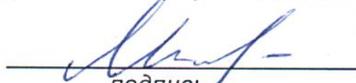


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующая кафедрой
физики полупроводников и микроэлектроники


подпись

(Меньшикова Т.Г.)
расшифровка подписи

05.06.2025

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 04.06.2025

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2025-2026

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. Транспьютеры. 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 «Бионаноэлектроника» 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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=441596 – 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 : http://biblioclub.ru
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 : http://biblioclub.ru
3	Нанотехнологии и специальные материалы .— Санкт-Петербург : Химиздат, 2009 .— 336 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : http://biblioclub.ru
	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:

	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459189 – 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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459189 – 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: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575246 – 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	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
9	Базы знаний и библиотеки периодических изданий и препринтов в Интернете http://xxx.lanl.gov
10	Электронная библиотека учебно-методических материалов ВГУ http://www.lib.vsu.ru/cgi-bin/zgate?lnit+lib.xml,simple.xsl+rus

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	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru

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.