

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.

подпись, расшифровка подписи

28.08.2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.09.02 Физические основы электроники

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика наноматериалов и новых медицинских технологий

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы:

Терехов Владимир Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор,

Барков Константин Александрович, заведующий лабораторией

7. Рекомендована:

НМС Физического факультета ВГУ протокол № 6 от 26.06.2020 г.

8. Учебный год:2023/2024

Семестр: седьмой

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель дисциплины – формирование базовых знаний в области физики для объяснения устройства и принципов работы приборов современной электроники, включая вакуумную и плазменную электронику, твердотельную электронику, квантовую и оптическую электронику.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина Б1.В.ДВ.09.02 «Физические основы электроники» является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-5	способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	знать: основные электрические, магнитные и оптические свойства полупроводников, механизмы изменения проводимости полупроводниковых материалов и возможности управления ими, особенности оптических свойств полупроводников в зависимости от типа зонной структуры, возможности и механизмы легирования полупроводников; уметь: оценивать пределы основных электрических, магнитных и оптических свойств полупроводниковых в устройствах электроники владеть: методами квантово – механического описания простейших квантовых систем, входящих в составе электронных структур и технологических методов их формирования

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

Форма промежуточной аттестации зачет

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

13 Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)		
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам
		№ сем. 7	
Аудиторные занятия	34		34
в том числе:			
лекции	-		-
практические	-		-
лабораторные	34		34
Самостоятельная работа	38		38
Контроль	-		-
Итого:	72		72
Форма промежуточной аттестации	Зачет		Зачет

13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
Лабораторные работы		
1	Лабораторная работа 1	Зондовые методы определения удельного сопротивления полупроводников.
2	Лабораторная работа 2	Определение контактной разности потенциалов между полупроводником и металлом.
3	Лабораторная работа 3	Изучение температурной зависимости проводимости в полупроводниках.
4	Лабораторная работа 4	Изучение температурной зависимости термоЭДС собственных и примесных полупроводников.
5	Лабораторная работа 5	Изучение оптического поглощения полупроводников.
6	Лабораторная работа 6	Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках.
7	Лабораторная работа 7	Изучение эффекта Холла в полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности и знака носителей заряда в полупроводниках.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Контроль	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Зондовые методы определения электрических параметров полупроводников			8	10	18
2.	Температурные свойства полупроводников			10	10	20
3.	Оптические свойства полупроводников			10	12	22
5.	Магнитные свойства полупроводников			6	6	12
	Итого:			34	38	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Физические основы электроники» 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; 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 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. 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 скжато;
- 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 занятиях, подготовкой и сдачей экзамена 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 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. 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 обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развиваются 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 «Физические основы электроники» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к зачету с оценкой

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

a) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Физические основы электроники: определение основных параметров полупроводниковых материалов : учебно-методическое пособие / сост.: П.В. Середин, В.А. Терехов. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. – 35 с.
2.	Физические основы электроники: температурные и магнитные свойства полупроводников : учебно-методическое пособие / сост.: П.В. Середин, В.А. Терехов. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. – 34 с.
3.	Шалимова, Клавдия Васильевна. Физика полупроводников : учебник / К.В. Шалимова .— Изд. 4-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 390, [1] с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) // Издательство «Лань» : Электронно-библиотечная система. — URL : http://e.lanbook.com
4.	Агеев, И. М. Физические основы электроники и наноэлектроники : учебное пособие / И. М. Агеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. — ISBN 978-5-8114-4081-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/131007 (дата обращения: 07.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5.	Зегря Г.Г. Основы физики полупроводников / Г.Г. Зегря, В.И. Перель. — М.: ФИЗМАТЛИТ , 2009. — 336 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : http://biblioclub.ru

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Фистуль, Виктор Ильич. Введение в физику полупроводников : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Полупроводники и диэлектрики" и "Технология специальных материалов электронной техники" / В.И. Фистуль .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1984 .— 351, [1] с.
2.	Ю, Питер. Основы физики полупроводников / Питер Ю, Мануэль Кардона ; Пер. И.И. Решиной; Под ред. Б.П. Захарченя .— 3-е изд. — М. : Физматлит, 2002 .— 560 с.

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

№ п/п	Ресурс
1.	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2.	http://journals.ioffe.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
-------	----------

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

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

№ 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:

Лаборатория спецпрактикумов кафедры физики твердого тела и наноструктур (лаб.126):

Лабораторный стенд для исследования эффекта Холла; лабораторный стенд для исследования эффекта термо-ЭДС; лабораторный стенд для исследования электропроводности полупроводников; спектрофотометр СФ-56А; осциллограф цифровой Rohde & Schwarz НМО 1002; установка для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла HMS-2000; мультимедийная доска TriumphBord78" MultiTouch;

Лаборатория инфракрасной спектроскопии центра коллективного пользования ВГУ (лаб. 49):

ИК-Фурье спектрометр Vertex-70; Спектрофотометр LAMBDA_650.

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-5	знатъ: основные электрические, магнитные и оптические свойства полупроводников, механизмы изменения проводимости полупроводниковых материалов и возможности управления ими, особенности оптических свойств полупроводников в зависимости от типа зонной структуры, возможности и механизмы легирования полупроводников; уметь: оценивать пределы основных электрических, магнитных и оптических свойств полупроводниковых в устройствах электроники владеть: методами квантово – механического описания простейших квантовых систем, входящих в составе	Зондовые методы определения электрических параметров полупроводников Температурные свойства полупроводников Оптические свойства полупроводников	Лаб. раб №1 Лаб. раб №2 Лаб. раб №3 Лаб. раб №4 Лаб. раб №5 Лаб. раб №6

	электронных структур и технологических методов их формирования	Магнитные свойства полупроводников	Лаб. раб №7
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет			Комплект КИМ

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

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой 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) умение применять теоретические знания для выполнения тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется: «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала 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 тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ	Повышенный уровень	Зачтено
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач	Базовый уровень	Зачтено
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания	Пороговый уровень	Зачтено
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ	–	Незачтено

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

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Энергетические зоны в классических полупроводниках Si, Ge, GeAs. Прямая и не прямая зонная структура.
2. Элементарная теория примесных состояний в полупроводниках. Энергия ионизации донорных и акцепторных состояний в кремнии и в германии.
3. Концентрация электронов и дырок в зонах. Эффективная плотность состояний. Примесный полупроводник.
4. Концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике при термодинамическом равновесии.
5. Энергия активации проводимости для собственного полупроводника. Зависимость ширины запрещенной зоны от температуры.
6. Зависимость положения уровня Ферми от температуры для собственного и примесного полупроводника.

7. Время релаксации носителей заряда в полупроводниках и подвижность носителей тока. Зависимость подвижности от температуры при различных механизмах рассеяния носителей.

8. Температурная зависимость удельной проводимости в полупроводниках.

9. Оптическое поглощение в полупроводниках. Фундаментальное поглощение.

Собственное поглощение в прямозонных полупроводниках

19.3.2 Перечень лабораторных заданий:

Лабораторная работа 1	Зондовые методы определения удельного сопротивления полупроводников.
Лабораторная работа 2	Определение контактной разности потенциалов между полупроводником и металлом.
Лабораторная работа 3	Изучение температурной зависимости проводимости в полупроводниках.
Лабораторная работа 4	Изучение температурной зависимости термоЭДС собственных и примесных полупроводников.
Лабораторная работа 5	Изучение оптического поглощения полупроводников.
Лабораторная работа 6	Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках.
Лабораторная работа 7	Изучение эффекта Холла в полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности и знака носителей заряда в полупроводниках.

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 форме: выполнения лабораторных работ.

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 и степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.