

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Физика конденсированного состояния»**

Направление подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки
«Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии»

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Год начала подготовки - 2026

Утверждена в составе ОПОП.

Владикавказ, 2026

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины – 3 з.е. (108 ч.)

	Очная форма обучения
Курс	4
Семестр	7
Лекции	28
Практические занятия	28
Лабораторные занятия	-
Консультации	-
Итого аудиторных занятий	52
Самостоятельная работа	52
Курсовая работа	
Контроль	
Экзамен	-
Зачет	+
Общее количество часов	108

2. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области физики конденсированного состояния, изучение орбиталей, их гибридизации, кристаллических решеток, фононов и электронов, их законов дисперсии, плотности состояний, квантовых эффектов, практического применения кристаллов.

Задачи дисциплины:

- обучение студентов основным понятиям в физике конденсированного состояния, понятию элементарных возбуждений и концепции квазичастиц;
- формирование подходов к выполнению самостоятельных исследований студентами в области физики конденсированного состояния в рамках выпускных работ.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к дисциплинам вариативной части Блока 1, Б1.В.10.

4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций и достижение следующих результатов обучения.

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы	ПК-3.4 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области	Знает основные подходы к обработке результатов физического эксперимента

исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.5 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов	Знает численные порядки величин, характерные для различных механических явлений
	ПК-3.6 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей	Способен обосновать причинно-следственные отношения при разработке алгоритмических и программных решений

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3 семестр

№	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литература
		лек	практ	Содержание	часы		
1.	Квазичастицы и их характеристики. Квазичастицы, Основные характеристики квазичастиц. Основное состояние кристалла. Нулевые колебания. Методы описания тепловых колебаний кристаллической решеток. Фононы. Стоячие волны.	4	4	Бегущие волны. Закон дисперсии акустических фононов в одномерной цепочке атомов при учете взаимодействия атома с двумя ближайшими соседями.	8	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
2.	Кристаллические решетки. Кристаллическая структура и ее описание. Двумерные и трехмерные кристаллические решетки Браве. Элементы симметрии кристаллических решеток Браве.	4	4	Энергия связи решетки, константа Маделунга и ее расчет. Ячейка Вигнера-Зейтца, ее построение. Обратная решетка. Построение обратных решеток для трехмерных решеток Браве.	8	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
3.	Силы взаимодействия. Взаимодействия ван дер Ваальса. Молекулярные кристаллы. Ионные связи, ионные кристаллы.	4	4	Ковалентные связи. Металлическая связь. Водородная связь.	8	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
4.	Структурные единицы вещества, орбитали. Понятие частиц в квантовой механике.	4	4	Гибридные орбитали. Условия гибридизации. Построение гибридных орбиталей. Основные типы гибридных орбиталей, p, sp	8	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]

	Структурные единицы вещества. Роль ядер, электронных оболочек, сил взаимодействия, статистики структурных единиц в формировании свойств конденсированных сред. Электрон в поле сферически симметричного потенциала, его энергия, волновая функция. Атом водорода. Атомные орбитали.			связи. Молекулярные орбитали: связывающие, разрыхляющие и несвязывающие, многоцентровые и двухцентровые орбитали.			
5.	Фермиевские электроны в магнитном поле. Квантование энергетического спектра свободных электронов в магнитном поле. Уровни Ландау. Квазиклассическое приближение. Квантование энергетического спектра электронов в магнитном поле в реальных металлах. Спиновое расщепление уровней Ландау. Траектория движения электрона в кристалле в магнитном поле в пространстве импульсов и в реальном пространстве.	4	4	Квантовые осцилляционные эффекты. Эффект Шубникова-де Гааза, эффект де ГаазаванАльфена. Связь частоты осцилляций Шубникова-де Гааза с энергией Ферми, концентрацией электронов и экстремальным сечением поверхности Ферми. Размерное квантование движения электронов.	8	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
6.	Фермиевские электроны. Невзаимодействующие электроны в потенциальном ящике. Энергия и импульс Ферми. Основное состояние электронной ферми-жидкости. Заполнение зон Бриллюэна электронами. Метод Гаррисона построения поверхностей Ферми. Плотность элек-	4	4	Волновая функция электрона. Одноэлектронное приближение, адиабатическое приближение. Теорема Блоха. Квазиимпульс электрона. Закон дисперсии электрона в решетке. Электропроводность в модели фермиевских электронов. Формула Лифшица. Температурная зависимость электропроводности металлов. Теплопроводность ди-	8	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]

	тронных состояний в трехмерном случае. Электронные системы с квадратичным законом дисперсии.			электриков, металлов и сплавов.			
7.	Фононы. Закон дисперсии акустических фононов в одномерной цепочке атомов при учете взаимодействия атома с четырьмя ближайшими соседями. Энергетический спектр акустических фононов. Статистика акустических фононов, средняя энергия фононов. Среднее число фононов. Температура Дебая. Теплоемкость решетки. Оптические фононы. Закон дисперсии оптических фононов для линейной цепочки двух чередующихся сортов атомов с одной степенью свободы.	4	4	Спектральная плотность фононов в трехмерном, двумерном и одномерном случаях. Особенности распространения звуковых волн в трехмерных кристаллах. Зоны Бриллюэна. Поверхности постоянной частоты фононов. Закон дисперсии оптических фононов для линейной цепочки двух чередующихся сортов атомов с тремя степенями свободы. Оптические фононы в трехмерных кристаллах. Спектральная плотность оптических фононов. Общая картина спектра колебаний кристаллической решетки. Взаимодействие фононов. Тепловое расширение.	8	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
Итого		28	28		52		

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 платформы дистанционного обучения Moodle, личный кабинет студента на сайте СОГУ, других элементов ЭИОС СОГУ.

6. Образовательные технологии

Согласно учебному плану в ходе преподавания дисциплины используются традиционные образовательные технологии: лекции, семинарские занятия, самостоятельная работа студентов.

Также при проведении занятий и самостоятельной работе студентов могут быть использованы:

- *интерактивные технологии* («мозговой штурм», дебаты, коллоквиумы, презентационный метод, работа в группах и др.);
- *технологии контекстного обучения* – система дидактических форм, методов и средств, направленная на моделирование содержания будущей профессиональной деятельности специалиста (анализ конкретных ситуаций, методы работы с информационными базами данных, моделирование исторических ситуаций и др.);
- *технологии электронного обучения* (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

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 дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте и с использованием платформ дистанционного обучения (ЭИОС СОГУ).

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.

К видам самостоятельной работы при изучении данной дисциплины относится: написание докладов, подготовка презентаций, самостоятельное изучение литературы по теме и составление по ней конспектов, работа со справочными материалами (терминологическими и иными словарями, энциклопедиями) и т.д.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Методические рекомендации по дисциплине прилагаются.

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

Критерии оценки контрольной работы могут быть как общие, так и частные. К общим критериям можно отнести следующие:

- соответствие контрольной работы теме;
- глубина и полнота раскрытия темы;
- адекватность передачи содержания первоисточника; логичность, связность; доказательность;
- структурная упорядоченность (наличие введения, основной части, заключения, их оптимальное соотношение);
- оформление (наличие плана, списка литературы, культура цитирования, сноски и т. д.); языковая правильность.

Частные критерии относятся к конкретным структурным частям контрольной работы: введению, основной части, заключению.

1. Критерии оценки введения: наличие обоснования выбора темы, ее актуальности; наличие сформулированных целей и задач работы; наличие краткой характеристики первоисточников.

2. Критерии оценки основной части: структурирование материала по разделам, параграфам, абзацам; наличие заголовков к частям текста и их соответствие содержанию; проблемность и разносторонность в изложении материала; выделение в тексте основных понятий и терминов, их толкование; наличие примеров, иллюстрирующих теоретические положения.

3. Критерии оценки заключения: наличие выводов по результатам анализа; выражение своего мнения по проблеме; наличие приложения: рисунков и схем (при необходимости).

Все требования к контрольной работе сообщаются задолго до его написания. Общая оценка за контрольную работу выставляется следующим образом: от 65% до 80% - «удовлетворительно»; 80-90% - «хорошо»; 90-100% - «отлично».

Методические указания для преподавателей по проведению практических занятий

В начале занятия рекомендуется рассмотреть соответствующий теоретический материал. Затем идет практический разбор изучаемого материала, решаются задачи из сборников по введению в языкознание, разбирается каждый конкретный пример.

В начале практического занятия следует обратиться к теоретическим вопросам по теме занятия. Первоначально идет изложение теоретического материала темы занятия. Затем в ряде вопросов преподавателя следует сконцентрировать внимание на основных идеях темы занятия. Вопросы должны включать в себя различные вариации элементарных ситуаций, отображающих основные идеи темы занятия в их взаимной взаимосвязи. Задаваемые вопросы должны быть конкретными и максимально проявлять в студентах их сообразительность.

После предварительной части следует начинать разбирать вопросы, имеющие более длинные сценарии взаимодействия основных идей темы занятия.

Устный опрос требует от преподавателя большой предварительной подготовки: тщательного отбора содержания, всестороннего продумывания вопросов, задач и примеров, которые будут предложены, путей активизации деятельности всех студентов группы в процессе проверки, создания на занятии деловой и доброжелательной обстановки.

Различают фронтальный, индивидуальный и комбинированный опрос.

Фронтальный опрос проводится в форме беседы преподавателя с группой. Он органически сочетается с повторением пройденного, являясь средством для закрепления знаний и умений. Его достоинство в том, что на активную умственную работу можно вовлечь всех студентов группы. Для этого вопросы должны допускать краткую форму ответа, быть лаконичными, логически взаимосвязанными друг с другом, даны в такой последовательности, чтобы ответы студентов в совокупности могли раскрыть содержание раздела, темы. С помощью фронтального опроса преподаватель имеет возможность проверить выполнение студентами домашнего задания, выяснить готовность группы к изучению нового материала, определить сформированность основных понятий, усвоение нового учебного материала, который был только что разобран на занятии.

Индивидуальный опрос предполагает обстоятельные, связные ответы студентов на вопрос, относящийся к изучаемому учебному материалу, поэтому он служит важным учебным средством развития речи, памяти, мышления студентов. Чтобы сделать такую проверку более глубокой, необходимо ставить перед студентами вопросы, требующие развернутого ответа.

Вопросы для индивидуального опроса должны быть четкими, ясными, конкретными, емкими, иметь прикладной характер, охватывать основной, ранее пройденный материал программы. Их содержание должно стимулировать студентов логически мыслить, сравнивать, анализировать, доказывать, подбирать убедительные примеры, устанавливать

причинно-следственные связи, делать обоснованные выводы и этим способствовать объективному выявлению знаний студентов.

Вопросы обычно задают всей группе и после небольшой паузы, необходимой для того, чтобы студенты поняли его и приготовились к ответу, вызывают для ответа конкретного студента.

Письменная проверка, наряду с устной, является важнейшим методом контроля знаний, умений и навыков студентов. Однородность работ, выполняемых студентами, позволяет предъявлять ко всем одинаковые требования, попытается объективность оценки результатов обучения. Применение этого метода дает возможность в наиболее короткий срок одновременно проверить усвоение учебного материала всеми студентами группы, определить направления для индивидуальной работы с каждым.

Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе (выполнение домашних заданий).

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, 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 занятиях с целью проверки наличия знаний, необходимых для усвоения нового материала или для выяснения степени усвоения изложенного материала; рефераты, доклады, презентации, контрольные работы и др.

Рубежный контроль осуществляется по окончании изучения материала в конце семестра в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля или дисциплины в целом.

8.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Основными формами *текущего контроля* знаний по дисциплине являются:

- выполнение практических работ;
- задания по теме, вынесенной на самостоятельное изучение;
- проверка домашнего конспекта.

Форма *рубежного контроля*: тест

Формы *промежуточной аттестации*: зачет/экзамен.

Формы контроля и критерии оценивания

Эт ап	Форма контро- ля	Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86-100 %	71–85%	50–70%	Менее 50%
		отлично / зачет	хорошо / зачет	удовлетвори- тельно / зачет	неудовлетвори- тельно / незачет
1. Текущий контроль (max 40 баллов)					
		33–37 баллов	28–32 баллов	19–27 баллов	0–18 баллов
	Текущая работа в течение модуля (max 37	Студент актив- но работает на занятиях, пре- восходно вы- полняет все за-	Студент актив- но работает на занятиях, хоро- шо выполняет задания препо-	Студент недо- статочно актив- но работает на занятиях, удовлетвори-	Студент недоста- точно активно работает на заня- тиях, неудовле- творительно вы-

	б.)	дания преподавателя.	давателя.	тельно выполняет задания преподавателя.	полняет задания преподавателя.
		3 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
	Реферат / доклад / конспект (маx 3б.)	Тема полностью раскрыта. Превосходное владение материалом. Высокий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Превосходный стиль изложения.	Тема в основном раскрыта. Хорошее владение материалом. Средний уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Хороший стиль изложения.	Тема частично раскрыта. Удовлетворительное владение материалом. Низкий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Удовлетворительный стиль изложения.	Тема не раскрыта. Неудовлетворительное владение материалом. Недостаточный уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Неудовлетворительный стиль изложения.
2. Рубежный контроль (30 б.)					
	тест/контрольная работа	Количество баллов за выполнение каждого задания указываются в тесте/контрольной работе.			
3. Промежуточная аттестация по дисциплине – 30 баллов					
		Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86–100 %	71–85%	50–70%	0–49 %
	Зачет/Экзамен	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	Дан полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Но допущены незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.	Дан недостаточно полный ответ. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	Не получены ответы по базовым вопросам 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.

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

8.2. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Пример письменной контрольной работы:

1. Нарисовать все двумерные решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца, ее построе-

ние, привести пример.

2. Ионные взаимодействия в кристаллах. Энергия связи ионного кристалла. Константа Маделунга.

3. Рассчитать численно вероятность возбуждения одного фонона с максимальной частотой при температуре Дебая?

4. Вывести плотность состояний фононов в двумерном случае в модели Дебая.

5. Получить численные значения для минимальной и максимальной частоты фононов, энергии фононов в кристалле размером 1 см с постоянной решетки $a=0,3$ нм, если скорость звука 1000 м/с. Энергию перевести в эквивалентную температуру.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Понятие частиц в квантовой механике. Структурные единицы вещества.

2. Роль ядер, электронных оболочек, сил взаимодействия, статистики структурных единиц в формировании свойств конденсированных сред.

3. Электрон в поле сферически симметричного потенциала, его энергия, волновая функция. Атом водорода.

4. Геометрия волновых функций s , p , d , f -состояний. Атомные орбитали.

5. Схема энергетических уровней в атоме, заполнение их электронами. 1-ое и 2-ое правила Хунда.

6. Гибридные орбитали. Условия гибридизации. Построение гибридных орбиталей. Основные типы гибридных орбиталей, n , b и 5 связи.

7. Молекулярные орбитали: связывающие, разрыхляющие и несвязывающие, многоцентровые и двухцентровые орбитали.

8. Взаимодействия Ван-дер-Ваальса. Молекулярные кристаллы.

9. Ионные связи, ионные кристаллы.

10. Ковалентные связи.

11. Металлическая связь.

12. Водородная связь.

13. Кристаллическая структура и ее описание. Двумерные и трехмерные кристаллические решетки Браве. Элементы симметрии кристаллических решеток Браве. Энергия связи решетки, константа Маделунга и ее расчет.

14. Ячейка Вигнера-Зейтца, ее построение.

15. Обратная решетка. Построение обратных решеток для трехмерных решеток Браве.

16. Квазичастицы. Основные характеристики квазичастиц.

17. Основное состояние кристалла. Нулевые колебания.

18. Методы описания тепловых колебаний кристаллической решеток. Фононы. Стоячие волны. Бегущие волны.

19. Закон дисперсии акустических фононов в одномерной цепочке атомов при учете взаимодействия атома с двумя ближайшими соседями.

20. Закон дисперсии акустических фононов в одномерной цепочке атомов при учете взаимодействия атома с четырьмя ближайшими соседями.

21. Энергетический спектр акустических фононов. Статистика акустических фононов, средняя энергия фононов. Среднее число фононов.

22. Температура Дебая. Теплоемкость решетки. Модель Дебая.

23. Спектральная плотность фононов в трехмерном, двумерном и одномерном слу-

чаях.

24. Особенности распространения звуковых волн в трехмерных кристаллах. Зоны Бриллюэна.
25. Поверхности постоянной частоты фононов.
26. Оптические фононы. Закон дисперсии оптических фононов для линейной цепочки двух чередующихся сортов атомов с одной степенью свободы.
27. Закон дисперсии оптических фононов для линейной цепочки двух чередующихся сортов атомов с тремя степенями свободы. Оптические фононы в трехмерных кристаллах.
28. Спектральная плотность оптических фононов.
29. Общая картина спектра колебаний кристаллической решетки.
30. Взаимодействие фононов. Тепловое расширение.
31. Невзаимодействующие электроны в потенциальном ящике. Энергия и импульс Ферми. Основное состояние электронной ферми-жидкости.
32. Модель ферми-жидкости. Элементарные возбуждения и их закон дисперсии.
33. Электрон в поле периодического потенциала кристаллической решетки. Эффективный потенциал. Волновая функция электрона.
34. Одноэлектронное приближение, адиабатическое приближение. Теорема Блоха.
35. Квазиимпульс электрона.
36. Закон дисперсии электрона в решетке. Энергетические зоны.
37. Зоны Бриллюэна. Построение зон Бриллюэна для двумерной квадратной решетки.
38. Зоны Бриллюэна для различных трехмерных кристаллических решеток.
39. Заполнение зон Бриллюэна электронами.
40. Метод Гаррисона построения поверхностей Ферми.
41. Поверхности Ферми металла с плоской квадратной решеткой при различной валентности.
42. Поверхности Ферми щелочных металлов. Поверхности Ферми благородных металлов.
43. Поверхности Ферми металлов с простой гексагональной решеткой.
44. Поверхности Ферми металлов с гексагональной плотноупакованной решеткой.
45. Классификация поверхностей Ферми.
46. Плотность электронных состояний в трехмерном случае. Электронные системы с квадратичным законом дисперсии. Системы с произвольным законом дисперсии.
47. Плотность электронных состояний в двумерном и одномерном случае.
48. Особенности Ван Хова в плотности состояний.
49. Эффективная масса электрона. Эффективная масса плотности состояний.
50. Циклотронная масса электрона.
51. Ферми-жидкостная и электрон-фононная перенормировка эффективной массы электронов в металлах.
52. Электронная теплоемкость.
53. Электропроводность металлов. Феноменологическое описание электропроводности.
54. Электропроводность в модели фермиевских электронов. Формула Лифшица.
55. Температурная зависимость электропроводности металлов.
56. Теплопроводность диэлектриков, металлов и сплавов.

57. Квантование энергетического спектра свободных электронов в магнитном поле. Уровни Ландау. Квазиклассическое приближение.
58. Квантование энергетического спектра электронов в магнитном поле в реальных металлах.
59. Спиновое расщепление уровней Ландау.
60. Траектория движения электрона в кристалле в магнитном поле в пространстве импульсов и в реальном пространстве.
61. Распределение квантованных магнитным полем электронов в пространстве импульсов.
62. Спектральная плотность состояний электронов в магнитном поле.
63. Квантовые осцилляционные эффекты. Эффект Шубникова-де Гааза, эффект де Гааза-ванАльфена.
64. Связь частоты осцилляций Шубникова-де Гааза с энергией Ферми, концентрацией электронов и экстремальным сечением поверхности Ферми.
65. Размерное квантование движения электронов.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и семинарах;
- подготовку к семинарам, коллоквиумам, экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать, как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения. Значительно облегчить решение задачи может хорошо выполненный чертеж, если он соответствует условию задачи (прямой угол нарисован прямым, равнобедренный треугольник - равнобедренным и т. д. При подготовке к семинарам необходимо повторять ранее изученные основные определения, формулировки теорем. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), подготовка к семинару, решение задач (1 час). Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему семинары.

Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые оформляются в специально отведённой для этого тетради и систематически сдаются на проверку. Промежуточный контроль знаний проводится в виде коллоквиумов, на которых

студенту предлагается письменно ответить на теоретический вопрос и решить две задачи по теме коллоквиума, а также студенту в ходе освоения курса необходимо выполнить две домашних индивидуальных работы с их последующей защитой.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Брандт Н.Б., Кульбачинский В.А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. - М: Физматлит, 2007.
2. Зиненко В.И., Сорокин Б.П., Турчин П.П. Основы физики твердого тела. - М: Физматлит, 2001.
3. Вонсовский С.В., Кацнельсон М.И. Квантовая физика твердого тела. - М: Наука, 1983.
4. Абрикосов А.А. Основы теории металлов. - М: Наука, 1987.
5. Грундман М. Основы физики полупроводников. - М: Физматлит, 2012.

б) дополнительная литература:

1. Давыдов А.С. Теория твердого тела. - М: Наука 1976.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т 1-2. - М: Мир, 1979.
3. Хейне В., Коэн М., Уэйр Д. Теория псевдопотенциала. Т.1. - М: Мир, 1979.
4. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел. - М: Наука, 1967.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. - М: Наука, 1964.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. - М: Наука, 1982.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- 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) от 04.2016 г	США
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 защиты (Континент TLS)	№25/08/22 СЛ от 04.09.2025 ООО СКБ-Сервис	Россия
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 12.01.2026 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 журналам	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
«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	https://www.polpred.com/	Ресурс открытого доступа		Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей.

газет, журналов информ-агентств с архивом за 20 лет: - обзор СМИ; - Россия и зарубежье; - Федеральные округа РФ. - внешняя экономика, право.				
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/

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, 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, мультимедийный комплекс (проектор, экран), ноутбук, колонки, программное обеспечение.
Библиотека, в том числе читальный зал: столы, стулья, ПК обучающихся, программное обеспечение.

Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся

инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
 - продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
 - продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
 - при наличии по дисциплине курсовой работы продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.