

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



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

физики полупроводников и микроэлектроники

факультет

*(Е.Н.Бормонтов)*

31.08.2024

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ФТД.В.01 Бионанозлектроника

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

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

**2. Профиль подготовки / специализации / магистерская программа:**

Интегральная электроника и наноэлектроника

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

**4. Форма обучения:** очная (дневная)

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

физики полупроводников и микроэлектроники

**6. Составители программы:** Быкадорова Г.В.

*ФИО*

*К.т.н.*

*доцент*

*ученая степень*

*ученое звание*

*физический*

*e-mail*

*факультет*

*физики полупроводников и микроэлектроники*

*кафедра*

**7. Рекомендована:** НМС физического факультета ВГУ, протокол №6 от 26.06.2024

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр(-ы):** 2

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** овладение теоретическими знаниями о материалах биомолекулярной электроники, действующих устройствах биомолекулярной электроники и перспективах развития биомолекулярной электроники

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Спецкурс относится к факультативным дисциплинам блока ФТД «Факультативы». Дисциплина формирует у студентов знания и умения, полезные при написании выпускных квалификационных работ. Дисциплина расширяет знания, полученные при изучении дисциплины Б1.В.ДВ.02.01 «Введение в интегральную электронику и наноэлектронику».

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

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-1	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-1.1	Проводит сравнительный анализ существующих способов реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков и на его основе разрабатывает общую архитектуру проектируемых СФ-блоков	<p><i>Знать:</i> - материалы биомолекулярной электроники и перспективы развития биомолекулярной электроники;</p> <p><i>Уметь:</i> ориентироваться в действующих устройствах биомолекулярной электроники.</p> <p><i>Владеть:</i> теоретическими знаниями и сведениями о материалах биомолекулярной электроники.</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72.**

**Форма отчетности - зачет**

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам 2 сем.
Аудиторные занятия	34	34
в том числе: лекции	34	34
самостоятельная работа	38	38
Итого:	72	72
форма промежуточной аттестации	зачет	зачет

**13.1. Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Введение	Обзор бионаноматериалов. Реализованные на практике устройства биомолекулярной электроники. Обзор перспективных направлений биомолекулярной электроники.
2	Понятие самоорганизации	Примеры самоорганизующихся систем. Реакция Белоусова-Жаботинского. Консервативные и диссипативные системы. Нелинейность и обратные связи. Бифуркации. Реакционно-диффузионный процессор.
3	Молекулярная электроника	Молекулярные материалы. Межмолекулярное взаимодействие. Электрические и оптические свойства молекулярных материалов.
4	Биосенсоры	Распознающие элементы сенсоров. Трансдюсеры. Характеристики сенсоров. Потенциометрические, амперометрические, кондуктометрические биосенсоры. Сенсоры на основе вирусов.
5	ДНК-технология	Структура полинуклеотидной цепи. Способность ДНК к самосборке. Варианты пространственной структуры ДНК, отличные от двойной спирали структуры: триплексы, квадруплексы. Материалы на основе ДНК. Применение ДНК-оригами для литографии. ДНК-электроника. Проводимость ДНК. Вычисления на основе ДНК.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)		
		Лекции	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение	4	4	8
2	Понятие самоорганизации	6	8	14
3	Молекулярная электроника	8	10	18
4	Биосенсоры	8	8	16
5	ДНК-технология	8	8	16
Итого:		34	38	72

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

Изучение дисциплины «Бионанoeлектроника» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. 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.

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, выполнением лабораторных работ, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. 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. 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.

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).

Самостоятельная работа студента при изучении «Бионанoeлектроника» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 20 часов
подготовку к зачету	- 18 часов
итого - 38 часов	

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

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
	Наквасина, М. А. Бионанотехнологии: достижения, проблемы, перспективы развития : учебное пособие / М. А. Наквасина, В. Г. Артюхов ; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. – 152 с. : схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=441596">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=441596</a> – Текст : электронный.
1	Гриднев С.А. Нелинейные явления в нано и микрогетерогенных системах / С.А. Гриднев ; Калинин Ю. Е. ; Ситников А. В. ; Стогней О. В. — Эл. изд. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 .— 358 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
2	Рыжонков Д.И. Наноматериалы / Д.И. Рыжонков ; Лёвина В. В. ; Дзидзигури Э. Л. — 3-е изд. (эл.) .— Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 .— 369 с // Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
3	Нанотехнологии и специальные материалы .— Санкт-Петербург : Химиздат, 2009 .— 336 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
	Основы нанобиотехнологии. Фундаментальные основы нанобиотехнологий : учебное пособие / авт.-сост. Е. В. Будкевич, Р. О. Будкевич ; Се-веро-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016. – 160 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL:

	<a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=459189">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=459189</a> – Текст : электронный.
--	--

## б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Основы нанобиотехнологии. Фундаментальные основы нанобиотехнологий : учебное пособие / авт.-сост. Е. В. Будкевич, Р. О. Будкевич ; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016. – 160 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=459189">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=459189</a> – Библиогр.: с. 153-155. – Текст : электронный.
5	Нанотехнологии: химические, физические, биологические и экологические аспекты / М. Н. Тимофеева, В. Н. Панченко, В. В. Ларичкин [и др.] ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 283 с. : ил., табл. – (Монографии НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575246">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575246</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3863-3. – Текст : электронный.
6	Рамбиди , Николай Георгиевич. Структура и свойства наноразмерных образований. Реалии современной нанотехнологии : учебное пособие / Н.Г. Рамбиди .— Долгопрудный : Интеллект, 2011 .— 375 с. [8]
7	Лажно Виктор Дмитриевич. Кластеры в физике, химии, биологии : Учебное пособие для студ. вузов / В.Д.Лажно .— М.;Ижевск : Регуляющая и хаотическая динамика, 2001 .— 256 с.[9]

## в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
8	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
9	Базы знаний и библиотеки периодических изданий и препринтов в Интернете <a href="http://xxx.lanl.gov">http://xxx.lanl.gov</a>
10	Электронная библиотека учебно-методических материалов ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru/cgi-bin/zgate?lnit+lib.xml,simple.xsl+rus">http://www.lib.vsu.ru/cgi-bin/zgate?lnit+lib.xml,simple.xsl+rus</a>

## 16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Молекулярная электроника : Учеб.пособие для самостоятельной работы студ.по новым перспективным направлениям развития электроники и электронной техники / И.С.Суровцев,В.Ф.Сыдоров,Л.А.Битюцкая,Р.П.Пивоварова; Под ред.В.Ф.Сыдорова;ВГУ при содействии межотраслевого предприятия "Петровский сквер" .— Воронеж, 1994 .— 153 с.

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебного процесса по дисциплине:

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** Лекционные занятия проводятся в мультимедийном кабинете кафедры ФППиМЭ, оснащённым стационарным мультимедийным проектором AcerX125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт.,

экран, с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.

Аудитория для самостоятельных работ студентов оснащена сервером 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 с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.

## 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	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение	ПК-1	ПК-1.1	Устный опрос
2	Понятие самоорганизации	ПК-1	ПК-1.1	Устный опрос
3	Молекулярная электроника	ПК-1	ПК-1.1	Устный опрос
4	Биосенсоры	ПК-1	ПК-1.1	Устный опрос
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет с оценкой				Вопросы к зачету

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

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

#### Перечень вопросов для устного опроса

1. Обзор бионаноматериалов.
2. Реализованные на практике устройства биомолекулярной электроники.
3. Обзор перспективных направлений биомолекулярной электроники.
4. Примеры самоорганизующихся систем.
5. Реакция Белоусова-Жаботинского.
6. Консервативные и диссипативные системы.
7. Нелинейность и обратные связи.
8. Бифуркации.
9. Реакционно-диффузионный процессор.
10. Молекулярные материалы.
11. Межмолекулярное взаимодействие.
12. Электрические и оптические свойства молекулярных материалов.
13. Распознающие элементы сенсоров.

14. Трансдюсеры.
15. Характеристики сенсоров.
16. Потенциометрические, амперометрические, кондуктометрические биосенсоры.
17. Сенсоры на основе вирусов.
18. Структура полинуклеотидной цепи.
19. Способность ДНК к самосборке.
20. Варианты пространственной структуры ДНК, отличные от двойной спирали структуры: триплексы, квадруплексы.
21. Материалы на основе ДНК.
22. Применение ДНК-оригами для литографии.
23. ДНК-электроника.
24. Проводимость ДНК.
25. Вычисления на основе ДНК.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Оценка освоения компетенций обучающимися во время прохождения спецкурса «Бионанoeлектроника» осуществляется по следующим критериям:

- уровень профессиональной подготовки;
- ответы на вопросы.

Уровень профессионализма (профессиональные знания, умения, навыки и компетенции) оценивается по следующим показателям:

- умение формулировать цели исследований;
- адекватное применение физико-математического аппарата для решения поставленных задач;
- адекватная рефлексия выполняемой научно-практической деятельности.

На основании выполнения обучающимся программы спецкурса и с учетом критериев оценки итогов освоения спецкурса выставляется: «зачтено»/«незачтено».

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

- оценка «зачтено» выставляется при полном соответствии работы обучающихся всем вышеуказанным показателям: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически и в полном объеме. Данный уровень обязателен для всех осваивающих ООП;

- оценка «незачтено» выставляется в случае несоответствия работы обучающегося всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных программой спецкурса.