Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.7 Физика полупроводников»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика
(код и наименование направления подготовки)

Физика наноматериалов
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.7 Физика полупроводников*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния
наименование кафедры

протокол №7 от "21 " февраля 2025г.

Заведующий кафедрой
Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния _____ В.Л. Бердинский
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
доцент каф. БФФКС _____ Э.К. Алиджанов
должность *подпись* *расшифровка подписи*

_____
должность *подпись* *расшифровка подписи*

Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.03.03 Радиофизика _____ Т.М. Чмерева
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ С.А. Биктимирова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ А.Д. Стрекаловская
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Алиджанов Э.К. 2025
© ОГУ, 2025

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Реализация в рамках дисциплины требований квалификационной характеристики, связанной с профессиональной деятельностью выпускника по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика согласно Федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС) высшего образования, утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 N 225;

- формирование соответствующих компетенций согласно требованиям основной образовательной программы (ООП) подготовки бакалавров по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика с профилем подготовки «Физика наноматериалов».

Задачи:

- приобретение обучающимися знаний в области физически полупроводников как теоретической базы для изучения последующих дисциплин вариативной части профессионального цикла; - приобретение обучающимися навыков реализации теоретических знаний на практике в рамках выполнения практических работ с применением интерактивных методов и закреплением соответствующих компетенций согласно ООП подготовки бакалавров по направлению 03.03.03 Радиофизика с профилем подготовки «Физика наноматериалов».

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.17 Электричество и магнетизм, Б1.Д.В.3 Магнитная релаксация и методы радиоспектроскопии*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен применять на практике профессиональные знания и умения в сфере производства, внедрения и эксплуатации электронных приборов и систем различного назначения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК*-1-В-1 Знает фундаментальные основы специализированных знаний в области радиоэлектроники, телекоммуникационных систем и антенных комплексов ПК*-1-В-2 Владеет специализированными знаниями в области физики и смежных естественнонаучных дисциплин	**Знать:** основные принципы теоретического и экспериментального исследования в сфере физики полупроводников **Уметь:** Решать профессиональные задачи с применением специализированных физико-математических и естественнонаучных знаний, методов научного анализа и моделирования в области физики **Владеть:**

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		специализированными знаниями в области физики проводников
ПК*-2 Способен проводить научные исследования в избранной экспериментальной или теоретической области с применением современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК*-2-В-1 Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности ПК*-2-В-2 Умеет решать профессиональные задачи с применением современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта ПК*-2-В-3 Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных данных	**Знать:** теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики **Уметь:** решать профессиональные задачи с применением современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта **Владеть:** навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных данных

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	7 семестр	8 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**72**	**72**	**144**
Контактная работа:	**30,25**	**15,25**	**45,5**
Лекции (Л)	16	8	24
Практические занятия (ПЗ)	14	6	20
Консультации		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,5
Самостоятельная работа: *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**41,75**	**56,75**	**98,5**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№	Наименование разделов	Количество часов

раздела		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Основные характеристики полупроводников	18	4	2		12
2	Химические связи в полупроводниках	18	4	4		10
3	Качественная картина явлений переноса в полупроводниках	18	4	4		10
4	Основы зонной теории полупроводников.	18	4	4		10
	Итого:	72	16	14		42

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
5	Кинетические явления в полупроводниках	18	2	1		15
6	Статистика электронов и дырок в полупроводниках	18	2	2		14
7	Явления в контактах.	18	2	2		14
8	Неравновесные электроны и дырки.	18	2	1		15
	Итого:	72	8	6		58
	Всего:	144	24	20		100

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 Основные характеристики полупроводников

Отличительные черты полупроводников. Основные физические свойства. Применения полупроводников. Качественная картина явлений переноса в полупроводниках. Понятие о дырках. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.

2 Химические связи в полупроводниках

Кристаллические решетки. Электронная конфигурация атомов. Водородоподобная модель примесных центров. Типы химических связей (ионная, гомеополярная, ван-дер-ваальсова). Строение полупроводниковых кристаллов (ионные, гомеополярные). Некристаллические полупроводники (аморфные, жидкие, стеклообраз1ные)

3 Качественная картина явлений переноса в полупроводниках Концентрации электронов и дырок в полупроводниках в состоянии термодинамического равно1весия. Дрейфовая скорость. Подвижность носителей заряда. Температурная зависимость проводимо1сти полупроводников. Магнетосопротивление. Термоэдс. Фотопроводимость. Поглощение света. Спектральная зависимость коэффициента поглощения.

4 Основы зонной теории полупроводников.

Понятие об энергетических зонах. Основные приближения зонной теории. Энергия Ферми. Основные различия между металлами, полупроводниками и диэлектриками с точки зрения зонной теории. Уравнение Шредингера для электронов в кристалле в одноэлектронном приближении. Квазиимпульс и зона Бриллюэна. Граничные условия (условия Борна-Кармана). Метод сильно связанных электронов. Закон дисперсии. Эффек1тивная масса.

5 Кинетические явления в полупроводниках

Электропроводность. Эффект Холла. Изменение сопротивления в магнитном поле. Термоэдс. Эффект Томпсона. Эффект Пельтье. Эффект Нернста-Эттингсгаузена. Время релаксации. Элементарная теория гальваномагнитных эффектов. Тензор электропроводности в магнитном поле. Магнетосопротивление.

6 Статистика электронов и дырок в полупроводниках

Распределение квантовых состояний в зонах. Распределение Ферми-Дирака. Концентрации электронов и дырок в зонах. Невырожденные полупроводники. Случай сильного вырождения. Кон1центрации электронов и дырок на локальных уровнях. Простые центры. Многозарядные

центры. Распределение Гиббса. Определение положения уровня Ферми. Уровень Ферми в собственном полу1проводнике. Полупроводник с примесью одного типа. Взаимная компенсация доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники.

7 Явления в контактах

Потенциальные барьеры. Плотность тока. Соотношение Эйнштейна. Условия равновесия контактирующих тел. Термоэлектронная работа выхода. Контактная разность потенциалов. Выпрямление в контакте металл –полупроводник. Диффузионная теория.

8 Неравновесные электроны и дырки. Неравновесные носители заряда. Время жизни неравновесных носителей заряда. Уравнение непрерывности. Фотопроводимость. Электронно-дырочные переходы. Генерация света в полупроводниках. Светодиоды.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Качественная картина явлений переноса в полупроводниках. Понятие о дырках. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.	2
2	2	Строение полупроводниковых кристаллов (ионные, гомеополярные). Некристаллические полупроводники (аморфные, жидкие стеклообразные)	3
3	3	Магнетосопротивление. Термоэдс. Фотопроводимость. Поглощение света. Спектральная зависимость коэффициента поглощения	3
4	4	Квазиимпульс и зона Бриллюэна. Граничные условия (условия Борна-Кармана). Метод сильно связанных электронов. Закон дисперсии. Эффективная масса.	3
5	5	Время релаксации. Элементарная теория гальваномагнитных эффектов. Тензор электропроводности в магнитном поле. Магнетосопротивление	3
6	6	Распределение Максвелла Больцмана. Определение положения уровня Ферми. Уровень Ферми в собственном полупроводнике. Полупроводник с примесью одного типа. Взаимная компенсация доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники.	3
7	7	Контактная разность потенциалов. Выпрямление в контакте металл–полупроводник. Диффузионная теория.	3
		Итого:	20

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Чакак, А. А. Курс физики. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / А. А. Чакак; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по об1разованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. 7 текстовые дан. (1 файл: Kb). - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2006. - Библиогр.: с. 232-233.. - Adobe Acrobat Reader 5.0. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/1121_20110805.pdf

2. Филяк, М. М. Основные физические процессы в проводниках, полупроводниках и диэлектриках [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 211000.62 Конструирование и технология электронных средств / М. М. Филяк; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф.

проектирования и технологии радиоэлектрон. средств. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.35 Mb). - Оренбург : ОГУ, 2015. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-1188-1.– Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/6922_20150311.pdf.

5.2 Дополнительная литература

1. Протасов, Ю. С. Твердотельная электроника [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. С. Протасов, С. Н. Чувашев. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 480 с. : ил. - (Электроника. Физическая электроника). - Библиогр.: с. 465-472. - ISBN 5-7038-1538-X.

2. Сопротивление материалов [Текст] : учеб. для вузов / под ред. Г. С. Писаренко.- 4-е изд., перераб. и доп. - Киев : Вища шк., 1979. - 696 с

3. Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности [Текст] : учеб. для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов . - М. : Высш. шк., 1990. - 400с. : ил.

4. Шалимова, К. В. Физика полупроводников [Текст] : учеб. пособие для вузов / К. В. Шалимова. - М. : Энергия, 1971. - 3

5.3 Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016. 2. Успехи физических наук : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016. 3. Оптика и спектроскопия : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2017, 2018.

5.4 Интернет-ресурсы

1. www.ph4s.ru - Физика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина, МИФИ.
2. http://kvant.mccme.ru/ - Научно-популярный физико-математический журнал «Квант».
3. http://www.physbook.ru/ - Электронные учебники и журналы по физике.
4. https://openedu.ru/course/ - «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Квантовая физика».
5. http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index - Журнал экспериментальной и теоретической физики.
6. https://ufn.ru/ - Успехи физических наук : журнал. https://openedu.ru/course/ - «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Системы авто-матизированного проектирования аддитивных технологий»;

https://www.coursera.org/learn/python - «Coursera», МООК: «Programming for Everybody (Getting Started with Python)»;

https://universarium.org/catalog - «Универсариум», Курсы, МООК: «Общие вопросы философии науки»;

https://www.lektorium.tv/mooc - «Лекториум», МООК: «Дискретная математика»

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Перечень лицензионного программного обеспечения 1. Операционная система Microsoft Windows 2. Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Outlook, Publisher, Access) 3. Приложение для создания диаграмм Microsoft Visio Профессиональные базы данных 1. SCOPUS [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: https://www.scopus.com/, в локальной сети ОГУ. 8 2. Springer [Электронный ресурс]: база данных научных книг, журналов, справочных материалов / компания Springer Customer Service Center GmbH . – Режим доступа : https://link.springer.com/, в локальной сети ОГУ. 3. Web of Science [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Clarivate Analytics. – Режим доступа : http://apps.webofknowledge.com/, в локальной сети ОГУ. Информационные справочные системы 1. Законодательство России [Электронный ресурс] : информационно-правовая система. – Режим доступа : http://pravo.fso.gov.ru/ips/, в локальной сети ОГ 2. Консультант Плюс [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / Компания Консультант Плюс. – Электрон. дан. – Москва, [1992–

2016]. – Режим доступа : в локальной сети ОГУ \\fileserver1\!CONSULT\cons.exe 3. Гарант [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / НПП Гарант-Сервис. – Электрон. дан. - Москва, [1990–2016]. – Режим доступа \\fileserver1\GarantClient\garant.exe в локальной сети ОГУ.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно образовательную среду ОГУ.