


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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
ядерной физики

 / Кадменский С. Г./  
30.06.2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ДВ.08.02 Нанотехнологии**

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

14.03.02 Ядерные физика и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Физика атомного ядра и частиц

**3. Квалификация выпускника: бакалавр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра ядерной физики

**6. Составители программы:**

к.ф.м.н., доц. Гитлин Валерий Рафаилович

**7. Рекомендована:**

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 24.06.2021,  
РП продлена на 2022-2023 учебный год, НМС физического факультета от 14.06.2022,  
протокол №6.

**8. Учебный год: 2023/2024**

**Семестр(ы): 5**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- формирование у студентов системы представлений о современном состоянии нанотехнологий; об основных технологиях, используемых в настоящее время и перспективных для получения наноразмерных объектов, а также о перспективах их использования в различных областях человеческой деятельности.

*Задачи учебной дисциплины:*

- дать представление о связи курса с другими дисциплинами, о его месте среди других дисциплин для данного направления подготовки; иметь представление о возможностях нанотехнологий на современном этапе развития и об их перспективах в будущем;

- изучение основных понятий и определений предмета, сущности и возможности основных методов исследования, применяющихся при изучении наносистем, основных методов и подходов, использующихся в современных технологиях получения наноразмерных систем.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1.В.ДВ. (Дисциплины по выбору).

## 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-3	Готов к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов.	ПК-3.1	Знает методы экспериментально о исследования физических процессов, создания экспериментальных установок.	Знать: современное технологическое оборудование. Уметь: обращаться с современным технологическим оборудованием. Владеть: методами контроля за соблюдением технологической дисциплины и работы технологического оборудования.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час —2/72.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		5 семестр
Аудиторные занятия	16	16
в том числе:	лекции	16

	практические		
	лабораторные		
Самостоятельная работа	56		56
в том числе: курсовая работа (проект)			
Контроль			
Форма промежуточной аттестации	Зачет		Зачет
Итого:	72		72

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основные понятия нанотехнологии	Основные понятия дисциплины, нанотехнологии, наноматериалы. История становления и развития нанотехнологии. Создание объектов по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Эффекты нанометрового масштаба	-
1.2	Обзор методов исследования и диагностики нанобъектов и наносистем	Общая классификация методов исследования применительно к наносистемам. Аналитические методы и способы визуализации. Методы микроскопии. Оптическая микроскопия для исследования нанобъектов. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля. Конфокальная микроскопия. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия (РЭМ). Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Сканирующие зондовые методы. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ), туннельный эффект. Атомно-силовая микроскопия (АСМ). Другие сканирующие зондовые методы - микроскопия латеральных сил, магнитно-силовая микроскопия, микроскопия электростатических сил, сканирующая термомикроскопия. Спектроскопические методы в приложении к исследованию наносистем.	-
1.3	Основы нанотехнологий	Классификация методов. Сложившиеся и перспективные технологии. Процессы «сверху вниз» для получения наносистем: измельчение, литография, механическая обработка, их особенности в применении к наноразмерным объектам. Процессы «снизу вверх». Методы осаждения из газовой фазы (физическое и химическое осаждение из газовой фазы ФОГФ и ХОГФ). Плазменное осаждение – тлеющий разряд постоянного тока. Магнетронное распыление в создании наноразмерных сверхпроводниковых структур. Вакуумная дуговая наплавка. Молекулярно-лучевая эпитаксия, металлорганическая газофазная эпитаксия. Эпитаксиальное выращивание квантовых ям. Выращивание на краю скола. Жидкофазные методики. Получение коллоидных квантовых точек. Методы золь-гель. Электроосаждение. Методы шаблонного роста наноматериалов: получение золь-гель методом кремниевых	-

		<p>нанотрубок; кристаллические цеолиты как реакторы для получения наночастиц; рост в самособирающихся мембранах.</p> <p>Упорядочение наносистем. Самосборка и самоорганизация (геометрическая самосборка, шаблонная самоорганизация, самособирающиеся слои, самоорганизованный рост квантовых точек, полупроводниковые островковые структуры, монослои).</p> <p>Зондовые нанотехнологии.</p>	
1.4	Перспективы использования нанотехнологий	<p><i>В промышленности</i> - создание новых типов двигателей. Создание новых конструкционных материалов (сверхлегких и сверхпрочных, а также «умных»). Магнитные материалы. Катализаторы.</p> <p><i>В информатике</i> - повышение производительности систем передачи, обработки и хранения информации. Оптические запоминающие устройства на основе квантовых точек. Создание устройств с приближением возможностей к свойствам объектов живой природы с элементами интеллекта.</p> <p><i>В электронике и оптоэлектронике</i> - наноразмерные сверхпроводниковые структуры. Электронные элементы на основе высокотемпературных сверхпроводников: датчики магнитного поля, ИК-излучения болометрического типа. Наноразмерные устройства на основе УНТ: диоды, полевой транзистор, холодные катоды.</p> <p>Полупроводящие наноструктуры: инжекционные лазеры, квантовые каскадные лазеры, биологические метки. Влияние нанотехнологий на традиционную электронику. Оптические наноразмерные устройства. Светоперестраиваемые диоды. Лазерные устройства с регулируемой длиной волны за счёт размера нанокластера (квантовые точки). Нанокластеры InGaAs в матрице GaAs.</p> <p><i>В энергетике</i> – повышение эффективности существующего оборудования. Проблемы альтернативной энергетики: топливные элементы, материалы для адсорбции и хранения водорода; солнечные элементы.</p> <p><i>В медицине и биологии</i> - высокоэффективные нанопрепаративные формы и адресные способы доставки лекарственных средств. Проблемы борьбы с раковыми заболеваниями. Создание биосовместимых материалов и искусственных органов. Макро-, микро- и нанотехнологии миокарда. Биочипы. Биомедицинские наносенсоры и бионаносенсоры. Внутрисосудистые нано- и микророботы. Биомиметические нанотехнологии. ДНК как строительный материал нанотехнологий.</p> <p><i>В экологии</i> - фильтры и мембраны на основе наноматериалов для очистки воды и воздуха. Опреснение воды. Биодатчики для точного мониторинга окружающей среды.</p> <p><i>В сельском хозяйстве</i> - создание препаратов для повышения урожайности и питательной ценности с/х культур. Развитие методов генетической модификации для создания более устойчивых к сорнякам и вредителям сортов растений</p> <p>Наноматериалы в косметической промышленности</p>	-
1.5	Нанотехнологии и человеческое общество	Социальные последствия внедрения нанотехнологий. Изменения в системе образования и подготовки научных кадров. Коммерциализация	-

		нанотехнологических исследований. Развитие нанотехнологий в мировом масштабе. Вопросы безопасности наносистем.	
--	--	--	--

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Основные понятия нанотехнологии	3			11		14
2	Обзор методов исследования и диагностики нанобъектов и наносистем	3			11		14
3	Основы нанотехнологий	3			11		14
4	Перспективы использования нанотехнологий	3			11		14
5	Нанотехнологии и человеческое общество	4			12		16
	Итого:	16			56		72

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

Изложение материала преподавателем необходимо вести в форме, доступной для понимания. Для улучшения усвоения учебного материала необходимо применять традиционные и современные технические средства обучения. Для самостоятельного изучения отведено время на все разделы курса.

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса, не стесняться задавать преподавателю вопросы для углубленного понимания конкретных проблем курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Мартин-Пальма Р. Нанотехнологии. Ударный вводный курс : (учебное пособие) / Р. Мартин-Пальма, А. Лахтакия ; пер. с англ. Е.Г. Заболоцкой : пер. А.В. Заболоцкого. - Долгопрудный: Издательский дом Интеллект. 2014. - 206 с.
2	Фахльман Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Фахльман; пер. с англ. Д. О. Чаркина и В. В. Уточниковой : под ред. Ю. Д. Третьякова и Е. А. Гудилина. — Долгопрудный : Интеллект. 2011.-463 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Лич Р. Инженерные основы измерений нанометровой точности: [учебное пособие]/Р. Лич, пер. с англ. А. В. Заболоцкого. -Долгопрудный. Интеллект. 2012. - 399 с.
4	Рамбиди Н. Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры / Н. Г. Рамбиди. - Москва : Физматлит. 2007. - 255 с.
5	Нанотехнологии в электронике /под ред. Ю. А. Чаплыгина. - Москва : Техносфера. 2005. - 446
6	Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. — Изд. 2-е.,

	испр. — М. : Физматлит, 2007. — 414 с.
7	Суздаев И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздаев. — М. : КомКнига, 2006. — 589 с.
8	Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография / под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана ; пер. с англ. А.Д. Калашникова. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 527 с.
9	Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А.В. Хачояна под ред. Л.Н. Патрикеева. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. — 134 с.
10	Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер ; пер. с англ. А. Хачояна. — М. : Техносфера, 2008. — 349 с.
11	Фахльман Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Фахльман ; пер. с англ. Д.О. Чаркина и В.В. Уточниковой ; под ред. Ю.Д. Третьякова и Е.А. Гудилина. — Долгопрудный : Интеллект, 2011. — 463 с.
12	Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В. Неволин. .— М. : Техносфера, 2005. — 147 с.
13	Рыков С.А. Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур : Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направлению "Техн. физика" / С.А. Рыков; Под ред. В.И.Ильина и А.Я.Шика. — СПб.: Наука, 2001. — 52 с.
14	Наноматериалы: синтез нанокристаллических порошков и получение компактных нанокристаллических материалов: учебное пособие для вузов / И.Я. Миттова, Е.В. Томина, С.С. Лаврушина; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж : ЛОП ВГУ, 2007. — 35 с.

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

№ п/п	Ресурс
	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Электронный университет ВГУ

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

№ п/п	Источник
1	Пул Ч.П. Нанотехнологии : учеб. пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Нанотехнологии" / Ч. Пул, Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина; доп. В. В. Лучинина. — 2-е изд., доп. — М. : Техносфера, 2006. — 334 с.
2	Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси: пер. с яп. А. В. Хачояна под ред. Л.Н. Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2005. - 134 с.

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

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- компьютерные технологии при проведении занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
- специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при

реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации          Специализированная мебель, ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Aplo-T          Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.          LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a>)          Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses</a>)</p>	<p>г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 224</p>
<p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования          Ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Aplo-T</p>	<p>г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 31</p>
<p>Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы          Специализированная мебель, компьютеры (системные блоки Intel Pentium-IV, мониторы LG FLATRON L17428-8F) (30 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета          Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.          LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a>)          Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses</a>)</p>	<p>г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 40/5</p>

### 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.	Основные понятия нанотехнологии	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос, собеседование по билетам к зачету
2.	Обзор методов исследования и диагностики нанобъектов и наносистем			
3.	Основы нанотехнологий			
4.	Перспективы использования нанотехнологий			
5.	Нанотехнологии и человеческое общество			
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Пункт 20.2.1 Вопросы к зачету

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Устный опрос

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

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Повышенный уровень</i>	Отлично
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Базовый уровень</i>	Хорошо
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	<i>Пороговый уровень</i>	Удовлетворительно
Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Неудовлетворительно

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

#### 20.2.1. Перечень вопросов к зачету:

1. Понятие нанотехнологий. Научные основы и объекты нанонауки и нанотехнологии
2. Создание наноразмерных объектов по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх»
3. Общая классификация методов исследования применительно к наносистемам
4. Оптическая микроскопия для исследования нанообъектов
5. Сканирующие зондовые методы, принципы работы и области применения
6. Туннельный эффект. Сканирующая туннельная микроскопия
7. Атомно-силовая микроскопия, принцип работы и возможности применения
8. Микроскопия латеральных сил, магнитно-силовая микроскопия и сканирующая термомикроскопия - основные принципы и возможности применения
9. Литография. Виды и основные принципы метода



10. Измельчение, литография, механическая обработка: особенности в применении для синтеза наноразмерных объектов
11. Сфокусированные ионные пучки и высокоинтенсивные лазеры в формировании трёхмерных структур
12. PVD-процесс, его основные этапы. Технологии PVD-процессов
13. Методы осаждения из газовой фазы (физическое и химическое осаждение из газовой фазы)
14. Методы плазменного осаждения -тлеющий разряд постоянного тока и магнетронное распыление
15. Молекулярно-лучевая эпитаксия: принципы метода и возможности
16. Металлорганическая газофазная эпитаксия
17. Методы шаблонного роста наноматериалов
18. Зондовые нанотехнологии: примеры и возможности
19. Жидкофазные методики. Получение коллоидных квантовых точек. Золь-гель технология
20. Упорядочение наносистем. Самосборка и самоорганизация
21. Перспективы использования нанотехнологии в электронике и оптоэлектронике  
Нанотехнологии в электронике: устройства на основе углеродных нанотрубок (диоды, полевой транзистор, холодные катоды)
22. Перспективы использования нанотехнологии в промышленности
23. Перспективы использования нанотехнологии в энергетике
24. Перспективы использования нанотехнологии в медицине и биологии
25. Безопасность наносистем
26. Социальные последствия внедрения нанотехнологии. Развитие нанотехнологии в мировом масштабе.

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

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Повышенный уровень</i>	Отлично
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Базовый уровень</i>	Хорошо

Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	<i>Пороговый уровень</i>	Удовлетворительно
Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Неудовлетворительно