

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

Декан физико-математического факультета

_____/ Матиев А. Х.
от « 12 » 03 2025 г.

_____/Кульбужев Б. С.
от « 14 » 03 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.04.02 Контактные поверхностные явления в полупроводниках

(_____ индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки - **Магистратура**

03.04.02 Физика

(код, наименование)

Направленность

Физика полупроводников

(наименование профиля, магистерской программы, специализации)

Квалификация выпускника – **магистр**

Форма обучения **очная**

(очная, заочная, очно-заочная)

Магас, 2025

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «**Контактные поверхностные явления в полупроводниках**» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний умений и владений и усвоение материала о современных знаниях о физике поверхности полупроводников.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о поверхностных явлениях в полупроводниках и их применении в молекулярной электронике;
- формирование умений теоретически исследовать поверхностные явления в полупроводниках;
- формирование владений методами и исследования поверхности полупроводников;
- формирование

Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6

01.003 Педагогическая деятельность в дополнительном образовании детей и взрослых	А	Преподавание по дополнительным общеобразовательным программам.	6	Организация деятельности обучающихся, направленной на освоение дополнительной общеобразовательной программы	A.01.6	6.1
				Организация досуговой деятельности обучающихся в процессе реализации дополнительной общеобразовательной программы	A.02.6	6.1
				Обеспечение взаимодействия с родителями (законными представителями) обучающихся, осваивающих дополнительную общеобразовательную программу, при решении задач обучения и воспитания	A.03.6	6.1
				Педагогический контроль и оценка дополнительной общеобразовательной программы	A.04.6	6.1
				Разработка программно-методического обеспечения реализации дополнительной общеобразовательной программы	A.05.6	6.2

	Б	Организационно-методическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация и проведение исследований рынка услуг дополнительного образования детей и взрослых	В/01.6	6.3
			6	Организационно-педагогическое сопровождение методической деятельности педагогов дополнительного образования	В/02.6	6.3
			6	Мониторинг и оценка качества реализации педагогами дополнительных общеобразовательных программ	В/03.6	6.3
	С	Организационно-педагогическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация дополнительного образования детей и взрослых по одному или нескольким направлениям деятельности	С/03.6	6.3

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений «Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.4». Изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Дисциплина «Контактные поверхностные явления в полупроводниках» является логическим продолжением таких дисциплин, как «Физика полупроводников» и «Физика полупроводниковых приборов», которые изучаются на 1-ом и 2-ом курсах. Для освоения данной дисциплины студенты должны владеть знаниями о фотопроводимости, подвижности, концентрации основных и неосновных носителей заряда, о полупроводниковых приборах и т.д. Знания, полученные по данной дисциплине, применяются на преддипломной практике на 2-ом курсе 4-го семестра и при написании и защиты выпускной квалификационной работы.

3. Результаты освоения дисциплины «Контактные поверхностные явления в полупроводниках»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
-----------------	--------------------------	----------------------------------	--

УК-6.	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	<p>УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует;</p> <p>УК-6.2. Определяет образовательные потребности и способы совершенствования собственной (в том числе профессиональной) деятельности на основе самооценки;</p> <p>УК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков;</p> <p>УК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p>Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных дисциплин</p> <p>Умеет использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач.</p> <p>Владеет основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности и работы в научных группах.</p>
ПК-2	Способность планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции и вести преподавание по дополнительным общеобразовательным программам	<p>ИДК ПК2.1</p> <p>Имеет навыки владения необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в избранной области исследования; владения методикой планирования и разработки научного эксперимента; проведения научного эксперимента; методами моделирования различных физических ситуаций; владения современными прикладными программами для изучения объекта научного исследования; владения методами работы в различных операционных системах, с научными базами данных.</p> <p>ИДК ПК2.2</p> <p>Владеет навыками абстрактно мыслить, анализировать, синтезировать получаемую информацию; навыками делать заключения и выводы; навыками и</p>	<p>Знает как самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</p> <p>Умеет свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и внедрять результаты научных исследований в область профессиональной деятельности.</p> <p>Владеет способностью</p>

		<p>методами построения физических моделей на основе проведенных исследований и полученной информации.</p> <p>ИДК ПК-2.3 Знает способы организации научных семинаров и конференций, умеет планировать и организовывать научные семинары и конференции.</p>	<p>свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-профессиональных задач, и применять результаты научных исследований в профессиональной деятельности</p>
--	--	---	---

4. Структура и содержание дисциплины «Контактные поверхностные явления в полупроводниках»

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)								Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)							
			Контактная работа					Самостоятель- ная работа										
			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрол. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных	курсовая работа (проект)
1	Введение. Объекты рассмотрения и исследования физики поверхности. Основные термины и определения. Реальная поверхность полупроводника. Общие сведения о поверхностных состояниях.	3	8	4		4		4			4		4					
2	Поверхностный потенциальный барьер и его влияние на равновесные свойства полупроводников. Приповерхностная область пространственного заряда. Работа выхода. Емкость. Поверхностная проводимость	3	8	4		4		4			4			4				
3	Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах. Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследования поверхностной рекомбинации.	3	4	2		2		2			2	3						

4	Методы определения поверхностного потенциала и параметров поверхности полупроводника. Электрофизические методы. Фотоэлектрические методы. Оптические и специальные методы	3	4	2		2		2			2	3					
5	Атомарно-чистая поверхность полупроводников. Методы получения атомарночистой поверхности. Исследование основных физикохимических свойств атомарночистой поверхности	3	8	4		4		4			4		4				
6	Реальная поверхность. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбция газов и паров на твердых телах	3	8	4		4		4			4			4			
7	Исследование поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП-структур. Устройство и основные электрофизические свойства МДПструктур. Вольт-фарадные характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и обработки результатов	3	4	2		2		2			2	3					

8	Влияние поверхности на параметры и характеристики диодов, транзисторов. Методы пассивации.	3	8	4		4		4			4	3						
9	Приборы на основе поверхностно-чувствительных эффектов. МДП-диоды, транзисторы, приборы с зарядовой связью. МДП-варикапы, МДП-фотоэлектрические преобразователи.	3	4	2		2		2			2					3		
10	Сенсоры компонентов газовых, жидких сред. Типы. Основные принципы	3	8	4		4		4			4					3		
	<i>Подготовка к экзамену</i>																	
	Общая трудоемкость, в часах		48	32		16		69		37	32	Промежуточная						
												Экзамен						2

4.2. Содержание дисциплины

1. Введение. Объекты рассмотрения и исследования физики поверхности. Основные термины и определения. Реальная поверхность полупроводника. Общие сведения о поверхностных состояниях.

2. Поверхностный потенциальный барьер и его влияние на равновесные свойства полупроводников. Приповерхностная область пространственного заряда. Работа выхода. Емкость. Поверхностная проводимость.

3. Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах. Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследования поверхностной рекомбинации.

4. Методы определения поверхностного потенциала и параметров поверхности полупроводника. Электрофизические методы. Фотоэлектрические методы. Оптические и специальные методы.

5. Атомарно-чистая поверхность полупроводников. Методы получения атомарно-чистой поверхности. Исследование основных физикохимических свойств атомарно-чистой поверхности.

6. Реальная поверхность. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбция газов и паров на твердых телах.

7. Исследование поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП-структур. Устройство и основные электрофизические свойства МДП-структур. Вольт-фарадные характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и обработки результатов.

8. Влияние поверхности на параметры и характеристики диодов, транзисторов. Методы пассивации.

9. Приборы на основе поверхностно-чувствительных эффектов. МДП-диоды, транзисторы, приборы с зарядовой связью. МДП-варикапы, МДП-фотоэлектрические преобразователи.

10. Сенсоры компонентов газовых, жидких сред. Типы. Основные принципы работы.

5. Образовательные технологии

В преподавании дисциплины «Поверхностные явления в полупроводниках» используются следующие образовательные технологии:

- ☐ лекционные занятия
- ☐ практические (семинарские) занятия
- ☐ самостоятельная внеаудиторная работа

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении части лекционных занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

При проведении практических занятий предполагается решение и проверка задач.

При проведении практических занятий (семинаров) в активной форме проводится решение задач по дисциплине «Поверхностные явления в полупроводниках», в соответствии с приведенным ниже списком тем проведения практических занятий.

Тематика практических занятий (семинаров)

1. Метод Кельвина измерения поверхностного потенциала.
2. Система электролит /полупроводник.
3. Модели химической и физической сорбции.
4. Динамика поверхностных состояний, равновесный и неравновесный случаи.
5. CV-характеристики: методика исследования.
6. Спектроскопии глубоких уровней - метод исследования слоистых структур.
7. Термостимулированный разряд конденсатора. Информативность метода.
8. Методы пассивации поверхности.
9. Влияние органического покрытия на поверхностный потенциал и электрофизические характеристики МДП структур

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего учебного семестра и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, практическим занятиям, в выполнении заданий лектора, работе в компьютерном классе или библиотеке.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.

6.1. План самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего семестра и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, практическим занятиям, в выполнении заданий лектора.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- при подготовке к контрольной работе пользоваться лекциями и рекомендованной литературой;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета и экзамена.

Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых студентам в ходе чтения лекций:

- Описать влияния освещения поверхности полупроводника на результаты измерения методом Кельвина.
- Описать технологическую линейку метода принтования.
- Выяснить при каких условиях может наблюдаться эффект гигантского усиления комбинационного рассеяния.
- Рассказать о методике приготовления образцов для исследования методами электронной микроскопии.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации

1. Дайте определения поверхностных состояний.
2. Перечислите методы исследования поверхностной рекомбинации, приведите схему эксперимента по исследованию скорости поверхностной рекомбинации.
3. Перечислите методы получения атомарно-чистой поверхности и её свойства.
4. Какими свойствами обладает реальная поверхность твердого тела. Перечислите модели для описания таких свойств.
5. Перечислите основные методы исследования физических и химических параметров и характеристик поверхности.
6. Рассмотрите влияние поверхности на характеристики полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.
7. Опишите методы измерения поверхностного потенциала. Как зависит значение поверхностного потенциала от внешних воздействий и условий проведения измерений.
8. Перечислите методы пассивации поверхности.
9. Перечислите основные модели описывающие процесс адсорбции частиц на поверхности твердых подложек.
10. Расскажите о методах исследования поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП-структур.
11. Расскажите о методах измерений вольт-фарадных характеристик (ВФХ) и методике определения параметров на основе анализа ВФХ МДП структур.
12. Опишите принцип действия МДП-диода, транзистора, приборов с зарядовой связью. МДП-варикапов, МДП-фотопреобразователей.

Вопросы для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Дайте определения поверхностных состояний.
2. Перечислите методы исследования поверхностной рекомбинации.
3. Перечислите методы получения атомарно-чистой поверхности и её свойства.
4. Какими свойствами обладает реальная поверхность твердого тела.
5. Перечислите основные методы исследования физических и химических параметров и характеристик поверхности.
6. Рассмотрите влияние поверхности на характеристики полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.
7. Опишите методы измерения поверхностного потенциала. Как зависит значение поверхностного потенциала от внешних воздействий и условий проведения измерений.
8. Перечислите методы пассивации поверхности.

9. Перечислите основные модели описывающие процесс адсорбции частиц на поверхности твердых подложек.

10. Расскажите о методах измерений вольт-фарадных характеристик (ВФХ) и методике определения параметров на основе анализа ВФХ МДП структур.

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы магистранта является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.

Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ.

Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

№№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма контроля
1	Проработка лекционного материала	33 (0.9)	Экзамен
2	Подготовка к лабораторным работам	33 (0.9)	Допуск к каждой лабораторной работе и защита отчета.

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»

7.1. Учебная литература:

а) основная литература:

1. Физические и химические основы нанотехнологий [Текст] / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 454, [2] с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 447-454. - ISBN 978-5-9221-0988-8 (в пер.) :

2. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст] / И. П. Суздалев. - М. : КомКнига, 2006. - 589, [3] с. : рис., табл. - (Синергетика: от прошлого к будущему). - ISBN 5-484-00243-5 (в пер.)

б) дополнительная литература:

1. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год [Текст] : сборник / под ред. П. П. Мальцева. - М. : Техносфера, 2008. - 430, [2] с. : цв. ил. - (Мир материалов и технологий). - Библиогр.: с. 422 (18 назв.), 429-430 (11 назв.). - ISBN 978-5-94836-180-2 (в пер.)

2. Физико-химия наноструктурированных материалов [Текст] : рук. к лаб. практикуму : учеб. пособие для студентов фак. нано- и биомед. технологий / Б. Н. Климов [и др.] ; под общ. ред. Б. Н. Климова, С. Н. Штыкова. - Саратов : [б. и.], 2008 (Отпеч. в ООО "Новый ветер"). - 98 с. - ISBN 978-5-98116-055-4

3. Физико-химия наноструктурированных материалов [Текст] : учеб. пособие для студентов фак. нано- и биомед. технологий / Б. Н. Климов [и др.] ; под ред. Б. Н. Климова, С. Н. Штыкова ; ГОУ ВПО Сарат. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. - Саратов : Новый ветер, 2009. - 216, [1] с. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-98116-089-9

7.2. Интернет-ресурсы

1. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. учеб.-метод. комплекс/Г. Н. Шелованова, В. А. Юзова, В. А. Барашков, О. В. Семенова – Электронные дан. (127 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, – 2009.

2. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: учеб. программа дисциплины/сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (2 Мб). – Красноярск:ИПК СФУ, –2009.

3. Шелованова Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ– 2009.

4. Унифицированная система компьютерной проверки знаний тестированием UniTest версии 3.0.0. руководство пользователя/А. Н. Шниперов, Б. М. Бидус. – Красноярск, 2008.

5. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники: кремниевая электроника [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие/Г. Н. Шелованова. – Электрон. дан. – Красноярск: КГТУ, 2006. – Режим доступа: <http://lib.kgtu.ru/pocobia.phpsection=shelovanova> – Загл. с экрана.

6. [http:// www. superconductors. org/](http://www.superconductors.org/)

7. [http://www. nanoink. net](http://www.nanoink.net)

8. <http://www.ioffe.ru/journals/>

9. <http://journal.sfu-kras.ru/>

10. <http://www.mikrosystems.ru>

7.3. Программное обеспечение

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.

2. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.

3. Программный продукт «Антивирус Касперского».

4. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.

5. Программный продукт MATLAB 6.

7.4. Материально-техническое обеспечение

Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Учебная аудитория для лекционных занятий (№ 306) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол – 28 шт.; скамья-56 шт
	Лаборатория «ФЭЯПП. Спецпрактикум» (№301) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт; стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; стол - 10 шт.; скамья-20 шт. Стол лабораторный с розетками и ящиками1200*600*850. Автоматизированный лабораторный стенд для исследования полупроводников ФЭ-ЭХ (с ПЭФМ). Установка для изучения внешнего фотоэффекта ФПЭ 10. Установка для изучения температурной зависимости эл. металлов и полупроводников ФПЭ 07. Оптическая скамья модели U, 600 мм. Рейтер модели U, 75 мм. Галогеновая лампа для опытов, Диафрагма с регулируемой щелью на ножке, Выпуклая линза на ножке, Поляризационный фильтр на ножке, Источник постоянного тока, Цифровой мультиметр. Прибор для исследования зависимости сопротивления

		полупроводников от температуры.
--	--	---------------------------------

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В процессе освоения образовательной программы компетенции формируются по следующим этапам:

- 1) начальный этап дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;
- 2) основной этап позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;
- 3) завершающий этап предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

При освоении дисциплины (модуля) компетенции, закрепленные за ней, реализуются по темам (разделам) дисциплины (модуля), в определенной степени (полностью или в оговоренной части) и на определенном этапе, что приведено в Таблице 1.

Таблица 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Компетенции/ контролируемые этапы	Показатели	Наименование оценочного средства
Начальный этап формирования компетенций осуществляется в период освоения учебной дисциплины и характеризуется освоением учебного материала		
ОПК-1	Знать ключевые разделы физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов. Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи. Владеть навыками планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов.	Практические занятия, тесты
ОПК-4	Знать основные методы планирования и организации физических исследований, в том числе - междисциплинарного характера. Уметь выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших	

	научных работ с учетом полученных результатов. Владеть навыками организационной деятельности (в части организации научных семинаров для небольших научных групп).	
Базовый этап формирования компетенции (ий) (формируется по окончании изучения дисциплины (модуля))		
ПК-3	Знать принципы разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов. Уметь организовывать (научные семинары и конференции). Владеть навыками планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов Владеть навыками организационной деятельности (в части организации научных семинаров для небольших научных групп).	Практические занятия, тесты
ПК-4	Знать основные этапы (правила) организации и работы научных семинаров и конференций. Уметь использовать технологии планирования сложных научных исследований, в том числе - междисциплинарного характера. Владеть навыками коммуникации с ведущими учеными в режиме «научной конференции» или «научного семинара».	
Заключительный этап формирования компетенций <i>направлен на закрепление определенных компетенций</i>		
ПК-3	Знать принципы верификации разрабатываемых методов ключевые разделы физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов. Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи. При решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи. Владеть навыками разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.	Вопросы к экзамену
ПК-4	Знать основные методы планирования и организации физических исследований, в том числе - междисциплинарного характера. Уметь самостоятельно и в составе научно-производственного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности при выполнении физических исследований. Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению	

	исследовательских (и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	
--	--	--

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Шкала оценивания, показатели и критерии оценивания образовательных результатов обучающегося во время текущей аттестации

Шкала оценивания	Показатели и критерии оценивания
5, «отлично»	Полностью сформированное и системное знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов. Полностью сформированное и системное знание основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций. Полностью сформированное умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов
4, «хорошо»	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов. Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов
3, «удовлетворительно»	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание основных методов планирования и организации физических исследований, в том числе – междисциплинарного характера. Неполное (содержащее существенные пробелы) знание основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций. В целом успешное, но не системное умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов.
2, «неудовлетворительно»	Фрагментарные знания основных методов планирования и организации физических исследований, в том числе – междисциплинарного характера. Фрагментарные знания основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций. Частично освоенное умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов

Оценивание выполнения практических заданий

4-балльная шкала	Показатели	Критерии
------------------	------------	----------

(уровень освоения)		
Отлично (повышенный уровень)	1. Полнота выполнения практического задания; 2. Своевременность выполнения задания;	Студентом задание решено самостоятельно. При этом составлен правильный алгоритм решения задания, в логических рассуждениях, в выборе формул и решении нет ошибок, получен верный ответ, задание решено рациональным способом.
Хорошо (базовый уровень)	3. Последовательность и рациональность выполнения задания; 4. Самостоятельность решения;	Студентом задание решено с подсказкой преподавателя. При этом составлен правильный алгоритм решения задания, в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок; правильно сделан выбор формул для решения; есть объяснение решения, но задание решено нерациональным способом или допущено не более двух несущественных ошибок, получен верный ответ.
Удовлетворительно (пороговый уровень)		Студентом задание решено с подсказками преподавателя. При этом задание понято правильно, в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущены существенные ошибки в выборе формул или в математических расчетах; задание решено не полностью или в общем виде.
Неудовлетворительно (уровень не сформирован)		Студентом задание не решено.
незачтено (уровень не сформирован)		Лабораторная работа студентом не выполнена.

Шкала и критерии оценки промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка (баллы)	Уровень сформированности компетенций	Общие требования к результатам аттестации в форме зачета	Планируемые результаты обучения
«Зачтено» (61-100)	Высокий уровень	Теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов или в целом, или большей частью, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы или в основном сформированы, все	Знать: Имеет системные знания о структуре самосознания, о видах самооценки, об этапах профессионального становления личности и механизмах социальной адаптации.

		или большинство предусмотренных рабочей программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки	Уметь: Осуществлять анализ социальной действительности с позиций профессиональных знаний и мировоззренческой рефлексии. Вырабатывает мотивацию на дальнейшее повышение профессиональной квалификации и мастерства. Оценивает уровень самоорганизации и самообразования. Прогнозирует последствия своей социальной и профессиональной деятельности. Владеть: навыками самоанализа социальной действительности с позиций профессиональных знаний и мировоззренческой рефлексии. Способен к самооценке уровня самоорганизации и самообразования. Владеет навыками прогнозирования последствий своей
Базовый уровень	Теоретическое содержание курса освоено в целом без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, предусмотренные рабочей учебной программой учебные задания выполнены с отдельными неточностями, качество выполнения большинства заданий оценено числом баллов, близким к максимуму.	Знать: теоретические основы, основные понятия, электричества и магнетизма разделов общей физики для решения профессиональных задач. Уметь: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию. Владеть: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области общей физики.	
Минимальный уровень	Теоретическое содержание курса освоено большей частью, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей учебной программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки.	Знать: основные понятия, законы и модели электричества и магнетизма разделов общей физики. Уметь: понимать, излагать базовую общефизическую информацию. Владеть: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области общей физики.	

«Не зачтено» (менее 61)	компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы	Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые навыки работы не сформированы или сформированы отдельные из них, большинство предусмотренных рабочей учебной программой заданий не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимуму.	Планируемые результаты обучения не достигнуты
-------------------------	--	--	---

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций используются следующие типовые контрольные задания:

Текущий контроль успеваемости

3.1. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Модуль 1

1. Фотоактивное поглощение и внутренний фотоэффект
2. Первичные и вторичные фототоки
3. Фотопроводимость.
- 4 Примеры простых фотопроводящих систем
5. Диффузия и дрейф фотоносителей в монополярном полупроводнике
6. Эффективное время установления диффузионно-дрейфового равновесия
7. Распределение концентрации при наличии внешнего электрического поля
8. О классификации фототоков в однородных полупроводниках
9. Рекомбинационная модель Шокли-Рида
10. Фотопроводник с одним классом центров рекомбинации в условиях различной освещенности
11. Прилипание носителей заряда

Модуль 2

1. Два класса центров рекомбинации
2. Очувствление фотопроводников при освещении
3. Отрицательная фотопроводимость
4. Фотопроводимость поликристаллических веществ
5. Фотопроводимость, ограниченная контактами
6. Фотоэлектрические свойства контакта металл – монополярный полупроводник (диэлектрик)
7. Стационарные характеристики монополярного фоторезистора при контактном ограничении
8. Фотопроводимость при экситонном поглощении
9. Остаточная проводимость.
10. Униполярная отрицательная фотопроводимость.
11. Аномальная фотопроводимость.

3.2. Темы рефератов

1. Фотокатоды и приборы на их основе.
2. Фотоэлектрические процессы при лазерной печати.
3. Фотоприемники для лазерного считывания информации.
4. Процессы в быстродействующих фотоприемниках.
5. Охлаждаемые и неохлаждаемые инфракрасные фотоприемники.
6. Электронно-оптические преобразователи.
7. Рентгеновский электронно-оптический преобразователь (РЭОП).
8. Пороговая чувствительность фотоприемника и ее измерение.
9. Фотоприемники на основе квантово-размерных эффектов.
10. Фотоприемники на основе теллурида кадмия-ртути (КРТ).
11. Фотоприемники на основе теллурида свинца и олова (СОТ).
12. Фоточувствительные ПЗС-матрицы.

3.3 Вопросы к экзамену

1. Фотоактивное поглощение.
2. Первичные и вторичные фототоки.
3. Фотопроводимость и ее стадии.
4. Примеры простых фотопроводящих систем
5. Реакция фотопроводника на прямоугольный импульс света.
6. Характеристические соотношения фотопроводимости.
7. Фотопроводники с одним классом центров рекомбинации.
8. Статистика рекомбинации Шокли - Рида и ее применения
9. Время диэлектрической релаксации и радиус экранирования монополярного фотопроводника.

10. Радиус экранирования в компенсированном полупроводнике.
11. Классификация фототоков в однородном полупроводнике.
12. Рекомбинация и прилипание.
13. Добротность фотопроводника.
14. Токи, ограниченные пространственным зарядом в фотопроводниках.
15. «Треугольник Ламперта».
16. Фотопроводимость поликристаллических полупроводников.
17. Квазиуровни Ферми и их роль в описании процессов фотопроводимости.
18. Фотопроводники с двумя классами центров рекомбинации.
19. Электронное легирование фотопроводников.
20. Продольная и поперечная фотопроводимость.
21. Фотопроводимость, ограниченная контактами, на примере продольного фоторезистора
22. Фотопроводимость при экситонном поглощении и спектральная характеристика фотопроводника.
23. Спектральная характеристика фотопроводимости.
24. Прилипание и фотопамять.
25. Отрицательная фотопроводимость при примесном и собственном возбуждении.
26. Аномальная фотопроводимость и ее объяснение.
27. Фотодиэлектрический эффект. Эквивалентные схемы.
28. Отрицательная и остаточная фотоемкость.
29. Классификация фотодиэлектрических эффектов.
30. Вывод и интерпретация уравнения фотодиода.
31. Шумы и пороговая чувствительность фотоприемников.
32. Измерение параметров фотоприемников.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю)

При оценивании устного опроса и участия в дискуссии на семинаре (практическом занятии) учитываются:

- степень раскрытия содержания материала;
- изложение материала (грамотность речи, точность использования терминологии и символики, логическая последовательность изложения материала;
- знание теории изученных вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются такие процедуры и технологии как тестирование и опрос на семинарах (практических занятиях).

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

По сложности ПКЗ разделяются на простые и комплексные задания.

Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия. К ним можно отнести: простые ситуационные задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий. Простые задания применяются для оценки умений. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуациях. Это задания в открытой форме, требующие поэтапного решения и развернутого ответа, в т.ч. задания на индивидуальное или коллективное выполнение проектов, на выполнение практических действий или лабораторных работ. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания;
- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- нахождение ошибок в последовательности (определить правильный вариант последовательности действий);
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.
- задания на принятие решения в нестандартной ситуации (ситуации выбора, много альтернативности решений, проблемной ситуации).

Оценивание обучающегося на текущей аттестации осуществляется в соответствии с критериями, представленными в п. 7.1, и носит балльный характер.

Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации: Зачет.

При проведении промежуточной аттестации студент должен ответить на вопросы теоретического характера и практического характера.

При оценивании ответа на вопрос теоретического характера учитывается:

- теоретическое содержание не освоено, знание материала носит фрагментарный характер, наличие грубых ошибок в ответе;
- теоретическое содержание освоено частично, допущено не более двух-трех недочетов;
- теоретическое содержание освоено почти полностью, допущено не более одного-двух недочетов, но обучающийся смог бы их исправить самостоятельно;

- теоретическое содержание освоено полностью, ответ построен по собственному плану.

При оценивании ответа на вопрос практического характера учитывается объем правильного решения.

Основой для определения оценки служит уровень усвоения студентами материала, предусмотренного данной рабочей программой.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с критериями и носит балльный характер.

Рабочая программа дисциплины «Контактные явления в полупроводниках» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 914

Программу составил: к.ф-м.н., доцент кафедры «Физика» Нальгиева М.А.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 8 от « 11 » марта 2025 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета

Протокол № 7 от « 13 » марта 2025 года

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой