Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____ А.М. Дигурова
«___» _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика поверхности»

Направление 03.03.02 Физика

Профиль: " Физика конденсированного состояния "

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

(год начала подготовки 2017г.)

Владикавказ 2020

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению **03.03.02 Физика,** утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07. 08. 2014 г. № 937, учебным планом подготовки бакалавра по направлению **03.03.02 Физика,** утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова» от 30.04. 2020 г., протокол № 9.

Составитель: Еремина А.Ф., доцент кафедры физики конденсированного состояния

Рабочая программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры физики конденсированного состояния (протокол № 6 от 24 июня 2020 г.)

Зав. кафедрой_____Т.Т. Магкоев

Одобрена Советом физико-технического факультета

(протокол №7 от «29» июня 2020 г.)

Председатель_____И.В. Тваури

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).
Форма промежуточной аттестации – экзамен

	Очная форма обучения
Курс	4
Семестр	1
Лекции	18
Практические занятия	18
Лабораторные занятия	36
Консультации	-
Итого аудиторных занятий	72
Самостоятельная работа	36
Курсовая работа	-
Экзамен	36
Общее количество часов	144

2. Цели освоения дисциплины

Для изучения дисциплины необходимы знания и умения, полученные студентами в результате освоения дисциплин общей физики, физики твердого тела и полупроводников.

Цели освоения дисциплины

- дать знания о структуре и фундаментальных физических процессах на поверхности конденсированных сред и границах разделах.
- дать обзор развития физики поверхности в науке и технике.
- рассмотреть реконструкцию поверхности и способы ее описания с помощью сверхрешеток.
- ознакомиться с современными методами изучения поверхности твердых тел.
- выработать практические навыки работы на современных установках и приборах по исследованию поверхности и границы раздела.

.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП: Базовая часть. Б1.В.06.03

Данная учебная дисциплина включена в раздел Б1.В.06.03. Общепрофессиональный основной образовательной программы 03.03.02 Физика. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина "Физика поверхности" относится к разделу "Курсы кафедры" профессионального цикла. Для изучения дисциплины необходимы знания и умения, полученные студентами в результате освоения дисциплин общей физики, физики твердого тела и полупроводников.

4. Требования к результатам освоения дисциплины

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями (результатами освоения образовательной программы):

Коды компетенций	Содержание компетенций
ПК-1	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-3	готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

Взаимосвязь планируемых результатов обучения по дисциплине с формируемыми компетенциями ОПОП:

Коды компетенций ОПОП	Планируемые результаты обучения, соответствующие формируемым компетенциям ОПОП		
	Знать	**Уметь**	**Владеть**
ПК-1	готов реализовывать образовательные программы по учебному предмету в соответствии с требованиями образовательных стандартов	-рассчитать величину работы выхода по известным параметрам приборной структуры. - анализировать полученные результаты эксперимента - строить зонные диаграммы гетероструктур с учетом поверхностных состояний. - выявлять особенности поведения поверхностных уровней в приборных элементах.	способен применять современные методики и технологии организации образовательной деятельности, диагностики и оценивания качества образовательного процесса по различным образовательным программам
ПК-3	особенности физических свойств поверхности по сравнению с объемными свойствами. - понятие работы выхода, контактной разности потенциалов поверхностного потенциала, изгиба зон на поверхности,, поверхностного ОПЗ. - современные способы изучения поверхности.	готов реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов способен решать задачи воспитания и духовно-нравственного развития, обучающихся в учебной и внеучебной деятельности	способен руководить исследовательской работой обучающихся - навыками работы на некоторых установках по исследованию физических параметров поверхности. - анализом полученных результатов для усовершенствования характеристик приборных структур

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков

командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая при необходимости проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплин (модулей) в форме курсов, составленных на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей и профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

Номер недели	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия			Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литература
		л	пр	лаб	Содержание	Часы		
1-2	Введение. Природа поверхности. Роль поверхности и границ раздела в современной технологии и физике. Понятие о реальной и идеальной поверхности. Атомарно-чистая поверхность, сосотояния Тамма, Шокли. Быстрые и медленные состояния.	2	2	4	Зонная теория твердых тел. Термо-электронная эмиссия	4	Устный опрос, сообщения по вопросам темы,	Осн.лит [1]-[2], Доп.лит [1], [5],
3-4	Основы двумерной кристаллографии. Двумерные решетки Бравэ. Запись для описания структуры поверхности. Матричная запись. Запись Вуда.	2	2	4	Двумерная обратная решетка. Зона Бриллюэна	4	Устный опрос, доклад, конспект,	Осн.лит [1]-[2], Доп.лит [1], [5],
5-6	Атомная структура чистых поверхностей. Атомные модели сверхструктур на поверхности полупроводников. Релаксация и реконструкция. Релаксированные поверхности металлов и полупроводников. Структурные дефекты поверхности.	2	2	4			Устный опрос, доклад, конспект,	Осн.лит [1]-[2], Доп.лит [1], [5],
7-8	Электронные процессы на поверхности n/n. Поверхностная проводимость. Работа выхода. Акцепторные и донорные поверхностные состояния. Изгиб энергетических зон. Энергетический спектр собственных состояний атомарно-чистых поверхностей n/n	2	2	4	Модель желе. Электронная структура некоторых поверхностей Si (111) 2x1 Si (111) 7x7	6	Устный опрос, конспект, доклад,	Осн.лит [1]-[2], Доп.лит [1], [5],
9-10	Элементарные процессы на поверхности. Адсорбция и десорбция. Кинетика адсорбции. Термическая десорбция. Кинетика десорбции. Десорбционная спектроскопия. Элементарные процессы на поверхности. Диффузия.	2	2	4	Изотермы адсорбции. Нетермическая десорбция	4	Устный опрос, конспект, доклад,	Осн.лит [1]-[2], Доп.лит [1], [5],

	Основные уравнения. Случайное блуждание. Законы Фика							
11-12	Экспериментальные условия изучения поверхности. Почему нужен сверхвысокий вакуум? Основные понятия вакуумной техники. Техника сверхвысокого вакуума. СВВ материалы. СВВ система откачки. Сверхвысоковакуумное оборудование. Приготовление атомарно чистой поверхности. Скол. Прогрев. Химическая обработка. Ионное распыление и отжиг.	2	2	4	Техника напыления в вакууме. Основные понятия. Источники напыления. Кварцевый измеритель толщины пленок. Экспозиция образцов в газах.	6	Устный опрос, конспект, доклад,	Осн.лит [1]-[2], Доп.лит [1], [5],
13-14	Методы анализа поверхности I. Дифракция. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Построение Эвальда для ДМЭ. Аппаратура ДМЭ. Интерпретация картины ДМЭ. Дифракция быстрых электронов (ДБЭ). Построение Эвальда для ДБЭ. Аппаратура ДБЭ. ДБЭ анализ. Рентгеновская дифракция под скользящими углами (РДСУ). Преломление рентгеновских лучей при скользящем падении. Построение Эвальда для РДСУ и основы кинематической теории дифракции. Экспериментальное оборудование для РДСУ. Структурный анализ с помощью РДСУ.	4	4	4	Другие дифракционные методы. Просвечивающая электронная дифракция. Атомное рассеяние. Фотоэлектронная дифракция и электронная оже-дифракция	6	Устный опрос, конспект, доклад,	Осн.лит [1]-[2], Доп.лит [1], [5],
15-16	Методы анализа поверхности II. Электронная спектроскопия. Общие замечания. Чувствительность к поверхности. Спектр вторичных электронов. Анализаторы энергии электронов. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Физические принципы. Экспериментальное оборудование для ЭОС.	2	2	4	Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС). Фотоэлектрический эффект. Экспериментальное оборудование ФЭС. Анализ с помощью метода	4	Устный опрос, конспект, доклад,	Осн.лит [1]-[2], Доп.лит [1], [5],

	Оже-анализ. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами (СХПЭЭ). СХПЭЭ глубоких уровней. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами. СХПЭЭ высокого разрешения.				ФЭС.			
	ИТОГО	18	18	36		36		

Содержание дисциплины. Лабораторные работы)

№ работы	Название работы	Объем часов		Оборудование	Литература
		Аудиторные работы	Самостоятельные работы		
1	Работа с оборудованием для получения и измерения сверхвысокого вакуума.	6	3	Сверхвысоковакуумная установка	(3,4,10)
2	Определение работы выхода электрона полупроводников методом Кельвина.	6	2	Установка для измерения контактной разности потенциалов	(6,10)
3	Исследование полупроводников методом эффекта поля.	6	3	Экспериментальная установка	(7,8,10)
4	Изучение релаксационных процессов на поверхности.	6	2	Экспериментальная установка МОП-структурой	(8,9,10)
5	Исследование полупроводников методом поверхностной фотопроводимости	6	2	Экспериментальная установка	(4,7,8,9,10)
6	Изучение морфологии поверхности на растровом электронном микроскопе	6	2	Растровый электронный микроскоп	(4,9,10)

Примечания:

– Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.

– В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте, а также с использованием Webex, платформы дистанционного обучения Moodle, личный кабинет студента на сайте СОГУ, других элементов ЭИОС СОГУ.

6. Образовательные технологии

Традиционные лекции и практические (семинарские) занятия с использованием современных интерактивных технологий. Лекции с использованием мультимедийных презентаций, лекции-беседы, лекции-диалоги, эвристические лекции, лекции-визуализации, практические занятия, самостоятельная работа студентов, компьютерное тестирование.

Лекция-диалог – содержание подается через серию вопросов, на которые студент должен отвечать непосредственно в ходе лекции.

Лабораторное занятие - форма учебного занятия, при которой студент под руководством преподавателя проводит естественные или имитационные эксперименты или опыты с целью подтверждения отдельных теоретических положений определенной учебной дисциплины, приобретает практические навыки работы с лабораторным оборудованием, оборудованием, вычислительной техникой, измерительной аппаратурой, методикой экспериментальных исследований. Лабораторные занятия не только закрепляют теоретические знания, но и позволяют студенту глубоко изучать механизм применения этих знаний, овладевать важным для специалиста умением интеллектуального проникновения в те естественно-технические или производственные процессы, которые исследуют на лабораторном занятии. Под влиянием этой формы занятий студентов часто возникают новые идеи научного и технического характера, которые используются в курсовых, квалификационных, дипломных работах. Лабораторные занятия в значительной степени обеспечивают отработку умений и навыков принятия практических решений в реальных условиях производства.

Лабораторные занятия не только закрепляют теоретические знания, но и позволяют студенту глубоко изучать механизм применения этих знаний, овладевать важным для специалиста умением интеллектуального проникновения в те естественно-технические или производственные процессы, которые исследуют на лабораторном занятии. Под влиянием этой формы занятий студентов часто возникают новые идеи научного и технического характера, которые используются в курсовых, квалификационных, дипломных работах. Лабораторные занятия в значительной степени обеспечивают отработку умений и навыков принятия практических решений в реальных условиях производства.

Перечень тем лабораторных занятий определяется рабочей программой учебной дисциплины. Количество студентов на таких занятиях не превышает половины академической группы. Приступая к работе в лаборатории, студенту следует знать, что любое несоблюдение расписания занятий и дисциплины будет считаться нарушением его служебных обязанностей. Преподаватель, который впервые встречается со студентами на вводном занятии, должен ознакомить их с общими правилами работы в лаборатории, которые они обязаны неукоснительно выполнять.

Онлайн-семинар – разновидность веб-конференции, проведение онлайн-встреч или презентаций через Интернет в режиме реального времени. Каждый из участников находится у своего компьютера (средства связи), а связь между ними поддерживается через Интернет посредством загружаемого приложения, установленного на компьютере каждого участника (Zoom, Meet, Skype и др.).

Видеоконференция – сеанс видеоконференцсвязи (ВКС) – это технология

интерактивного взаимодействия двух и более участников образовательного процесса для обмена информацией в реальном режиме времени.

Используются интерактивные методы обучения: ситуационные задачи, исследовательский метод обучения, деловые игры, подготовка и публичная защита рефератов. Используются рейтинговая технология, технологии дистанционного обучения. Используются интерактивные методы обучения: ситуационные задачи, исследовательский метод обучения, деловые игры, подготовка и публичная защита рефератов.

Технология электронного обучения (реализуется при помощи электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного компьютерного тестирования и т. д.).

Используются балльно-рейтинговая система оценки знаний, технологии с применением дистанционного обучения на платформе http://lms.nosu.ru/.

Примечания:

- Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основе локальных нормативных актов.

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

− систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся студентов;

− углубления и расширения теоретических знаний;

− формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

− развития исследовательских умений.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется на протяжении изучения всей дисциплины в соответствии с утвержденной в учебном плане трудоемкостью и состоит из:

- работы студентов с лекционными материалами, поиска и анализа литературы и электронных источников информации по заданной теме;
- выполнения заданий для самостоятельной работы в ЭИОС СОГУ;
- изучения теоретического и статистического материала для подготовки к семинарским занятиям;
- подготовки к экзамену.

Самостоятельная работа студентов проводится в виде письменных домашних заданий (в том числе, разноуровневых заданий), подготовки конспектов по темам практических занятий. Студенты письменно выполняют задания для самостоятельной работы, пользуясь теоретическим материалом (лекции, учебная литература и интернет-ресурсы по данной теме), после чего проводится обсуждение данной темы под руководством преподавателя.

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение, а также учебная литература и методический материал по организации самостоятельной работы студентов отражены в Учебно-методической карте дисциплины, а также на сайте дистанционного обучения СОГУ площадка системы «MOODLE» по ссылке: http://lms.nosu.ru/.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе, студентам следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.

При подготовке заданий по самостоятельной работе студентам необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы:

проводить поиск в различных системах, таких как общие поисковые системы: www.yandex.ru, www.google.ru, а также специальные поисковые системы: www.chem.msu.su, www.chemnavigator.hotbox.ru.

Задания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика поверхности»

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Задания для самостоятельной работы составляются по разделам и темам, по которым не предусмотрены аудиторные занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Задания по самостоятельной работе по дисциплине могут быть следующих видов:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях и деловых играх;
- выполнение контрольных работ, творческих (проектных) заданий;
- решение задач;
- моделирование и/или анализ конкретных проблемных ситуаций;
- анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа и т.д.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (экзамен). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

Самостоятельная работа студентов включает выполнение домашних заданий к каждому лабораторному и практическому занятию. Задания содержат устную подготовку по теоретическим вопросам.

Для подготовки к занятиям студенты пользуются учебниками и учебными пособиями, указанными в списке рекомендованной литературы, а также интернет-источниками. Все методические материалы представлены в системе дистанционного обучения СОГУ (Сайт ДО СОГУ на площадке системы «MOODLE» по ссылке: http://lms.nosu.ru/).

Методические рекомендации по написанию рефератов (докладов)

Реферат (доклад)— письменная работа, содержащая краткое изложение актуальной научной проблемы и ее современной трактовки на основе последних научных изысканий

по этой теме. Он является действенной формой самостоятельного исследования актуальных исторических проблем на основе изучения соответствующих разделов учебных пособий, специальной монографической литературы, а также научных статей, отражающих последний исследовательский опыт в области изучаемого вопроса. Реферат помогает выработать навыки и приемы самостоятельного научного поиска, грамотного и логического изложения материала, способствует приобщению студентов к научно-исследовательской деятельности.

Последовательность работы:

1. Выбор темы исследования. Тема реферата выбирается студентом на основе его научного интереса. Также помощь в выборе темы может оказать преподаватель.

2. Планирование исследования. Включает составление плана реферата и календарного плана научного исследования. Календарный план исследования включает следующие элементы: выбор и формулирование проблемы, разработка плана исследования и предварительного плана реферата; сбор и изучение исходного материала, поиск литературы; анализ собранного материала, теоретическая разработка проблемы; сообщение о предварительных результатах исследования; окончательный вариант работы; обсуждение реферата (на семинаре и т. п.).

План реферата характеризует его содержание и структуру. Он должен включать в себя: введение, где обосновывается актуальность проблемы, ставятся цель и задачи исследования; основная часть, в которой раскрывается содержание проблемы; заключение, где обобщаются выводы по теме и даются практические рекомендации.

3. Поиск и изучение литературы. Для выявления необходимой литературы следует обратиться в библиотеку или к преподавателю. Подобранную литературу следует зафиксировать согласно ГОСТ по библиографическому описанию произведений печати.

Для разработки реферата достаточно изучения 4-5 важнейших статей по избранной проблеме. При изучении литературы необходимо выбирать материал, не только подтверждающий позицию автора реферата, но и материал для полемики.

4.Обработка материала. При обработке полученного материала автор должен: систематизировать его по разделам; выдвинуть и обосновать свои гипотезы; определить свою позицию, точку зрения по рассматриваемой проблеме; уточнить объем и содержание понятий, которыми приходится оперировать при разработке темы; сформулировать определения и основные выводы, характеризующие результаты исследования; окончательно уточнить структуру реферата.

5. Оформление реферата. При оформлении реферата рекомендуется придерживаться следующих правил: Следует писать лишь то, чем автор хочет выразить сущность проблемы, ее логику; Писать строго последовательно, логично, доказательно (по схеме: тезис – обоснование – вывод); Писать ярко, образно, живо, не только вскрывая истину, но и отражая свою позицию, пропагандируя полученные результаты; Писать осмысленно, соблюдая правила грамматики, не злоупотребляя наукообразными выражениями.

Реферат выполняется в соответствии с требованиями стандартов, разработанных для данного вида документов. Работа должна быть выполнена на белой бумаге стандартного листа А4. Текст должен быть отпечатан на компьютере в текстовом редакторе Microsoft Word и отвечать следующим требованиям: параметры полей страниц должны быть в пределах: верхнее и нижнее – по 20 мм, правое – 10 мм, левое – 30 мм,

шрифт – Times New Roman , размер шрифта – 14, межстрочный интервал – полуторный. Лента принтера – только чёрного цвета. Нумерация страниц в реферате должна быть сквозной, начиная со второй страницы.

При изложении материала необходимо придерживаться принятого плана.

Библиографический список составляется на основе источников, которые были просмотрены и изучены студентом при написании реферата. Данный список отражает самостоятельную творческую работу студента, что позволяет судить о степени его подготовки и углублении в выбранную тематику. Вся использованная литература размещается в следующем порядке: законодательные акты, постановления, нормативные документы; вся учебная литература в алфавитном порядке, затем средства периодической печати в алфавитном порядке; источники из сети Интернет.

Методические рекомендации по использованию информационно-коммуникативных технологий обучения

Для изучения лекционного материала дисциплины применяются аудиовизуальные (мультимедийные) технологии, которые не отрицают традиционные, проверенные временем методы преподавания, но, при этом, они повышают наглядность, информативность, оперативность в подаче информации, позволяют экономить время занятий.

Каждое практическое (семинарское) занятие имеет свою особую форму проведения, свою методологическую специфику, что позволяет развивать у студентов различные как общекультурные, так и профессиональные компетенции. Постановка проблемы, разбор актуальных конкретных и гипотетических ситуаций, создание атмосферы диалога между преподавателем и группой позволяет работать индивидуально и в малых группах, коллективно обсуждать определенный темами материал, а также инициировать самостоятельную работу студентов. При осмыслении содержания вопросов практических занятий преследуется цель соблюдать преемственность в профессиональном и в творческом развитии студентов.

Контроль самостоятельной работы студентов призван сделать процесс обучения более целостным и органичным. Его задача не оставить без внимания даже, на первый взгляд, малозначительные вопросы.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Образовательные технологии

Лекции, лекции-беседы, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Используются интерактивные методы обучения: творческие задания, разработка проектов, исследовательский метод обучения, рефераты, семинары.

№	Тема	Вид занятия	Количество часов	Активные формы	Интерактивные формы
1	Работа с оборудованием для получения и измерение сверхвысокого вакуума.	Лабораторные	8	Предварительный допуск к выполнению практической части лабораторной работы	Определение погрешности измерения с помощью компьютерных программ

2	Определение работы выхода электрона полупроводников методом кельвина.	Лабораторные	6	Предварительный допуск к выполнению практической части лабораторной работы	Определение погрешности измерения с помощью компьютерных программ
3	Исследование полупроводников методом эффекта поля.	Лабораторные	6	Предварительный допуск к выполнению практической части лабораторной работы	Определение погрешности измерения с помощью компьютерных программ
4	Изучение релаксационных процессов на поверхности.	Лабораторные	6	Предварительный допуск к выполнению практической части лабораторной работы	Определение погрешности измерения с помощью компьютерных программ
5	Исследование полупроводников методом поверхностной фотопроводимости.	Лабораторные	6	Предварительный допуск к выполнению практической части лабораторной работы	Определение погрешности измерения с помощью компьютерных программ
6	Изучение морфологии поверхности на растровом электронном микроскопе	Лабораторные	6	Предварительный допуск к выполнению практической части лабораторной работы	Определение погрешности измерения с помощью компьютерных программ

8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Рабочая программа предусматривает проведение лекционных и практических занятий, а также следующие виды работ: самостоятельную работу студентов по подготовке устных сообщений, написанию докладов и эссе, подготовку презентаций и обсуждений по темам дисциплины - работу в активной и интерактивной формах.

Рабочая программа предполагает текущий и промежуточный контроль знаний.

Текущий контроль – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра или учебного года. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля

выступают опросы на семинарских и практических занятиях, а также короткие (до 15 мин.) задания, выполняемые студентами в начале лекции с целью проверки наличия знаний, необходимых для усвоения нового материала или в конце лекции для выяснения степени усвоения изложенного материала.

Рубежный контроль осуществляется по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра проводится два таких контрольных мероприятия по графику.

БАЛЛЬНАЯ СТРУКТУРА ОЦЕНКИ.

Форма контроля	**Мин. кол-во баллов**	**Макс. кол-во баллов**
Текущая оценка студента в течение 1-8 недели состоит из: • Выполнение письменных домашних заданий по темам занятий и самостоятельной работы (конспектов) – **9 б** • Подготовка и ответы на практических занятиях (коллоквиумы) – **1 б● 8 =8 б** • Подготовка и выполнение лабораторных работ - **1 б● 8 =8 б**	**0**	**25**
1-я рубежная письменная контрольная работа	**0**	**25**
Текущая оценка студента в течение 10-17 недели состоит из: • Выполнение письменных домашних заданий по темам занятий и самостоятельной работы (конспектов) – **9 б** • Подготовка и ответы на практических занятиях (коллоквиумы) – **1 б● 8 =8 б** • Подготовка и выполнение лабораторных работ - **1 б● 8 =8 б**	**0**	**25**
2-я рубежная письменная контрольная работа	**0**	**25**
Итого	**0**	**100**

Контрольные задания (демоверсии) для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

1) Типовые задания для практических (семинарских) занятий

Работа №1

1. Понятие о вакууме. Низкий, средний, высокий и сверхвысокий вакуум.
2. Средства получения низкого вакуума.
3. Средства получения среднего и высокого вакуума. Пространственные насосы. Безмасленые средства откачки.
4. Оборудование и методика получения сверхвысокого вакуума.
5. Средства для измерения вакуума. Нанометры и вакуумметры.
6. Практическая часть. Получение и измерение вакуума.

Работа №2

1. Понятие работы выхода. Виды работы выхода.
2. Метод контактной разности потенциалов.
3. Физические основы метода Кельвина.
4. Оборудование и порядок выполнения работы.

Работа№3

1. Понятие о поверхностных состояниях.
2. Физические основы эффекта поля.
3. Объяснить с помощью зонной энергетической диаграммы полупроводника эффект поля.
4. Оборудование и порядок выполнения работы.

Работа №4

1. Понятие о поверхностных состояниях.
2. МОП-структуры. Принципы работы МОП-транзистора.
3. Объяснить с помощью зонной энергетической диаграммы принцип работы МОП-транзистора.
4. Оборудование и порядок выполнения работы.

Работа№5

1. Понятие о фотопроводимости.
2. Понятие о поверхностных состояниях.
3. С помощью зонной энергетической диаграммы полупроводника объяснить разницу между объемной и поверхностной фотопроводимости.
4. Оборудование и порядок выполнения работы.

Работа№6

1. Физические основы электронной микроскопии.
2. Устройство растрового электронного микроскопа РЭМ-200.
3. Практическое исследование морфологии поверхности.

Критерий оценки устного и письменного ответа на лабораторном занятии по дисциплине (коллоквиуме)

Оценка	Характеристика ответа
5	Содержание ответа соответствует освещаемому вопросу, полностью раскрыта в ответе тема, ответ структурирован, даны правильные аргументированные ответы на уточняющие вопросы, демонстрируется высокий уровень участия в дискуссии.
4	Содержание ответа соответствует освещаемому вопросу, полностью раскрыта в ответе тема, даны правильные, аргументированные ответы на уточняющие вопросы, но имеются неточности, при этом ответ неструктурирован и демонстрируется средний уровень участия в дискуссии.
3	Содержание ответа соответствует освещаемому вопросу, но при полном раскрытии темы имеются неточности, даны правильные, но не аргументированные ответы на уточняющие вопросы, демонстрируется низкий уровень участия в дискуссии, ответ неструктурирован, информация трудна для восприятия.
2	Содержание ответа соответствует освещаемому вопросу, но при полном раскрытии темы имеются неточности, демонстрируется слабое владение категориальным аппаратом, даны правильные, но не аргументированные ответы на уточняющие вопросы, участие в дискуссии отсутствует, ответ неструктурирован, информация трудна для восприятия.

2)Тематика рефератов (для формирования компетенций Пк-1, ПК-3)

1. Физические основы электронной микроскопии.
2. Устройство растрового электронного микроскопа РЭМ-200.
3. Метод контактной разности потенциалов.
4. Понятие о поверхностных состояниях.
5. МОП-структуры. Принципы работы МОП-транзистора.
6. Метод эффекта поля
7. Метод туннельной спектроскопии.
8. Электронная Оже-спектроскопия
9. Электронная спектроскопия.
10. Вторично ионная масс-спектроскопия.

Оценочный лист защиты рефератов (докладов)

Оценка	Критерий оценки краткого сообщения
5	Содержание краткого сообщения соответствует освещаемому вопросу, тема полностью раскрыта, сообщение структурировано, даны правильные аргументированные ответы на уточняющие вопросы, демонстрируется высокий уровень участия в дискуссии.
4	Содержание краткого сообщения соответствует освещаемому вопросу, тема полностью раскрыта, даны правильные, аргументированные ответы на уточняющие вопросы, но имеются неточности, при этом сообщение не структурировано и демонстрируется средний уровень участия в дискуссии.
3	Содержание краткого сообщения соответствует освещаемому вопросу, но при полном раскрытии темы имеются неточности, даны правильные, но не аргументированные ответы на уточняющие вопросы, демонстрируется низкий уровень участия в дискуссии, сообщение не структурировано, информация трудна для восприятия.
2	Содержание краткого сообщения соответствует освещаемому вопросу, но при полном раскрытии темы имеются неточности, демонстрируется слабое владение категориальным аппаратом, даны правильные, но не аргументированные ответы на уточняющие вопросы, участие в дискуссии отсутствует, сообщение не структурировано, информация трудна для восприятия.

4) Вопросы к рубежным контрольным работам (ПК-1, ПК-3):

Вопросы к 1 рубежной работе

1. Понятие о идеальной и реальной поверхности.
2. Анализ поверхности методом быстрых электронов.
3. Роль поверхности и грани раздела в современной технологии и физике.
4. Анализ поверхности методом дифракции медленных электронов.
5. Атомарно-чистая поверхность. Состояние Тамма, Шокли.
6. Метод дифракции рентгеновских лучей под скользящими углами.
7. Быстрые и медленные поверхностные состояния.
8. Электронная Оже-спектроскопия.
9. Двухмерные решетки Бравэ.
10. Полевая ионная микроскопия.
11. Атомные модели сверхструктур на поверхности полупроводников.
12. Метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
13. Поверхностная проводимость.
14. Электронная спектроскопия. Спектр вторичных электронов.

15. Акцепторные и донорные поверхностные состояния. Изгиб энергетических зон вблизи поверхности.
16. Метод туннельной спектроскопии.
17. Ячейка Вигнера-Зейтца.
18. Полевая ионная спектроскопия.
19. Работа выхода. Метод Кельвина.
20. Метод фотопроводимости.
21. Явление адсорбции и десорбции на поверхности твердых тел.
22. Метод эффекта поля.
23. Формирование наноструктур.
24. Иточники и анализаторы ионов.

Вопросы ко 2 рубежной работе

1. Возникновение области пространственного заряда (ОПЗ) на поверхности и при контакте гетероструктур.
2. Метод электронной Оже спектроскопии.
3. Построить зонную диаграмму для поверхности собственного полупроводника.
4. Собственные и несобственные поверхностные состояния.
5. Туннельная спектроскопия
6. Контактная разность потенциалов в гетеропереходе на примере металл-полупроводник.
7. Поверхностная проводимость. Эффект поля.
8. Метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
9. Определить контактную разность потенциалов по вольт-амперной характеристике.
10. Особенности атомарно-чистой поверхности.
11. Электронная спектроскопия. Анализаторы энергии электронов.
12. Построить зонную диаграмму с инверсионной проводимостью.
13. Процессы адсорбции и десорбции на поверхности кристаллов. Уравнения Фика.
14. Метод фотопроводимости для анализа реальной поверхности.
15. Как на атомарно-чистой поверхности кремния могут быть изогнуты зоны и почему?
16. Способы получения атомарно-чистой поверхности.
17. Оптические методы исследования поверхности.
18. Рассчитать толщину ОПЗ по вольт-фарадной характеристике барьера Шоттки.
19. Влияние окружающей среды на состояние поверхности кристалла.
20. Метод рентгеновской дифракции поверхности под скользящими лучами.
21. Построить зонную диаграмму кремния n-типа, с акцепторно-подобными поверхностными состояниями.

5) Примеры тестовых заданий по дисциплине (ПК-1, ПК-3):

Не предусмотрено

Критерии оценивания:

Всего в тесте 25 вопросов. За каждый правильный ответ – 1 балл.

Промежуточный контроль - итоговая оценка знаний студента, осуществляется по накопительной системе суммированием баллов, полученных в процессе текущего и рубежного контроля.

Форма промежуточного контроля – экзамен.

Проведение текущего и промежуточного контроля по дисциплине осуществляется в соответствии с Положением СОГУ.[1]

Методика формирования результирующей оценки[2]

В ходе текущего контроля студенты могут набрать 0-100 баллов:

1 –я рубежная аттестация - максимально 50 баллов; из них:

От 0 до 25 баллов (рубежная аттестация) – тестирование в центре тестирования СОГУ или контрольная работа;

От 0 до 25 баллов(текущая оценка) – активная работа за данный период на семинарских (практических) занятиях

2-я рубежная аттестация – максимально 50 баллов; из них:

От 0 до 25 баллов (рубежная аттестация) – тестирование в центре тестирования СОГУ;

От 0 до 25 баллов (текущая оценка)– активная работа за данный период на семинарских (практических) занятиях

Промежуточный контроль:

Для экзамена:

За устный ответ на экзамене студент получает 0-50 баллов.

Студенты, получившие в ходе текущего и рубежного контроля 56-100 баллов, автоматически получают «Экзамен».

Результирующая оценка складывается по соответствующей БРС формуле.

Шкала итоговой академической успеваемости студентов по дисциплине

Система оценок СОГУ		
Форма контроля	**Сумма баллов**	**Название**
Экзамен	86 - 100	отлично
	71-85	хорошо
	56-70	удовлетворительно

Вопросы для подготовки к экзамену (ПК-1, ПК-3):

1. Понятие о идеальной и реальной поверхности.
2. Анализ поверхности методом быстрых электронов.
3. Роль поверхности и грани раздела в современной технологии и физике.
4. Анализ поверхности методом дифракции медленных электронов.
5. Атомарно-чистая поверхность. Состояние Тамма, Шокли.
6. Метод дифракции рентгеновских лучей под скользящими углами.
7. Быстрые и медленные поверхностные состояния.
8. Электронная Оже-спектроскопия.
9. Двухмерные решетки Бравэ.
10. Полевая ионная микроскопия.
11. Атомные модели сверхструктур на поверхности полупроводников.

[1] Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры и специалитета в СОГУ (в последней редакции от 08.07.20 г. Пр. № 173).

[2] В соответствии с Положением о БРС оценивания обучающихся очной формы по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата и специалитета в ФГБОУ ВО СОГУ (от 05.03.2018 г., пр.№ 47)

12. Метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
13. Поверхностная проводимость.
14. Электронная спектроскопия. Спектр вторичных электронов.
15. Акцепторные и донорные поверхностные состояния. Изгиб энергетических зон вблизи поверхности.
16. Метод туннельной спектроскопии.
17. Ячейка Вигнера-Зейтца.
18. Полевая ионная спектроскопия.
19. Работа выхода. Метод Кельвина.
20. Метод фотопроводимости.
21. Явление адсорбции и десорбции на поверхности твердых тел.
22. Метод эффекта поля.
23. Формирование наноструктур.
24. Иточники и анализаторы ионов.
25. Возникновение области пространственного заряда (ОПЗ) на поверхности и при контакте гетероструктур.
26. Метод электронной Оже спектроскопии.
27. Построить зонную диаграмму для поверхности собственного полупроводника.
28. Собственные и несобственные поверхностные состояния.
29. Туннельная спектроскопия
30. Контактная разность потенциалов в гетеропереходе на примере металл-полупроводник.
31. Поверхностная проводимость. Эффект поля.
32. Метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
33. Определить контактную разность потенциалов по вольт-амперной характеристике.
34. Особенности атомарно-чистой поверхности.
35. Электронная спектроскопия. Анализаторы энергии электронов.
36. Построить зонную диаграмму с инверсионной проводимостью.
37. Процессы адсорбции и десорбции на поверхности кристаллов. Уравнения Фика.
38. Метод фотопроводимости для анализа реальной поверхности.
39. Как на атомарно-чистой поверхности кремния могут быть изогнуты зоны и почему?
40. Способы получения атомарно-чистой поверхности.
41. Оптические методы исследования поверхности.
42. Рассчитать толщину ОПЗ по вольт-фарадной характеристике барьера Шоттки.
43. Влияние окружающей среды на состояние поверхности кристалла.
44. Метод рентгеновской дифракции поверхности под скользящими лучами.
45. Построить зонную диаграмму кремния n-типа, с акцепторно-подобными поверхностными состояниями.

Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Уровень сформированности компетенций			
«Минимальный уровень не достигнут» (менее 55 баллов)	**«Минимальный уровень» (56-70 баллов)**	**«Средний уровень» (71-85 баллов)**	**«Высокий уровень» (86-100 баллов)**
Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы.	*Компетенции сформированы.* Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	*Компетенции сформированы.* Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	*Компетенции сформированы.* Знания твердые, аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка
Описание критериев оценивания			
Обучающийся демонстрирует: - существенные пробелы в знаниях учебного материала; - допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий; - отсутствие умения выполнять практические задания, предусмотренные программой дисциплины; - отсутствие готовности (способности) к дискуссии и низкую степень контактности.	Обучающийся демонстрирует: - знания теоретического материала; - неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; - неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы; - недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины; - умение без грубых ошибок решать практические задания, которые следует выполнить.	Обучающийся демонстрирует: - знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - твердые знания теоретического материала. -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; - правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы; - умение решать практические задания, которые следует выполнить;	Обучающийся демонстрирует: - глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; - полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий в рамках обсуждаемых заданий; - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории; - логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания, а также дополнительные

		- владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины; - наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам. Возможны незначительные оговорки и неточности в раскрытии отдельных положений вопросов, присутствует неуверенность в ответах.	вопросы экзаменатора; - умение решать практические задания; - свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.
Оценка «неудовлетворительно» /не зачтено	**Оценка «удовлетворительно» / «зачтено»**	**Оценка «хорошо» / «зачтено»**	**Оценка «отлично» / «зачтено»**

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебники			Электронные издания
Наименование	Автор	Год издания	
Основные			
Физика поверхности	Э. Зенгуил	М.: мир, 1990г.	
Поверхности и границы раздела полупроводников	Ф. Бехштедт Р. Эндерлайн	М.: мир, 1990г.	
Введение в физику поверхности	М. Граттон	2000г.	
Методы анализа поверхности	Под ред. А. Зандерны	М.: мир, 1979г.	
Введение в физику поверхности	К. Оуфа В.Г. Лифшиц А.А. Саранин А.В. Зотов М. Катаяма	М,: наука 2006г.	
Дополнительные			
Адсорбционные процессы на поверхности полупроводников и диэлектриков	В. Ф. Киселев, О.В. Крылов	М.: наука, 1978г.	
Поверхностные свойства твердых тел	Под ред. М.Грина	М.: мир, 1972г.	
Физика-химия поверхности полупроводников	К.Р. Волькенштейн	М.: наука, 1981г.	
Поверхностные свойства твердых тел	С.И. Ржанов	М.: Гостехизд,	

		1987г.	
Учебно-методические пособия			
Физика поверхности и поверхностных явлений	А. П. Блиев	1992г.	
Методические указания к лабораторным работам		2005г.	

электронные библиотечные системы, с которыми у СОГУ имеется действующий договор, современные профессиональные базы, информационные справочные системы:

– eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – URL: http://www.elibrary.ru.

– База данных «ЭБС elibrary»: http://elibrary.ru

– Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: http://biblio-online.ru.

- Университетская библиотека online [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: http://www.biblioclub.ru.

– Справочная правовая система КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/.

– Информационно-правовой портал «Гарант». – URL: http://www.garant.ru/.

10.Материально-техническое оснащение дисциплины:

Ауд. 21 Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: преподавательский стол; стул; столы обучающихся; стулья; кафедра; классная доска

Ауд. 21 Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы обучающихся: преподавательский стол; стул; столы обучающихся; стулья; кафедра; классная доска

Ауд. 15 Лаборатории: Оборудование для проведения лабораторных работ по курсу «Физика поверхности»

Ауд. 27 компьютерные классы: преподавательский стол, преподавательский стул, столы обучающихся, стулья, классная доска, мультимедийный комплекс (проектор, экран), колонки, ПК преподавателя, ПК обучающихся, программное обеспечение: Adobe flash player 31; Adobe reader 10; Java 6.0; K-Lite Codec Pack; Win rar; Microsoft Office 10; Microsoft Visio 10; Kaspersky Endpoint Security для бизнеса; Консультант плюс

Библиотека, в том числе читальный зал: столы , стулья, ПК обучающихся, программное обеспечение: Adobe flash player 31; Adobe reader 10; Java 6.0; K-Lite Codec Pack; Win rar; Microsoft Office 10; Microsoft Visio 10; Microsoft Visual studio; Kaspersky Endpoint Security

Состав лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

№ п/п	Наименование	№ договора (лицензия)
1.	Windows 7 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г.
2.	Office Standard 2016	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г.
3.	Антивирусное программное обеспечение KasperksyTotalSecurity	№17E0-180222-130819-587-185 от 26.02. 2018 до 14.03.2019 г, продлена до 2021 г.
4.	Программа для ЭВМ «Банк вопросов для контроля знаний»	Разработка СОГУ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015611829 от 06.02.2015 г. (бессрочно)
5.	CiscoWebex- Система проведения вебинаров.	ООО Айстекдоговор № Д83-2020 от 10.08.2020-10.08.2021 г.

11. Лист обновления/ актуализации

Программа актуализирована: пересмотрена, дополнена.
Внесенные изменения и дополнения утверждены на заседании кафедры физики конденсированного состояния

Протокол заседания кафедры от 30.06 2020 г. № 9.