

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.)  
28.08.2020

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.04 Дизайн, синтез и применение наноматериалов**

**1. Код и наименование направления подготовки:**

**03.03.02 Физика**

**2. Профиль подготовки: Физика наноматериалов и новых медицинских технологий**

**3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр**

**4. Форма обучения: Очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физики твердого тела и наноструктур**

**6. Составители программы: доцент Манякин Максим Дмитриевич, к.ф.-м.н., преподаватель Буйлов Никита Сергеевич, к.ф.-м.н., ведущий электроник Ивков Сергей Александрович, к.ф.-м.н.**

**7. Рекомендована:**

НМС Физического факультета ВГУ протокол № 6 от 26.06.2020 г.

**8. Учебный год: 2022-2023**

**Семестр(ы): 5**

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель дисциплины – формирование базовых знаний в области материаловедения и наноструктур.

Задачи дисциплины:

- Изучение основных физических явлений и понятий в области физики наноматериалов;
- Изучение основных методов синтеза наноматериалов;
- Изучение областей применения наноматериалов.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина “Дизайн, синтез и применение наноматериалов” является дисциплиной профессионального цикла и относится к вариативной части блока Б1.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-4	Способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Классификацию наноматериалов по типу размерности, пространственному упорядочению, методам получения;</li> <li>- Особенности физических свойств, проявляемых наноматериалами;</li> <li>- Физические основы методов синтеза наноматериалов;</li> <li>- Основные области применения наноматериалов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать научно-техническую литературу по теме дисциплины</li> <li>- планировать проведение синтеза наноматериалов</li> <li>- интерпретировать результаты экспериментальных исследований наноматериалов</li> <li>- определять пригодность наноматериалов для практического применения</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Навыками применения теоретических знаний для дизайна и синтеза наноматериалов</li> </ul>

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

**Форма промежуточной аттестации зачет**

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		5 семестр
Аудиторные занятия		
в том числе: лекции	18	18
практические		
лабораторные	36	36
Самостоятельная работа	90	90
Форма промежуточной аттестации	Зачет	Зачет
Итого:	144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1	Классификация наноматериалов	Классификация наноматериалов по их размерным, проводящим, оптическим, магнитным характеристикам.
2	Электронное строение наноматериалов	Эффект размерного квантования. Статистика Ферми-Дирака. Плотность электронных состояний для систем пониженной размерности.
3	Углеродные наноструктуры	Ковалентная химическая связь. Кристаллическая решетка алмаза. Наноструктуры на основе углерода: графен, нанотрубки, фуллерены.
4	Нanomатериалы на основе кремния	Проводимость кремния. Легирование. Пористый кремний. Нанокристаллы кремния. Области применения кремния.
5	Методы синтеза наноматериалов	Магнетронное распыление. Осаждение из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
6	Нанoeлектроника	Полупроводниковые приборы. Транзистор. Интегральная схема. Фотолитография. Нанометровый техпроцесс.
7	Биологические наноструктуры	Белки. ДНК. Металлопротеины.
<b>2. Лабораторные работы</b>		
1	Нanomатериалы на основе кремния	Лабораторная работа 1. Дизайн диода металл-полупроводник, подбор материалов. Лабораторная работа 3. Проверка работоспособности и контроль качества диода металл-полупроводник.
2	Биологические наноструктуры	Лабораторная работа 4. Расчет параметров роста гидроксиапатита. Лабораторная работа 6. Контроль качества и структуры гидроксиапатита.
3	Методы синтеза наноматериалов	Лабораторная работа 2. Синтез диода металл-полупроводник методом термического напыления. Лабораторная работа 5. Получение гидроксиапатита методом жидкофазного осаждения.

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Сам. работа	Всего
1	Классификация наноматериалов	2			10	12
2	Электронное строение наноматериалов	3			10	13
3	Углеродные наноструктуры	2			10	12
4	Нanomатериалы на основе кремния	2		12	15	29
5	Методы синтеза наноматериалов	3			15	18
6	Нанoeлектроника	3		12	15	30
7	Биологические наноструктуры	3		12	15	30
	Итого:	18	0	36	90	144

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

Изучение дисциплины «Дизайн, синтез и применение наноматериалов» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки. 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 практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа студента 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 студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов 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 студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались учащиеся 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 студентом 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 студента 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).

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии (по образовательным формам): лекции и 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-бакалавров. 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, подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа студента-бакалавра при изучении дисциплины «Дизайн, синтез и применение наноматериалов» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение курсовой работы, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к итоговой аттестации.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. // М.: Техносфера, 2004. – 328 с.
2	Нанoeлектроника: теория и практика / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, А.Л. Данилюк, Е.А. Уткина // М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 366 с.
3	Наноматериалы и нанотехнологии / В.С. Кирчанов // Пермь. Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2016. – 193 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие / А. А. Ремпель, А. А. Валеева. // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 136 с.
5	Физические основы нанотехнологий и наноматериалы: учебное пособие / В. И. Смирнов. // Ульяновск: УлГТУ, 2017. - 240 с.
6	Бионанотехнология. Принципы и применение: учеб. пособие / А.Н. Огурцов. // Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – 480 с.

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

№ п/п	Ресурс
7	Интернет-ресурс Nanotechnology News Network <a href="https://www.nanonewsnet.ru/">https://www.nanonewsnet.ru/</a>
8	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
9	НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
10	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
11	Научный журнал «Физика твердого тела» <a href="https://journals.ioffe.ru/journals/1">https://journals.ioffe.ru/journals/1</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Рентгеновская дифрактометрия нанокристаллов / Ю.А. Юраков, С. Ю. Турищев, О. А. Чувенкова, С.А. Ивков, В.В. Логачев // Учебное пособие. Воронежский государственный университет. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019, - 59 с. ISBN 978-5-9273-2913-7
2	Спектроскопия рентгеновского поглощения наноструктурированных материалов Часть 1 / С. Ю. Турищев, В. А. Терехов, О. А. Чувенкова, Э. П. Домашевская // Учебное пособие для вузов. Воронежский государственный университет. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015, - С.42. ISBN 978-5-9273-2268-8

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные занятия; 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, проведение измерений 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.).

№ п/п	Источник
1	Интернет-ресурс Nanotechnology News Network <a href="https://www.nanonewsnet.ru/">https://www.nanonewsnet.ru/</a>
2	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
3	НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- Для проведения компьютерных лекционных демонстраций, показа рисунков и графиков используется персональный компьютер, мультимедийный проектор и экран.
- Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

### 19. Фонд оценочных средств:

#### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-4	Знать:	Классификация наноматериалов, Электронное строение наноматериалов, Углеродные наноструктуры, Наноматериалы на основе кремния, Методы синтеза наноматериалов, Нанoeлектроника, Биологические наноструктуры	Устный опрос
	- Классификацию наноматериалов по типу размерности, пространственному упорядочению, методам получения;		
	- Особенности физических свойств, проявляемых наноматериалами;		
	Уметь:	Классификация наноматериалов, Электронное строение наноматериалов, Углеродные наноструктуры, Наноматериалы на основе кремния, Методы синтеза наноматериалов, Нанoeлектроника, Биологические наноструктуры	Устный опрос
- анализировать научно-техническую литературу по теме дисциплины			
- планировать проведение синтеза наноматериалов			
	Владеть:	Классификация наноматериалов, Электронное строение наноматериалов, Углеродные наноструктуры, Наноматериалы на основе кремния, Методы синтеза наноматериалов, Нанoeлектроника, Биологические наноструктуры	Устный опрос
- навыками применения теоретических знаний для дизайна и синтеза наноматериалов			
Промежуточная аттестация, форма контроля – зачет			КИМ

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретические основы дисциплины);
- 2) Умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) полнение лабораторных работ.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-балльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания	Шкала оценок
Основной материал усвоен, в ответе прослеживается логическая последовательность между отдельными частями усвоенного материала, однако возможно наличие пробелов в отдельных разделах, неточности некоторых формулировок и определений.	<i>Зачтено</i>
Во всех остальных случаях.	<i>Не зачтено</i>

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Дизайн, синтез и применение наноматериалов» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой не зачтено.

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.

## 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Классификация наноматериалов по их размерным, проводящим, оптическим, магнитным характеристикам.
2. Эффект размерного квантования. Статистика Ферми-Дирака. Плотность электронных состояний для систем пониженной размерности.
3. Ковалентная химическая связь. Кристаллическая решетка алмаза. Нооструктуры на основе углерода: графен, нанотрубки, фуллерены.
4. Проводимость кремния. Легирование. Пористый кремний. Нанокристаллы кремния. Области применения кремния.
5. Метод магнетронного распыления.
6. Метод осаждения из газовой фазы.
7. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии.
8. Физические принципы работы полупроводниковых приборов. P-n переход. Транзистор.
9. Интегральная схема. Фотолитография. Нанометровый техпроцесс.
10. Белки. ДНК. Металлопротеины.

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (доклады); Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление: 03.03.02 Физика  
*шифр и наименование направления/специальности*

Дисциплина Б1.В.04 Дизайн, синтез и применение наноматериалов  
*код и наименование дисциплины*

Профиль подготовки: Физика твердого тела и наноструктур  
*в соответствии с Учебным планом*

Форма обучения: очная

Учебный год: 2022-2023

Ответственный исполнитель -

Зав.кафедрой ФТТиНС \_\_\_\_\_ (П.В. Середин) **31.08.2019**  
*должность, подразделение* *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:

Доцент каф. ФТТиНС \_\_\_\_\_ (М.Д. Манякин) **31.08.2019**  
*должность, подразделение* *подпись* *расшифровка подписи*

Преподаватель каф. ФТТиНС \_\_\_\_\_ (Н.С. Буйлов) **31.08.2019**  
*должность, подразделение* *подпись* *расшифровка подписи*

Веущий электроник каф. ФТТиНС \_\_\_\_\_ (С.А. Ивков) \_\_\_\_ 20 \_\_\_\_  
*должность, подразделение* *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:

Куратор ООП ВО  
направления 03.03.02 \_\_\_\_\_ (Г.В. Быкадорова) **31.08.2019**  
*подпись* *расшифровка подписи*

Зав.отделом  
обслуживания ЗНБ \_\_\_\_\_ (Н.В. Белодедова) **31.08.2019**  
*подпись* *расшифровка подписи*

Рекомендована НМС физического факультета, протокол № 6 от 26.06.2019  
*(наименование факультета, структурного подразделения)*