

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет
имени Коста Левановича Хетагурова»*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Физика конденсированного состояния:
Физика твердого тела»

Направление **03.03.02 Физика**

Профили: **«Физика конденсированного состояния»**

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Год начала подготовки – 2026

Утверждена в составе ОПОП

Составитель: доцент кафедры физики конденсированного состояния Кесаев В.И.

Владикавказ 2026

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы (180 часа).

Форма промежуточной аттестации – экзамен, зачет

	Очная форма обучения	
Курс	3	4
Семестр	6	7
Лекции	32	
Практические занятия	32	
Лабораторные работы		32
СРП		18
Итого аудиторных занятий	64	50
Самостоятельная работа	8	22
Форма контроля	экзамен	зачёт
Контроль	36	
Общее количество часов	180	

2. Цели освоения дисциплины

Цель курса. «Физика конденсированного состояния: физика твердого тела» состоит в систематическом изложении способов и методов применения основных принципов классической и квантовой теории к исследованию свойств, кристаллических твердых тел.

Задачи дисциплины: -формирование представлений об основных понятиях и идеях физики твердого тела и методах решения задач; - демонстрация способов применения этих представлений в различных областях науки и техники; знакомство студентов с экспериментальными и теоретическими методами, применяемыми при исследованиях в этой области.

Курс предназначен для обучения специалистов, которые будут в своей последующей работе либо непосредственно заниматься экспериментальной деятельностью, либо использовать данные различных экспериментов. Для этого необходимы знания об устройстве и принципе работы современных экспериментальных установок и измерительных приборов, технологиях измерений различных физических величин, технологиях проверки и обработки экспериментальных данных. Для ориентации в окружающей деятельности и для поддержания контактов с экспериментаторами курс необходим также и будущим теоретикам.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП: Базовая часть. Б1.В.01.02

Данная учебная дисциплина включена в раздел Б1.В.01.02. Общепрофессиональный основной образовательной программы 03.03.02 Физика. Осваивается на 3-4 курсе, 2-1 семестр.

Дисциплина "Физика твердого тела" 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.

«Физика конденсированного состояния: физика твердого тела» состоит в систематическом изложении способов и методов применения основных принципов классической и квантовой теории к исследованию свойств кристаллических твердых тел.

При освоении данной дисциплины обучающийся сможет продемонстрировать (частично) следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ) и трудовые функции (ТФ):

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенная трудовая функция (ОТФ)			Трудовая функция (ТФ)	
	Код	Наименование ОТФ	Уровень квалификации	Наименование ТФ	Код
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования (воспитатель, учитель). Наименование вида профессиональной деятельности: Дошкольное образование. Начальное общее образование. Основное общее образование. Среднее общее образование	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса в образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6
				Воспитательная деятельность	А/02.6
				Развивающая деятельность	А/03.6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего, общего образования	В/03.6

4. Требования к результатам освоения дисциплины

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

1. Универсальные компетенции (УК):

Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и педагогический	
УК-8. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения	УК-8.1: знаком с общей характеристикой обеспечения безопасности и устойчивого развития в различных сферах жизнедеятельности; классификацией чрезвычайных ситуаций военного характера, принципами и способами организации защиты населения от опасностей,

поставленных задач	возникающих в мирное время и при ведении военных действий; УК-8.2: Анализирует факторы вредного влияния элементов среды обитания (технических средств, технологических процессов, материалов, зданий и сооружений, природных и социальных явлений); УК-8.3: применяет основные методы защиты при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов в повседневной жизни и профессиональной деятельности.
--------------------	---

2. Профессиональные компетенции (ПК):

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и педагогический	
ПК-3. Способен проводить фундаментальные и прикладные исследования, инновационные разработки в области прикладной физики	ПК-3.1. Проводит экспериментальные измерения на установках и стендах; ПК-3.2. Выполняет сопоставление расчетных и экспериментальных данных; создает математические модели физических процессов, протекающих в экспериментальных стендах и установках; ПК-3.3. Проводит оценку погрешностей результатов измерений.

Взаимосвязь планируемых результатов обучения по дисциплине с формируемыми компетенциями ОПОП:

Компетенции	Планируемые результаты обучения, соответствующие формируемым компетенциям ОПОП		
Формулировка			
	Знать:	Уметь:	Владеть:
Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	готов реализовывать образовательные программы по учебному предмету в соответствии с требованиями образовательных стандартов	готов реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов	научной терминологией, понятийным аппаратом физики поверхности, основами физического эксперимента.
Способен	- современные	- использовать базовые	научной терминологией,

проводить фундаментальные и прикладные исследования, инновационные разработки в области прикладной физики	базовые и специализированные теоретические представления о природе вещества в конденсированном состоянии - актуальные проблемы и приоритетные направления исследований в области физики конденсированного состояния - - современные методы и подходы для решения теоретических и экспериментальных задач в области физики конденсированного состояния вещества	теоретические знания, знания основ физического эксперимента в научных исследованиях в области физики конденсированного состояния - - выбирать и применять адекватные экспериментальные / расчетно-теоретические методы исследований поверхности	понятийным аппаратом физики поверхности, основами физического эксперимента.
---	--	--	---

Общим средством контроля является введенная в университете балльно-рейтинговая система оценки успеваемости студентов специалитета и направлений бакалавриата.

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств. Для этого используется проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, а также материалы на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей.

5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

№	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литература
		л	пр	Содержание	Часы		
1	Силы связи	4	4	Водородная связь	1	Устный опрос, сообщения по вопросам темы,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
2	Внутренняя структура твердых тел	4	4			Устный опрос, доклад, конспект,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
3	Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах	2	2	Квантовый характер нормальных колебаний. Фононы. Энергия решетки, теория Эйнштейна и Дебая. Концентрация и средний импульс фононов.	1	Устный опрос, доклад, конспект,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
4	Элементы физической статистики	4	4	Электропроводность невырожденного и вырожденного газа. Температурная электропроводности	2	Устный опрос, конспект, доклад,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
5	Тепловые свойства твердых тел Теория теплоёмкости	4	4	Теория сверхпроводимости (теория БКШ)	1	Устный опрос, конспект, доклад,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
6	Зонная теория твердых тел	4	4			Устный опрос, конспект, доклад,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]

7	Электропроводность твердых тел	4	4	Волновое уравнение для электрона в периодическом поле. Функция Блоха.	2	Устный опрос, конспект, доклад,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
8	Фотоэлектрические и оптические явления	2	2			Устный опрос, конспект, доклад,	[1], [2], [3], [4],
9	Магнитные свойства твердых тел	4	4	Линейные дефекты. Понятие дислокации. Движение дислокаций. Вектор Бюргерса. Двумерные дефекты.	1		
10	Термоэлектрические и гальваномагнитные явления						
11	Контактные явления						
12	Приборы на p-n переходах						
	ИТОГО	32	32		8		

Содержание лабораторных работ

№ работы	Название работы	Объем часов		Оборудование	Литература
		Аудиторные работы	Самостоятельные работы		
1	Изучение температурной зависимости диэлектрической проницаемости	6	6	Электрическая установка с термостатом	(1,7,11)
2	Определение коэффициента внутреннего трения в твердых телах	6	6	Установка с измерительной схемой	(1,5,6,11)
3	Определение микротвердости материалов	6	6	Микротвердометр ПМТ-3	(1,2,8,11)

4	Определение скорости звука в различных материалах	6	8	Установка УЗИС-ЛЭТИ	(1,2,9,11)
5	Определение коэффициента теплопроводности металлов	6	4	Установка с измерительной схемой	(1-3,9,11)
6	Определение магнитной проницаемости ферромагнетиков	6	6	Ферротестер	(1,5,11)
		32	22		

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.

5.2. Содержание:

ТЕМА 1. Силы связи. Силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь. Водородная связь.

Сопоставление различных видов связи. Силы отталкивания. Разновесные постоянные решетки. Энергия связи. Сжимаемость и объемный модуль упругости.

ТЕМА 2. Внутренняя структура твердых тел. Кристаллическая решетка. Набор операций симметрии. Базис и кристаллическая структура. Примитивные ячейки.

Основные типы кристаллических решеток: решетки Браве, решетки с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Классификация твердых тел по характеру сил связи. Явление полиморфизма. Дефекты кристаллической решетки.

ТЕМА 3. Дифракция в кристаллах. Закон Брэгга. Экспериментальные дифракционные методы рентгеноструктурного анализа (метод Лауэ, метод вращения кристалла, метод порошка).

ТЕМА 4. Элементы физической статистики. Описание состояния макроскопической системы. Невырожденные и вырожденные коллективы. Число состояний для микрочастиц. Функции распределения для невырожденного и вырожденного газа микрочастиц. Влияние температуры на распределение Ферми - Дирака. Условие снятия вырождения.

ТЕМА 5. Тепловые свойства твердых тел. Квантовый характер колебания решетки (фононы). Понятие о нормальных колебаниях решетки. Спектр нормальных колебаний решетки. Теплоемкость твердого тела. Теплоемкость электронного газа. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность диэлектриков и металлов.

ТЕМА 6. Зонная теория твердых тел. Энергетические уровни свободных атомов. Обобществление электронов в кристалле. Энергетический спектр электронов в кристалле (энергетические зоны). Зависимость энергии электрона от волнового вектора. Эффективная масса электрона. Заполнение зон электронами. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Собственные полупроводники. Понятие о дырках. Примесные полупроводники. Концентрация свободных носителей в полупроводниках. Положение уровня Ферми. Неравновесные носители.

ТЕМА 7. Электропроводность твердых тел. Равновесное состояние электронного газа в отсутствие электрического поля. Дрейф электронов под воздействием поля. Время релаксации и длина свободного пробега. Удельная электропроводность проводника. Электропроводность невырожденного и вырожденного газов. Закон Видемана - Франца - Лоренца. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Электропроводность чистых металлов. Электропроводность металлических сплавов. Собственная и примесная проводимости полупроводников. Эффект сильного поля (нарушение закона Ома). Эффект Ганна. Фотопроводимость полупроводников. Люминесценция. Сверхпроводимость.

ТЕМА 8. Магнитные свойства твердых тел. Магнитное поле в магнетиках (понятия намагниченности, магнитной восприимчивости и магнитной проницаемости). Диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные тела. Магнитные свойства атомов. Природа диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма. Антиферромагнетизм. Ферромагнетизм. Магнитный резонанс. Понятие о квантовой электронике.

ТЕМА 9. Контактные явления. Работа выхода. Контакт двух металлов. Контакт металла с полупроводником. Контакт двух полупроводников с различным типом проводимости. Принципы работы полупроводниковых приборов, основанных на p-n-переходе. Понятие о микроэлектронике.

ТЕМА 10. Термоэлектрические и гальваномагнитные явления. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Гальваномагнитные явления (эффекты Холла, Эттингсхаузена и Нернста). Практическое использование термоэлектрических и гальваномагнитных явлений.

5.3 Практическая подготовка

Код, направление, направленность		Наименование дисциплины/практики	Число часов дисциплины, реализуемые в форме практической подготовки			
03.03.02, Физика, Физика		Физика твердого тела	Всего	Семестр 7		
				Лек	Пр	Лаб
			28	–	28	–
Код компетенции	Индикатор компетенции	Содержание задания на практическую подготовку по выбранному виду деятельности	Число часов практической подготовки			
			Всего	Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы
ОПК-2	ОПК-2.1	На основе статистики Бозе-Эйнштейна вычислить количество фононов, приходящихся на заданную частоту колебаний.	14	–	14	–
ОПК-2	ОПК-2.3	На основе зонной теории вычислить изменение толщины слоя объемного заряда полупроводнике при подаче прямого и обратного напряжения	14	–	14	–

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

1. Дисциплина «Физика твердого тела» предназначена для формирования профессиональных качеств физика-исследователя. Рабочее место будущего физика – научные и заводские лаборатории, инженерно-физические, физико-медицинские и природоохранные учреждения. Он должен быть готов к научно-исследовательской, научно-инновационной, организационно-управленческой, экспертной, педагогической и просветительской деятельности. Поэтому наряду с фундаментальной теоретической подготовкой важно уже в студенческие годы в рамках читаемых спецкурсов создать условия для формирования и развития комплекса исследовательских умений и знакомства с методами научного исследования.

2. Изложение нового материала на лекциях проводится в рамках комплексной технологии, которая включает элементы таких монотехнологий как: объяснительноиллюстративная с опорой на деятельностный подход и проблемную постановку вопросов, информационно-компьютерная технология. В лекционном курсе излагаются основы современной зонной теории твердых тел, изучение которой позволяет понять, почему все твердые тела делятся на металлы, полупроводники и диэлектрики,

почему они по-разному ведут себя при изменении внешних параметров - температуры, напряжения, освещённости. Изучение данной дисциплины знакомит учащихся с физическими процессами в современной микроэлектронике, это позволяет расширить их политехнический кругозор и обобщить знания в научную мировоззренческую систему.

3. В рамках выбранной технологии разработана система обучения студентов исследовательскому методу через выполнение учебно-исследовательских заданий как на практических занятиях, так и при выполнении самостоятельной работы по индивидуальным творческим заданиям. При изучении темы: «Дифракция в кристаллах. Экспериментальные методы рентгеноструктурного анализа» проводится экскурсия в рентгеновскую научно-исследовательскую лабораторию университета. Она преследует цель – познакомить студентов с научными задачами, методикой и техникой рентгеноструктурного анализа, оборудованием и приборной базой лаборатории (аппарат для структурного анализа типа ДРОН-1), камеры для съёмки моно- и поликристаллов, средства индивидуальной защиты, дозиметры). По материалам экскурсии студентам рекомендуется выполнить учебно-исследовательские задания (лаб. работы 13 и 14), описанные в учебном пособии: Галанцева М.Л., Моисеев Б.М. Физический практикум (оптика): в 2-х ч. Часть 2. Волновая оптика.– Кострома: КГУ им. Н.А.Некрасова, 2002. – с. 41-49. Второе пособие (Галанцева М.Л., Моисеев Б.М. Физический практикум. Рентгеновские спектры. Основы рентгеноструктурного анализа. – Кострома: Изд-во КГУ им. Н.А.Некрасова, 2003.- 46 стр) содержит рекомендации по: 1) изучению теоретического материала (особенности рентгеновских спектров), с. 5 – 13, 17 – 27. 2) выполнению практических расчетных учебно-исследовательских заданий на определение параметров элементарной ячейки по дифрактограммам материала, с 26 - 29; 3) подготовке к тематическому тестированию по вопросам: особенности тормозного и характеристического рентгеновских спектров. с. 6-10, 33. Все задания сформулированы в терминах действий: описать, проанализировать, вычислить, сравнить, сделать вывод.

При таком деятельностном подходе реализуется развивающая функция обучения по данной дисциплине. Студенты при выполнении учебно-исследовательских заданий в рамках программы самостоятельной работы знакомятся с научными публикациями, учатся разрабатывать реферативные сообщения и выступать с докладами на семинарах, например, по таким темам:

- Рентгенодифрактометрический метод исследования структуры кристаллов.
- Фазовый анализ полиморфных материалов.
- Полупроводниковые приёмники ИК-, видимого и УФ -излучения.
- Принцип работы полупроводникового лазера.
- Получение искусственных алмазов. Лабораторное моделирование процессов внутри мантии Земли.
- Принцип работы полупроводниковых фотоэлементов и фотодиодов.
- Датчики Холла.
- Достижения науки в области нанотехнологий.

Обсуждение докладов можно проводить в День Науки на студенческой конференции или на практическом (семинарском) занятии.

5. Знакомство с научными методами исследования следует продолжить и дальше на лекциях и семинарах при обсуждении таких основополагающих тем курса, как : Основы зонной теории. Электропроводность твердых тел. Оптические и фотоэлектрические

процессы в твердых телах. Полупроводниковые лазеры. Программой курса «Физика твердого тела» не предусмотрено выполнение лабораторных работ специального физического практикума. Поэтому для развития интеллектуального потенциала, навыков в отборе научной информации студентам наряду с решением расчетных задач предложен комплекс экспериментально-расчётных исследовательских заданий на основе функциональных зависимостей, взятых из научных статей и монографий.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ пп	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Кристаллическая структура твердых тел. Элементы симметрии	Вопросы теории ¹⁾ : [1, Гл. 1.] [2, § 1 - § 11] [3, с. 5-13] [4, № 6.193 - 6.199]	4	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Опрос
2	Дифракция рентгеновских лучей. Закон Вульфа - Брэгга	Вопросы теории: [3, с. 17-27] Задачи [4, № 5.162 – 5.167] Подготовить доклад	4	Рекомендации указаны в издании [3 с. 5-13] .	Опрос
3.	Методы рентгеноструктурного анализа.	Вопросы теории: [3, с. 17-27] [2, с. 15. 28]	4	Рекомендации указаны в издании [3, с. 27-43] [3, с. 35-42]	Опрос Тест Доклад
4.	Тепловые колебания решетки. Теплоемкость кристаллов	Вопросы теории: [1, Гл. 5, 6] [2, §30 – 34]; [4, № 6.200 - 203; № 6.209 – 218].	4	Рекомендации указаны в издании [3, с. 33]	Контр. раб. № 1,
5.	Элементы физической статистики.	Вопросы теории: [2, § 23 - 28]	4	Изучить теорию по указанным	Доклад с презентаци
		Самост. работа № 1- 53		учебникам, применить её для решения задач.	ей
6.	Уровни Ферми в кристаллах.	Вопросы теории: [2, § 27];.	2	Изучить теорию по указанным учебникам	Опрос
7.	Энергетический спектр электронов	Вопросы теории: [1, Гл. 7] [2, § 25 – 27]; Самост. работа № 1-53	2	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения	Опрос Тест
8.	Проводники, полупроводники и диэлектрики.	Вопросы теории: [1, Гл. 7, 8. [2]§ 42 – 46; Самост.	2	Изучить теорию по указанным учебникам,	Контр. раб № 2

		работа № 1-53		применить её для решения	
9.	Проводимость электронного газа. Закон Видемана - Франца.	Вопросы теории: [1] Гл. 8. [2] § 47 – 51; Самост. работа № 1-53	2	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Опрос Собеседава ние по дом. самост-ой работе
10	Электропроводность металлов и полупроводников.	Вопросы теории: [1] Гл. 8. [2] § 53 – 57; Самост. работа № 1-53	2	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Опрос Тест
11	Оптические и фотоэлектрические свойства твердых тел.	Вопросы теории: [1] Гл. 12. [2] § 60 – 61; Самост. работа № 1-53	2	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Контр. раб № 3
12	Работа выхода. Контакт двух металлов или полупроводников Термоэлектрические и гальваномагнитные явления	Вопросы теории: [2] § 73 – 78. Вопросы теории: [2] § 79 – 83.	2	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Опрос Собеседава ние по дом. самост. работе

Критерии оценивания самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование оценочного средства	Шкала оценивания
1.	Составление опорного конспекта	- 2 балла выставляется студенту, если конспект содержателен и соответствует разработанному плану; в конспекте полностью отражены основные положения и результаты работы автора; студент излагает мысли своими словами в ясной и лаконичной форме; соответствие оформления конспекта требованиям; наличие схем и графическое выделение особо значимой информации; самостоятельно сформулировано резюме по прочитанному и законспектированному материалу; - 1,5 балла выставляется студенту, если конспект достаточно содержателен и соответствует плану; в конспекте достаточно полно отражены основные положения и результаты работы автора; конспект составлен словами, заимствованными из первоисточника; соответствие оформления конспекта требованиям; наличие схем и графическое выделение особо значимой информации; резюме по прочитанному и законспектированному материалу составлено с помощью преподавателя; - 1 балл выставляется студенту, если конспект недостаточно содержателен и частично соответствует плану; в конспекте недостаточно полно отражены основные положения и результаты работы автора; конспект составлен словами, заимствованными из первоисточника; не полное соответствие оформления конспекта требованиям; отсутствие в конспекте схем и графического выделения особо значимой информации; резюме по прочитанному и

		законспектированному материалу отсутствует; - 0 баллов выставляется студенту , если конспект не содержателен и не соответствует плану; в конспекте не отражены основные положения и результаты работы автора; конспект составлен словами, полностью заимствованными из первоисточника; оформление конспекта не соответствует требованиям; отсутствие в конспекте схем и графического выделения особо значимой информации; резюме по прочитанному и законспектированному материалу отсутствует.
2.	Составление схемы	- 3 балла выставляется студенту , если содержание схемы полностью соответствует содержанию темы; структура логична; правильный отбор информации; наличие обобщающего характера изложения информации; - 1-2 балла выставляется студенту , если содержание схемы не в полной мере раскрывает содержание темы; изучаемый материал проработан фрагментарно; отсутствует обобщающий характер изложения информации; - 0 баллов выставляется студенту , если содержание схемы не раскрывает содержание темы; демонстрируется фрагментарный объем знаний в рамках освещаемого вопроса; отсутствует обобщающий характер изложения информации.
3.	Анализ ситуаций	- 2 балла выставляется студенту , если проводится комплексная оценка предложенной ситуации; знание теоретического материала с учетом междисциплинарных связей, правильный выбор тактики действий; - 1 балл выставляется студенту , если проводится комплексная оценка предложенной ситуации, незначительные затруднения при ответе на теоретические вопросы, неполное раскрытие междисциплинарных связей; правильный выбор тактики действий; логическое обоснование теоретических вопросов с дополнительными комментариями педагога; - 0 баллов выставляется студенту , если происходит неверная оценка ситуации; неправильно выбрана тактика действий.
4.	Подготовка информационного сообщения	- 3 балла выставляется студенту , если содержание сообщения полностью соответствует освещаемому вопросу; сообщение отличается глубиной проработки изучаемого материала; выделены основные понятия; в текст сообщения введены дополнительные данные, характеризующие объект изучения; точное использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопрос; умение делать обоснованные выводы; сообщение отличается грамотностью и полнотой использования источников; наличие элементов наглядности; - 2 балла выставляется студенту , если содержание сообщения соответствует освещаемому вопросу; выделены основные понятия; использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопрос; умение делать обоснованные выводы при наличии несущественных недочетов; сообщение отражает полноту использования источников; наличие элементов наглядности; - 1 балл выставляется студенту , если содержание сообщения частично соответствует освещаемому вопросу; использование необходимой научной терминологии; стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопрос; умение делать выводы при наличии исправленных с помощью преподавателя недочетов; элементы наглядности отсутствуют; сообщение не отражает полноту использования источников; - 0 баллов выставляется студенту , если содержание сообщения не соответствует освещаемому вопросу;

		демонстрируется фрагментарный объем знаний в рамках освещаемого вопроса; неверное использование научной терминологии, нарушение в стилистическом и логическом изложении ответа на вопрос; выводы излагаются с существенными ошибками.
--	--	---

6.2. Тематика и задания для практических занятий

Формой отчетности по данной дисциплине является экзамен. Необходимые условия допуска к экзамену:

- Наличие полного конспекта лекций.
- Собеседование по домашней самостоятельной работе.
- Выполнение трёх контрольных работ с положительным результатом

Ниже приведены примерные планы практических занятий. Заданий даны по вышеназванным в разделе 6.1 изданиям основного списка литературы [3, 4]

Семинар 1-2. Силы связи.

Обсуждаемые вопросы: Силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь. Водородная связь. Сопоставление различных видов связи. Силы отталкивания. Разновесные постоянные решетки. Энергия связи.

Семинар 3-4. Внутренняя структура твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Кристаллическая решетка. Набор операций симметрии. Базис и кристаллическая структура. Примитивные ячейки. Основные типы кристаллических решеток: решетки Браве, решетки с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Индексы Миллера.

Задачи для решения на занятии: [4, 6.193 – 6.196]

Задачи для самостоятельной работы: № (1 – 5) из раздела «Задачи по курсу ФТТ».

Семинар 5-6. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.

Обсуждаемые вопросы: Рентгеновские спектры. Закон Вульфа-Брэгга.

Задачи для решения на занятии: [4, 6.141 – 6.146].

Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.147 – 6.151]. Тесты: [3, с. 35 - 43].

Семинар 7-8. Экспериментальные методы рентгеноструктурного анализа

Обсуждаемые вопросы: Метод Лауэ, метод вращения кристалла, метод ДебаяШеррера.

Доклад на тему «Рентгенодифрактометрический метод исследования структуры кристаллов».

Практическое задание на определение периодов кристаллической решетки по дебаеграмме. [3, с. 27 - 30]. Задачи для решения на занятии: [4, 6.162 – 6.165].

Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.166 – 6.167].

Семинар 9-10.

Контрольная работа № 1 « Структура твердого тела. Методы рентгеновской дифрактометрии», варианты (1-8) [3, с.33-34]

Семинар 11-12. Элементы физической статистики.

Обсуждаемые вопросы: Описание состояния макроскопической системы. Невырожденные и вырожденные коллективы. Число состояний для микрочастиц. Функции распределения для невырожденного и вырожденного газа микрочастиц. Влияние температуры на распределение Ферми - Дирака. Условие снятия вырождения.

Научное сообщение с *презентацией* на тему « Статистика Ферми-Дирака». Задачи для решения на занятии: № (10 – 13) из раздела «Задачи по курсу ФТТ»,

Задачи для самостоятельной работы: № (14 – 16) из раздела «Задачи по курсу ФТТ».

Семинар 13-14. Тепловые свойства твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Квантовый характер колебания решетки (фононы). Понятие о нормальных колебаниях решетки. Спектр нормальных колебаний решетки. Теплоемкость твердого тела. Теплоемкость электронного газа. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность диэлектриков и металлов.

Задачи для решения на занятии: [4, № 6.200 – 6.203] Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.211 – 6.213].

Семинар 15-16. Зонная теория твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Энергетические уровни свободных атомов. Энергетический спектр электронов в кристалле (энергетические зоны). Эффективная масса электрона. Заполнение зон электронами. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Концентрация свободных носителей в полупроводниках. Положение уровня Ферми.

Неравновесные носители.

Задачи для решения на занятии: [4, 6.220 – 6.222].

Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.223 – 6.224].

Семинар 17-18. Электропроводность твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Равновесное состояние электронного газа в отсутствие электрического поля. Дрейф электронов под воздействием поля. Время релаксации и длина свободного пробега. Удельная электропроводность проводника.. Закон Видемана - Франца - Лоренца. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Электропроводность чистых металлов. Электропроводность металлических сплавов. Собственная и примесная проводимости полупроводников. Эффект Холла.

Задачи для решения на занятии: [4, 6.232, 6.235, 6.236].

Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.233, 6.244, 6.237, 6.238].

Семинар 19-20. Контрольная работа № 2 «Основы зонной теории твердых тел», варианты 1-4.

Семинар 21-22. Оптические и фотоэлектрические свойства твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Виды взаимодействия света с твёрдым телом. Поглощение света кристаллами. Фотопроводимость полупроводников. Фотоэлектрические приёмники излучения, их характеристики. Спонтанное и индуцированное излучение. Полупроводниковые лазеры. Люминесценция.

Задачи для решения на занятии: № (52 – 53) из раздела «Задачи по курсу ФТТ»,

Задачи для самостоятельной работы: № (54 – 55) из раздела «Задачи по курсу ФТТ»,

Семинар 23. Контрольная работа № 3 «Электропроводность и теплоёмкость твердых тел», варианты 1- 4. **Семинар 24. Магнитные свойства твердых тел.**

Обсуждаемые вопросы: Магнитное поле в магнетиках. Магнитные свойства атомов. Природа диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма. Антиферромагнетизм. Ферромагнетизм. Магнитный резонанс. Понятие о квантовой электронике.

Семинар 25. Контактные явления.

Обсуждаемые вопросы Работа выхода. Контакт двух металлов. Контакт металла с полупроводником. Контакт двух полупроводников с различным типом проводимости. Принципы работы полупроводниковых приборов, основанных на p-n- переходе.

Семинар 26. Термоэлектрические и гальваномагнитные явления.

Обсуждаемые вопросы Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Гальваномагнитные явления (эффекты Холла, Эттингсхаузена и Нернста). Практическое использование термоэлектрических и гальваномагнитных явлений.

1) Типовые задания для практических (лабораторных) занятий

Работа №1.

1. Понятие диэлектрической проницаемости.
2. Виды диэлектриков.
3. Виды поляризации диэлектриков.
4. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости.
5. Экспериментальная установка и порядок выполнения работы.

Работа №2.

1. Причина возникновения внутреннего трения в твердых телах.
2. Что является мерой внутреннего трения.
3. Методы определения коэффициента внутреннего трения. Метод, применяемый в данной работе.
4. Экспериментальная установка и порядок выполнения работы.

Работа №3.

1. Понятие микротвердости материалов.
2. Факторы, влияющие на микротвердость материалов.
3. Устройство микротвердомера и порядок выполнения работы.

Работа №4

1. Распространение упругих волн в кристаллах.
2. Факторы, влияющие на распространение звуковых волн в кристаллах.
3. Экспериментальные методы измерения скорости звука.
4. Устройства прибора и порядок выполнения работы.

Работа №5.

1. Теплоемкость металлов, составляющие.
2. Коэффициент теплопроводности металлов. Факторы, влияющие на теплопроводность.
3. Совпадение теоретически рассчитанных и экспериментально определенных значений коэффициента теплопроводности металлов.
4. Экспериментальная установка и порядок выполнения работы.

Работа №6.

1. Понятие о ферромагнетиках. Доменная структура.
2. Возникновение петли гистерезиса. Остаточная намагниченность. Коэрцитивная сила.
3. Устройство ферротестера.
4. Порядок определения интегральной и дифференциальной магнитных проницаемостей.

2) Тематика рефератов для самостоятельной работы (для формирования компетенций УК-8; ПК-3)

1. Описать природу взаимодействия Ван-дер-Ваальса.
2. За счет каких взаимодействий стабилизируется кристаллическая структура ионных кристаллов.
3. Может ли быть стабильным кристалл, атомы которого взаимодействуют только со своими ближайшими соседями?
4. В чем состоит природа ковалентной связи?
5. Что общего и в чем различие между ковалентной и металлической связями?
6. Каков механизм водородной связи.
7. Записать основное уравнение динамики решетки в гармоническом приближении.
8. Перечислить основные свойства решений уравнений динамики решетки.
9. В чем состоит отличие акустических колебаний от оптических.
10. Какой тип решеточных колебаний приводит к поляризации кристалла.
11. Почему в отсутствие внешнего электрического поля в проводниках нет тока, хотя имеется огромное количество носителей.
12. В чем состоит механизм рассеяния электронов на колебаниях решетки.
13. Перечислить факторы, приводящие к рассеянию электронов в кристалле.
14. Дать качественное описание механизма возникновения сверхпроводимости.
15. Сверхпроводимость: какие факторы указывают на определяющую роль колебаний решетки.
16. Описать порядок построения сферы Эвольда.
17. Указать свойства волновой функции электронов в кристалле.
18. Сформулировать теорию Блоха.
19. В чем состоит механизм образования энергетических зон в кристаллах (в рамках слабой связи).
20. В чем состоит механизм образования энергетических зон в кристалле (в рамках сильной связи).
21. Как зонная теория объясняет основное различие металлов и диэлектриков.
22. Вычислить эффективную массу электрона в одномерном кристалле с законом дисперсии
23. Объяснить природу точки Кюри для ферромагнетиков.
24. Перечислить типы дефектов в твердых телах.
25. В чем состоит отличие дефекта по Френелю от дефекта по Шоттки.
26. В чем состоит отличие краевой дислокации от винтовой.

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.

3) Вопросы и задачи к рубежным контрольным работам (УК-8; ПК-3):

Блок 1

1.1 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 1$ $M = 1$, периодом $2a = 1$ и упругой константой $k = 1$, найти скорость звука. (в условных единицах) $+1/2$

$3/4$ 1

1.2 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 1$ $M = 2$, периодом $2a = 1$ и упругой константой $k = 6$, найти скорость звука. (в условных единицах)

$1/2$

$3/4$

$+1$

1.3 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 2$ $M = 2$, периодом $2a = 2$ и упругой константой $k = 2$, найти скорость звука. (в условных единицах) $1/2$

$+1$

2

1.4 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 1$ $M = 2$, периодом $2a = 4$ и упругой константой $k = 3$, найти скорость звука. (в условных единицах) $3/2$

2

$+5/2$

1.5 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 1$ $M = 3$, периодом $2a = 1$ и упругой константой $k = 3$, найти скорость звука. (в условных единицах) $+1/2$

1

3/2

1.6 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 2$ $M = 3$, периодом $2a = 2$ и упругой константой $k = 2$, найти скорость звука. (в условных единицах) 1/2

+1

3/2

1.7 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 2$ $M = 4$, периодом $2a = 1$ и упругой константой $k = 2$, найти скорость звука. (в условных единицах) 1/6

+1/2

3/4

1.8 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 1$ $M = 1$, периодом $2a = 1$ и упругой константой $k = 1$, найти чему равна величина между оптической ветвью в центре 1-ой зоны Бриллюэна. (в условных единицах) 1

3/2 2

1.9 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 1$ $M = 2$, периодом $2a = 1$ и упругой константой $k = 6$, найти чему равна величина между оптической ветвью в центре 1-ой зоны Бриллюэна. (в условных единицах) 3

+4

5

1.10 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 2$ $M = 2$, периодом $2a = 2$ и упругой константой $k = 2$, найти чему равна величина между оптической ветвью в центре 1-ой зоны Бриллюэна. (в условных единицах) +2

3

4

1.11 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 1$ $M = 2$, периодом $2a = 4$ и упругой константой $k = 2$, найти чему равна величина между оптической ветвью в центре 1-ой зоны Бриллюэна. (в условных единицах) 3/2

2

+5/2

1.12 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 1$ $M = 3$, периодом $2a = 1$ и упругой константой $k = 3$, найти чему равна величина между оптической ветвью в центре 1-ой зоны Бриллюэна. (в условных единицах) 2

+3

4

1.13 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 2$ $M = 3$, периодом $2a = 1$ и упругой константой $k = 3$, найти чему равна величина между оптической ветвью в центре 1-ой зоны Бриллюэна. (в условных единицах) +2

3

4

1.14 В линейно цепочке с элементарной ячейкой, содержащей атомы двух сортов $m = 2$ $M = 4$, периодом $2a = 1$ и упругой константой $k = 2$, найти чему равна величина между оптической ветвью в центре 1-ой зоны Бриллюэна. (в условных единицах)

1/2

1

+3/2

Блок 2

2.1 Вычислить значения «форм-фактора» $\sum \exp[i\vec{k}\vec{R}_n]$ в приближении ближайших соседей на 2-мерной простой кубической решётке (базисные векторы $\vec{a}_1 = \{1,0\}$, $\vec{a}_2 = \{0,1\}$) в заданной точке 1-ой зоны Бриллюэна

$$\vec{k} = \left\{ k_x = k_y = \frac{3\pi}{3a} \right\}$$

1

3/2

+2

(в условных единицах).

2.2 Вычислить значения «форм-фактора» $\sum \exp[i\vec{k}\vec{R}_n]$ в приближении ближайших соседей на 2-мерной простой кубической решётке (базисные векторы $\vec{a}_1 = \{2,0\}$, $\vec{a}_2 = \{0,2\}$) в заданной точке 1-ой зоны Бриллюэна

$$\vec{k} = \left\{ k_x = \frac{\pi}{3a}, k_y = \frac{\pi}{2a} \right\}$$

+1

3/2

2

(в условных единицах).

2.3 Вычислить значения «форм-фактора» $\sum \exp[i\vec{k}\vec{R}_n]$ в приближении ближайших соседей на 2-мерной простой кубической решётке (базисные векторы $\vec{a}_1 = \{2,0\}$, $\vec{a}_2 = \{0,2\}$) в заданной точке 1-ой зоны Бриллюэна

$$\vec{k} = \left\{ k_x = \frac{\pi}{4a}, k_y = \frac{\pi}{2a} \right\}$$

1

+3/2

2

(в условных единицах).

2.4 Вычислить значения «форм-фактора» $\sum \exp[i\vec{k}\vec{R}_n]$ в приближении ближайших соседей на 2-мерной простой кубической решётке (базисные векторы $\vec{a}_1 = \{1,0\}$, $\vec{a}_2 = \{0,1\}$) в заданной точке 1-ой зоны Бриллюэна

$$\vec{k} = \left\{ k_x = \frac{\pi}{2a}, k_y = \frac{\pi}{4a} \right\}$$

1

+3/2

2

(в условных единицах).

2.5 Вычислить значения «форм-фактора» $\sum \exp[i\vec{k}\vec{R}_n]$ в приближении ближайших соседей на 2-мерной простой кубической решётке (базисные векторы $\vec{a}_1 = \{2,0\}$, $\vec{a}_2 = \{0,2\}$) в заданной точке 1-ой зоны Бриллюэна

$$\vec{k} = \left\{ k_x = \frac{\pi}{6a}, k_y = \frac{\pi}{3a} \right\}$$

1

2

+3

(в условных единицах).

2.6 Вычислить значения «форм-фактора» $\sum \exp[i\vec{k}\vec{R}_n]$ в приближении ближайших соседей на 2-мерной простой кубической решётке (базисные векторы $\vec{a}_1 = \{1,0\}$, $\vec{a}_2 = \{0,1\}$) в заданной точке 1-ой зоны Бриллюэна

$$\vec{k} = \left\{ k_x = \frac{\pi}{4a}, k_y = \frac{\pi}{6a} \right\}$$

1

2

+3

(в условных единицах).

2.7 Вычислить значения «форм-фактора» $\sum \exp[i\vec{k}\vec{R}_n]$ в приближении ближайших соседей на 2-мерной простой кубической решётке (базисные векторы $\vec{a}_1 = \{2,0\}$, $\vec{a}_2 = \{0,2\}$) в заданной точке 1-ой зоны Бриллюэна

$$\vec{k} = \left\{ k_x = \frac{\pi}{2a}, k_y = \frac{\pi}{6a} \right\}$$

1

+2

3

(в условных единицах).

2.8 Найти величину импульса Ферми в полностью вырожденном эл. газе для значения концентрации $n = 10^{22}$. (считать $m = h = 1$) (атомные единицы).

+1 ($\times 10^7$)

2 ($\times 10^7$)

3 ($\times 10^7$)

2.9 Найти величину импульса Ферми в полностью вырожденном эл. газе для значения концентрации $n = 10^{21}$. (считать $m = h = 1$) (атомные единицы)

1/4 ($\times 10^7$)

+1/2 ($\times 10^7$)

1 ($\times 10^7$)

2.10 Найти величину импульса Ферми в полностью вырожденном эл. газе для значения концентрации $n = 5 \cdot 10^{21}$. (считать $m = h = 1$) (атомные единицы).

2/5 ($\times 10^7$)

3/5 ($\times 10^7$)

4/5 ($\times 10^7$)

2.11 Найти величину импульса Ферми в полностью вырожденном эл. газе для значения концентрации $n = 2 \cdot 10^{22}$. (считать $m = h = 1$) (атомные единицы).

1 ($\times 10^7$)

3/2 ($\times 10^7$)

2 ($\times 10^7$)

2.12 Найти величину импульса Ферми в полностью вырожденном эл. газе для значения концентрации $n = 3 \cdot 10^{22}$. (считать $m = h = 1$) (атомные единицы).

1 ($\times 10^7$)

$3/2 (x10^7)^2$

$(x10^7)$

2.13 Найти величину импульса Ферми в полностью вырожденном эл. газе для значения концентрации $n = 2 \cdot 10^{21}$.(считать $m = h = 1$)(атомные единицы).

$3/5 (x10^7)$

$1 (x10^7)$

$3/2 (x10^7)$

2.14 Найти величину импульса Ферми в полностью вырожденном эл. газе для значения концентрации $n = 3 \cdot 10^{23}$.(считать $m = h = 1$)(атомные единицы).

$0.6 (x10^7)$

$0.7 (x10^7)$

$1 (x10^7)$

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 3 .03.2018 г., пр.№ 47)

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплин

Основными *формами текущего контроля* по дисциплине являются:

- устный опрос на лабораторном или практическом занятии;
- ответы на вопросы по теме, вынесенной на самостоятельное изучение;
- проверка домашних заданий, практических и лабораторных работ.

Форма *рубежного контроля*: тест/письменная контрольная работа.

Формы *промежуточной аттестации*: экзамен.

8.1. Формы контроля и критерии оценивания

Методика формирования результирующей оценки:

В ходе текущего, рубежного и промежуточного контроля студенты могут набрать 0-100 баллов:

Этап	Форма контроля	Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86-100 %	71–85%	50–70%	Менее 50%
		отлично / зачет	хорошо / зачет	удовлетворительно / зачет	неудовлетворительно / незачет
1. Текущий контроль (мах 40 баллов)					
		17–20 баллов	14–17 баллов	10–14 баллов	0–13 баллов
	Текущая работа в течение модуля (мах 20 б.)	Студент активно работает на занятиях, превосходно выполняет все задания преподавателя.	Студент активно работает на занятиях, хорошо выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, удовлетворительно выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, неудовлетворительно выполняет задания преподавателя.
		17-20 балла	14-17 балла	10-14 балл	0-13 баллов
	Выполнение лабораторных работ (мах 20 б.)	Подготовлено теоретическое обоснование и описание хода лабораторных работ. Выполнены все лабораторные работы. В срок представлены отчеты о работе. Проявлен высокий уровень грамотности, правильности и самостоятельности в выполнении химических операций.	Подготовлено теоретическое обоснование и описание хода лабораторных работ. Выполнены все лабораторные работы. Не всегда в срок представлены отчеты о работе. Проявлен средний уровень грамотности, правильности и самостоятельности в выполнении химических операций.	Выполнены все лабораторные работы. Не всегда в срок представлены отчеты о работе. Проявлен удовлетворительный уровень грамотности, правильности и самостоятельности в выполнении химических операций.	Выполнено менее 50 % лабораторных работ. Не представлены отчеты о работе. Проявлен неудовлетворительный уровень грамотности, правильности и самостоятельности в выполнении химических операций.
2. Рубежный контроль (30 б. за модуль)					
	тест / контрольная работа	Количество баллов за выполнение каждого задания указываются в тесте / контрольной работе.			
3. Промежуточная аттестация по дисциплине (мах число баллов – в соответствии с действующим локальным нормативным актом)					
		Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86–100 %	71–85 %	50–70 %	0–49 %
	Зачет / Экзамен	Дан полный, развернутый ответ	Дан полный ответ на поставленный	Дан недостаточно полный ответ.	Не получены ответы по базовым вопросам

		на поставленный вопрос. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Но допущены незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.	Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	дисциплины или дан неполный ответ и допущены грубые ошибки. Речь неграмотная. Уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.
--	--	--	---	---	---

1. Текущая работа: от 0 до 40 баллов – активная работа за данный период на лекциях, лабораторных и практических занятиях.

2. Рубежная аттестация: от 0 до 30 баллов – компьютерное тестирование или письменная контрольная работа.

3. Промежуточный контроль: зачет или экзамен

За ответ на зачете или экзамене студент получает 0-30 баллов.

Результирующая оценка рассчитывается по сумме баллов за текущую успеваемость, за результаты рубежной аттестации и устного ответа на экзамене или зачете.

Пересчет полученной суммы баллов по дисциплине в оценку производится в соответствии с действующим локальным нормативным актом.

Студенты, получившие в ходе текущего и рубежного контроля 50-70 баллов, автоматически получают «Зачет» или оценку «удовлетворительно». Для получения более высокой оценки (хорошо/отлично) студент должен сдать экзамен. Результирующая оценка складывается по соответствующей БРС формуле.

Вопросы для подготовки к экзамену (УК-8; ПК-3):

1. Термодинамическая энергия и теплоемкость кристалла.
2. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера.
3. Механические свойства твердых тел.
4. Магнитные свойства твердых тел. Диамагнетизм.
5. Парамагнетизм. Теория Ланжевена.
6. Уравнение Шредингера для кристалла.
7. Адиабатическое приближение.
8. Условия дифракции Лауэ.
9. Дифракция в кристаллах. Закон Вульфа – Брэгга.
10. Электропроводность твердых тел. Вывод уравнения Больцмана.
11. Электропроводность вырожденного газа, подвижность носителей.
12. Нормальные колебания решетки.
13. Ионная связь.

14. Волновое уравнение для электрона в периодическом поле. Функция Блоха.
15. Ферромагнетизм.
16. Дислокации. Вектор Бюргерса.
17. Электропроводность невырожденного газа, подвижность носителей 18. Вектор обратной решетки. Построение Эвальда.
19. Спектр нормальных колебаний решетки.
20. Теоретическое рассмотрение сверхпроводимости. Теория БКШ
21. Ковалентная связь. Структура ковалентных кристаллов.
22. Движение электрона в периодическом поле решетки.
23. Квантовая теория парамагнетизма.
24. Структурные несовершенства кристаллов. Точечные дефекты.
25. Концентрация и средняя энергия фононов.
26. Приближение сильно связанных электронов.
27. Ван – дер – Ваальсова связь.
28. Одноэлектронное приближение (Метод Хартри - Фока)
29. Зависимость электропроводности от температуры.
30. Двумерные и трехмерные дефекты.
31. Металлическая связь.
32. Приближение слабосвязанных электронов.

Вопросы для подготовки к зачету (УК-8; ПК-3):

1. Магнитные свойства твердых тел. Диамагнетизм.
2. Приближение слабосвязанных электронов.
3. Эффективная масса электрона.
4. Парамагнетизм. Теория Ланжевена.
5. Указать свойства волновой функции электронов в кристалле.
6. Модуль свободных электронов.
7. Волновое уравнение для электрона в периодическом поле. Функция Блоха.
8. В чем состоит механизм образования энергетических зон в кристаллах (в рамках слабой связи).
9. Уравнение Шредингера. Представление физических величин операторами.
10. Заполнение зон электронами в проводниках, диэлектриках и полупроводниках.
11. Сформулировать теорему Блоха.
12. Ферромагнетизм. Точки Кюри.
13. Движение электрона в периодическом поле решетки.
14. В чем состоит механизм образования энергетических зон в кристалле (в рамках сильной связи).
15. Дисперсионная зависимость для кубического кристалла в приближении сильной связи.
16. Волновое уравнение для электрона в периодическом поле.
17. Как зонная теория объясняет основное различие металлов и диэлектриков.
18. Квантовая теория парамагнетизма.
19. Приближение сильно связанных электронов.
20. Объяснить природу точки Кюри для ферромагнетиков.
21. Адиабатическое приближение.
22. Зона Бриллюэна. Атомная плоскость и векторы обратной решетки
23. Одноэлектронное приближение.
24. Теорема Блоха. Функция Блоха. Выбор волновых функций.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебники			Электронные издания
Наименование	Автор	Год издания	
Основная			
Введение в физику твердого тела	Китель Ч.	1978, 2006	
Физика твердого тела в двух томах	Акшфорт Н., Мермин Н	1979	
Физика твердого тела	Епифанов Г.	1989	
Физика полупроводников	Киреев П.С.	1975	
Дополнительная			
Физика твердого тела	Павлов П.В. Хохлов А.Ф.	2000	
Внутреннее трение в металлах	Постников В.С.	1974	
Физика диэлектрических материалов	Тареев Б.М.	1982	
Микротвердость металлов	Глазов В.М. Вигдарович В.Н.	1962	
Учебно-методические пособия			
Практикум по физике твердого тела	Пашаев Б.П. Амирханов Д.Х.	1969	
Физика твердого тела. Физический практикум.	Хохлов А.Ф.	2003	
Методические указания к лабораторным работам			

е) программное обеспечение, ЭБС:

- необходимый для обеспечения данной дисциплины комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, а также электронные библиотечные системы, с которыми у СОГУ имеется действующий договор:

№ п/п	Наименование	№ договора(лицензия)	Страна производитель
1.	Windows 10 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
2.	Windows 10 Pro for Workstations	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
3.	Windows 7 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
4.	Windows 7 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA)	США

		от 04.2016 г	
5.	Office Standard 2016	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
6.	Office Standard 2013	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
7.	Office Standard 2010	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
8.	Корпоративная электронная почта (Яндекс.Почта)	№КИС-1965-2025 от 12.01.2026	Россия
9.	Программное обеспечение 1С: Предприятие. Бухгалтерский Учет. Типовая конфигурация 8 сетевая версия	№ СД/108 от 29.08.2017 «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
10.	Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат.ВУЗ»	№ SBR003-250010357500001 от 05.02.2025 (действителен до 04.02.2026) с ОАО «АнтиПлагиат»	Россия
11.	Программное обеспечение 1С: Предприятие 8.3 Управление торговлей	№КП /108 от 29.08.2017 с ООО «Максимум»(бессрочно)	Россия
12.	Программное обеспечение 1С: Зарплата и кадры государственного учреждения 8	№ СД./ №9., 08.06.2025 г. «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
13.	1С: Бухгалтерия 8. Базовая версия	№9 от 21.05.2019, «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
14.	Планы	№2191-24, от 09.01.2025 г. (тех.поддержка до 26.02.2026 г.) ООО ЛММИС	Россия
15.	ПО Лаборатории ММИС (Деканат, ПК, Ведомости, Тестирование, интернет расширение и др.)	№2435-24 от 04.03.2025 ООО ЛММИС	Россия
16.	VSDESK	№ 210406/01 от 06.04.2021г. ИП И,А. Сергеевич	Россия
17.	DIRECTUM RX – Система электронного документооборота	ООО Галактика ИТ договор № 120320/Д/А от 14.03.2022	Россия
18.	MOODLE	Бесплатное	-
19.	ЭБС «Консультант студента»	http://www.studentlibrary.ru Требуется регистрация в библиотеке СОГУ	Россия
20.	РусГард	Бесплатное	Россия
21.	Система веб-конференций (bigbluebutton)	Бесплатное	-
22.	Средства криптографической защиты (КриптоПро CSP, Крипто АРМ)	№120680, от 21.01.2025 ООО «Цифровые технологии»	Россия
23.	Средства криптографической защиты (ViPNet)	№0000-000008 от 17.01.2025 ООО Экспресс-линк	Россия
24.	Средства криптографической	№25/08/22 СЛ от 04.09.2025	Россия

	защиты (Континент TLS)	ООО СКБ-Сервис	
25.	Kaspersky Endpoint Security	№ СФ00-001239 от 13.02.2025 ООО Системный Софт	Россия

Реестр электронных библиотечных систем (ЭБС) и электронных образовательных ресурсов, доступ к которым обеспечен для обучающихся по образовательным программам, реализуемым в 2026-2027 учебном году

Название базы данных	Платформа и (или) адрес в сети Интернет	Реквизиты	Правообладатель	Количество ключей
«Университетская библиотека Online» Базовая коллекция	https://biblioclub.ru Требуется регистрация.	Договор № 571-12/2025 от 12.01.2027 г. С 01.01.2026 г. -31.12.2026 г.	ООО «НексМедиа»	Без ограничения количества пользователей
Информационно-аналитическая система SCIENCE INDEX: рефераты и полные тексты научных статей и публикаций, российские научные и научно-технические журналы	eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/org Требуется регистрация.	Лицензионный договор № 310-5051/2025 от 31.03. 2025 г. С 14.04.2025 г.-20.04.2026 г.	ООО «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»	Доступ по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
eLIBRARY.RU - интегрированный научный информационный портал в российской зоне сети Интернет, включающий базы данных научных изданий и сервисы для информационного обеспечения науки и высшего образования.	eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/org Требуется регистрация.	Ресурс открытого доступа	ООО «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
«Юрайт» - Учебники по всем специальностям и направлениям подготовки. - ЦУМК по федеральному проекту «Кадры для цифровой экономики»	«Юрайт» https://urait.ru/info/courses?utm_source=m_campaign Требуется регистрация.	Договор № 6237 от 05.12.2023 г. С 31.12.2023 -31.12.2026 г.	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ»	Доступ по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
Универсальная база данных East View - полнотекстовый доступ к научным	https://dlib.eastview.com Логин: Khetagurov. Пароль: Khetagurov.	№210-П от 12.01.2026 г. С 01.01.2026 г.-31.12.2026 г.	ООО «ИВИС»	Без ограничения количества пользователей

журналам				
«SocHum» - электронная библиотека социогуманитарного знания (коллекция учебно-методической литературы и научных журналов социогуманитарной коллекции научно-исследовательских институтов РАН	https://sochum.ru	Ресурс открытого доступа	Государственный академический университет гуманитарных наук (ГАУГН)	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей.
Polpred.com - открытая электронная библиотечная система и интернет-сервисы «Деловые средства массовой информации». Доступ к статьям 600 газет, журналов информагентств с архивом за 20 лет: - обзор СМИ; - Россия и зарубежье; - Федеральные округа РФ. - внешняя экономика, право.	https://www.polpred.com/	Ресурс открытого доступа		Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей.
Национальная электронная Библиотека «НЭБ»	https://rusneb.ru/ Требуется регистрация.	Договор № 4513-п от 26.12.2023 г. (на 10 лет с последующей автоматической пролонгацией) Без ограничения срока	Российская государственная библиотека	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей

Электронные образовательные ресурсы

Наименование ресурса	Содержание ресурса	Ссылка на ресурс в сети Интернет
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	Каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовая электронная учебно-методическая библиотека для общего и профессионального образования	https://web.archive.org/web/20191122092928/http://window.edu.ru/
«КиберЛенинка»	Собрание научных статей, в основном на русском языке, хотя есть и иностранные публикации.	https://cyberleninka.ru/
Всенаука	Естественные, гуманитарные и социальные науки, психология	Всенаука https://vsenauka.ru/

Библиотекарь. Ру	Бесплатная интернет-библиотека. Книги, статьи, документы по русской и мировой истории, искусству, культуре, прикладным наукам, учебники, научные статьи, методические пособия. Электронные книги, учебники, периодика, графика, справочная и техническая литература. На сайте представлено около 10.000 книг доступных для онлайн чтения. - более 50 полнотекстовых справочников и энциклопедий; - Древнерусская литература - летописи, жития святых, воинские повести древней Руси; - сведения иностранных писателей о средневековой России; - большой раздел репринтов книг, газет и журналов 19 века; - биографии и труды русских учёных и писателей; - классическая литература. Мемуары, дневники; - учебники и научные работы по 20 дисциплинам; - более 15.000 картин и художественных изображений.	https://bibliotekar.ru/
------------------	---	--