. Металлические нанокластеры. Магические числа.
2. Теоретическое моделирование наночастиц. Геометрические структуры.
3. Электронные структуры металлических нанокластеров. Химическая активность.
4. Флуктуации.
5. Магнитные кластеры.
6. Переход от объемных к наносвойствам.
7. Полупроводящие наночастицы: оптические свойства
8. Полупроводящие наночастицы: фотофрагментация, кулоновский взрыв.
9. Кластеры инертных газов.
10. Сверхтекучие кластеры.
11. Молекулярные кластеры.

12. Методы синтеза нанокластеров: ВЧ плазма, химические методы, термолиз, метод импульсного лазера.
13. Молекулы углерода. Природа углеродной связи.
14. Новые углеродные структуры, углеродные кластеры.
15. Малые углеродные кластеры, фуллерен C<sub>60</sub>.
16. Углеродные нанотрубки: методы получения, структура, электрические свойства.
17. Углеродные нанотрубки: колебательные свойства, механические свойства.
18. Применение углеродных нанотрубок: полевая эмиссия и экранирование, компьютеры.
19. Применение углеродных нанотрубок: топливные элементы, химические сенсоры, катализ, механическое упрочнение.
20. Твердотельные неупорядоченные наноструктуры. Методы синтеза: компактирование, спиннингование, газовая атомизация, гальваническое осаждение.
21. Механизм разрушения материалов, содержащих зерна обычных размеров. Механические свойства.
22. Наноструктурированные многослойные материалы.
23. Электрические свойства наночастиц золота, седиментных молекулами тиола RSH (R – C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>).
24. Металлические нанокластеры в оптических стеклах.
25. Пористый кремний.
26. Наноструктурированные кристаллы. Природные нанокристаллы. Компьютерное предсказание решеток кластеров.
27. Упорядоченные структуры наночастиц в цеолитах.
28. Кристаллы из металлических наночастиц.
29. Упорядоченные решетки наночастиц в коллоидных суспензиях.

### Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

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

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

Критерии оценки освоения дисциплины «Технология наноструктур и наноматериалов»:

– 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 отчетов по практическим 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 качества работы при выполнении работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Технология наноструктур и наноматериалов» 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.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление: 03.04.02 Физика  
*шифр и наименование направления/специальности*

Дисциплина: Б1.В.01 Технология наноструктур и наноматериалов  
*код и наименование дисциплины*

Профиль подготовки: Физика наносистем  
*в соответствии с Учебным планом*

Форма обучения: Очная

Учебный год: 2021-2022

Ответственный исполнитель -

Зав.кафедрой ФТТиНС \_\_\_\_\_ (П.В. Середин) 31.08.2021  
*должность, подразделение* *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:

Профессор каф. ФТТиНС \_\_\_\_\_ (Ю.А. Юраков) 31.08.2021  
*должность, подразделение* *подпись* *расшифровка подписи*

\_\_\_\_\_ *подпись* \_\_\_\_\_ *расшифровка подписи* \_\_\_\_\_.\_\_ 20\_\_

СОГЛАСОВАНО:

Куратор ООП ВО  
направления 03.04.02 \_\_\_\_\_ (Д.Е. Любашевский) 31.08.2021  
*подпись* *расшифровка подписи*

Зав. отделом  
обслуживания ЗНБ \_\_\_\_\_ (Н.В. Белодедова) 31.08.2021  
*подпись* *расшифровка подписи*

Рекомендована НМС физического факультета, протокол № 6 от 17.06.2021  
*(наименование факультета, структурного подразделения)*