

*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
«Статистическая физика»**

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 – 4з.е. (144 ч.)

	Очная форма обучения
Курс	3
Семестр	6
Лекции	18
Практические занятия	18
Лабораторные занятия	-
Консультации	-
Итого аудиторных занятий	36
Самостоятельная работа	72
Курсовая работа	+
Контроль	36
Экзамен	+
Зачет с оценкой	-
Общее количество часов	144

2. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины:

- познакомить студентов с закономерностями, имеющимися в макроскопических системах с большим числом частиц, как классических, так и квантовых, а также с методами, которые применяются в статистической физике для описания свойств таких систем. При этом системы из большого числа частиц будут рассматриваться, главным образом, в состоянии статистического равновесия. Небольшая часть курса будет посвящена изучению основ неравновесной статистической механики.

Задачи дисциплины:

- научить студентов, исходя из микроскопической модели строения вещества, пользуясь методами статистической физики, рассчитывать свойства макроскопических систем, такие как уравнение состояния, теплоемкость, магнитная и диэлектрические восприимчивости и другие.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Статистическая физика» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1, Б1.О.16.04.

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
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения	владеть: основными методами статистической физики - методом ансамблей Гиббса;методом вычисления средних величин с помощью матрицы плотности;методом вторичного квантования;методом функционала Гинзбурга-Ландау для феноменологического описания фазовых переходов второго рода на примере сверхпроводящего перехода;методом самосогласованного поля для систем взаимодействующих частиц;простейшими методами описания неравновесных явлений с помощью кинетического уравнения Больцмана и уравнения кинетического баланса Паули.
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки	знать: основные термодинамические неравенства;определения химического потенциала в системах с переменным числом частиц для различных термодинамических потенциалов;критерии вырождения и идеальности ферми-газа,особенности подхода к описанию свойств квантовых систем взаимодействующих частиц с помощью языка квазичастиц;основные положения теории фазовых переходов Ирода Ландау на примере феноменологической теории сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау;особенности подхода к описанию неравновесных процессов с помощью кинетического уравнения Больцмана и уравнения кинетического баланса Паули. владеть: простейшими методами описания неравновесных явлений с помощью кинетического уравнения Больцмана и уравнения кинетического баланса Паули.
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов	Уметь: находить средние значения физических измеряемых величин с помощью функции распределения в классической статистике и с помощью матрицы плотности в квантовой статистике;находить температурную зависимость колебательной и вращательной теплоемкостей двухатомного газа молекул, состоящих как из разных, так и из одинаковых атомов;

		выводить термодинамические соотношения для двухуровневых систем; вычислять флуктуации физических измеряемых величин в термодинамической теории флуктуаций; находить выражения для свободной энергии, химического потенциала, энергии, теплоемкости, уравнения состояния идеального классического больцмановского газа и идеальных квантовых ферми- и бозе-газов; находить температурную зависимость намагниченности и магнитной восприимчивости классического идеального газа магнитных диполей и квантового газа атомов, имеющих орбитальный и спиновый моменты; вычислять парамагнитную и диамагнитную восприимчивости идеального электронного ферми-газа; находить температурную зависимость намагниченности и магнитной восприимчивости ферромагнетика в модели Изинга в приближении метода самосогласованного поля; находить температурную зависимость колебательной теплоемкости кристаллической решетки в модели Дебая; описывать термодинамические свойства сверхпроводящего состояния в модели Гинзбурга-Ландау; находить величины термодинамического критического магнитного поля для сверхпроводников I рода и величины нижнего и верхнего критических магнитных полей в сверхпроводниках II рода; решать уравнение кинетического баланса Паули для двухуровневой и n-уровневой системы.
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений	знать: основные распределения в статистической термодинамике классических и квантовых систем, содержащих большое число частиц: микроканоническое распределение, каноническое распределение Гиббса с постоянным числом частиц и распределение Гиббса с переменным числом частиц, а также условия, при которых реализуются данные распределения; статистические определения энтропии для микроканонического и канонического распределений;

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

№	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литература
		лек-ции	прак-тич.	Содержание	часы		
1.	Идеальные газы. Идеальный одноатомный газ. Распределение Максвелла-Больцмана. Термодинамические свойства двухуровневых систем. Внутренние степени свободы атомов и молекул.	2	2	Вращательная и колебательная теплоемкость газа из двухатомных молекул. Влияние спинов ядер на температурную зависимость теплоемкости орто- и параводорода. Закон равнораспределения. Большой статистический ансамбль для ферми- и бозе-газа. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Переход к распределению Больцмана.	8	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-3]
2.	Идеальные газы. Симметрия волновых функций систем, состоящих из большого количества тождественных частиц. Метод вторичного квантования. Вырожденный идеальный ферми-газ.	2	2	Химический потенциал, плотность состояний на поверхности Ферми, теплоемкость электронов в металле. Уравнение состояния, случай низких температур, высоких плотностей и высоких температур, малых плотностей. Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Химический потенциал, теплоемкость и уравнение состояния идеального бозе-газа. Фононы и модель Дебая.	8	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-3]
3.	Неидеальные квантовые газы. Гипотеза квазичастиц. Элементарные возбуждения в идеальном ферми-газе. Неиде-	2	2	Задача Купера о связанном состоянии двух электронов над ферми-поверхностью. Гамильтониан модели Бардина-	8	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект,	[1-3]

	альный ферми-газ со слабым притяжением.			Купера-Шриффера и спектр возбуждений в сверхпроводниках.		задачи на КР	
4.	Неидеальные квантовые газы. Функция распределения частиц по состояниям. Скачок теплоемкости и термодинамическое критическое поле в феноменологической теории сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Параметр порядка, флуктуации параметра порядка.	2	2	Ограничения на применимость теории фазовых переходов II рода Ландау. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках. Сверхпроводники I и II рода. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. Сверхпроводящие квантовые интерферометры.	8	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-3]
5.	Основы кинетической теории. Кинетика бальцмановского газа. Функция распределения. Уравнение переноса Бальцмана и область его применимости. Н-теорема Бальцмана, парадоксы "обратимости" и "возврата".	2	2	Уравнение Бальцмана в II-приближении и без учета столкновений. Уравнение Власова-Ландау. Кинетические коэффициенты металла.	8	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-3]
6.	Основы кинетической теории. Феноменологическое описание неравновесных процессов. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера.	2	2	Уравнение кинетического баланса Паули.	8	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-3]
7.	Основы статистической термодинамики. Вероятностное описание динамического состояния систем, содержащих большое число частиц. Метод ансамблей. Функция распределения и равновесная матрица плотности.	2	2	Микроканоническое распределение. Статистическое определение энтропии. Вывод термодинамических соотношений в микроканоническом распределении.	8	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-3]

8.	Основы статистической термодинамики. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма. Вычисление основных термодинамических величин, термодинамические потенциалы.	2	2	Флуктуации энергии в каноническом распределении. Эквивалентность канонического и микроканонического ансамблей.	8	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-3]
9.	Основы статистической термодинамики. Системы с переменным числом частиц, большой канонический ансамбль. Флуктуации числа частиц, эквивалентность большого канонического ансамбля и канонического ансамбля.	2	2	Термодинамические неравенства. Термодинамическая теория флуктуаций.	8	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект, задачи на КР	[1-3]
Итого		18	18		72		

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 обратить на теоретические вопросы 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, попытаться 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

Примерный перечень вопросов в тестах

1. Условия, при которых реализуется микроканоническое распределение. Яв-

ный вид функции распределения для микроканонического распределения в классической статистике.

2. Написать выражение для среднего значения физической измеримой величины, записанное с помощью функции распределения в классической статистике.

3. Написать выражение для оператора плотности и матрицы плотности.

4. Написать выражение для среднего значения физической измеримой величины, записанное с помощью матрицы плотности в квантовой статистике.

5. Условия, при которых реализуется микроканоническое распределение. Явный вид матрицы плотности для микроканонического распределения в квантовой статистике.

6. Написать выражение для числа квазиклассических состояний с энергией, меньшей или равной E , для замкнутой системы с N частицами, находящимися в объеме V .

7. Статистическое определение энтропии для микроканонического распределения.

8. Написать выражения для температуры и давления в условиях, когда реализуется микроканоническое распределение.

9. Условия, при которых реализуется распределение Гиббса с постоянным числом частиц (каноническое распределение). Явный вид функции распределения для канонического распределения в классической статистике.

10. Написать выражения для статистического интеграла, свободной энергии и энтропии в условиях, когда реализуется распределение Гиббса с постоянным числом частиц.

11. Условия, при которых реализуется распределение Гиббса с постоянным числом частиц (каноническое распределение). Явный вид матрицы плотности для канонического распределения в квантовой статистике. Написать выражение для среднего значения физической измеримой величины в распределении Гиббса с постоянным числом частиц для квантовой статистики.

12. Написать выражения для дифференциалов внутренней энергии и свободной энергии, если в системе число частиц переменное. Дать определение химического потенциала, исходя из выражений для вышеупомянутых дифференциалов.

13. Написать выражения для дифференциалов энтальпии и термодинамического потенциала, если в системе число частиц переменное. Дать определение химического потенциала, исходя из выражений для вышеупомянутых дифференциалов.

14. Написать выражения для функции распределения Гиббса с переменным числом частиц, статистической суммы и Q -потенциала в классической статистике.

15. Дать определение Q -потенциала. Написать выражение для дифференциала Q -потенциала.

16. Написать выражения для матрицы плотности в распределении Гиббса с переменным числом частиц, статистической суммы и Q -потенциала в квантовой статистике.

17. Написать выражение для среднего значения физически измеримой величины в квантовой статистике для случая, когда реализуется распределение Гиббса с переменным числом частиц.

18. Написать выражения для статистической суммы, Q -потенциала и функции распределения частиц по состояниям для идеального Ферми-газа.

19. Написать выражения для статистической суммы, Q -потенциала и функции

распределения частиц по состояниям для идеального Бозе-газа.

20. Написать выражения для энергии Ферми и условия вырождения для идеального Ферми-газа.

21. Написать выражение для плотности состояний на Ферми-поверхности для идеального Ферми-газа.

22. Написать формулу для температурной зависимости химического потенциала идеального ферми-газа в области температур, малых по сравнению с энергией Ферми.

23. Нарисовать на графике температурную зависимость химического потенциала идеального ферми-газа.

24. Написать формулу для температурной зависимости теплоемкости идеального ферми-газа в области температур, малых по сравнению с энергией Ферми.

25. Нарисовать график температурной зависимости теплоемкости идеального ферми-газа в широком температурном интервале.

26. Написать формулу для зависимости давления от объема идеального ферми-газа в области температур, малых по сравнению с энергией Ферми.

27. Нарисовать график зависимости давления от объема при фиксированной температуре (изотерму) для идеального ферми-газа.

28. Написать выражение для температуры бозе-конденсации для идеального бозе-газа.

29. Нарисовать на графике температурную зависимость химического потенциала идеального бозе-газа.

30. Нарисовать график температурной зависимости теплоемкости идеального бозе-газа в широком температурном интервале.

31. Нарисовать график зависимости давления от объема при фиксированной температуре (изотерму) для идеального бозе-газа.

Примерный перечень контрольных вопросов в билетах.

1. Микроканоническое распределение (классическое и квантовое), термодинамика классического идеального газа. Статистическое определение энтропии.

2. Матрица плотности, микроканонический и канонический квантовые ансамбли систем.

3. Каноническое распределение Гиббса (распределение Гиббса с постоянным числом частиц), переход к микроканоническому распределению в пределе $N \gg 1$. Статсумма. Вычисление средних значений термодинамических величин.

4. Термодинамические потенциалы в системах с переменным числом частиц. Химический потенциал.

5. Флуктуации энергии, термодинамические неравенства.

6. Классический идеальный газ. Статсумма, свободная энергия, теплоемкость, уравнение состояния.

7. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Большая статсумма.

8. Теплоемкость колебаний кристаллической решетки в модели Дебая.

9. Ферми и бозе-газы с переменным числом частиц, статистические суммы, Q - потенциалы, функции распределения.

10. Термодинамика вырожденного ферми-газа: химический потенциал, энергия, теплоемкость, уравнение состояния. Критерии вырождения и идеальности ферми-газа.

11. Идеальный бозе-газ, конденсация Бозе-Эйнштейна. Термодинамика идеально-

го бозе- газа: химический потенциал, энергия, теплоемкость, давление, уравнение состояния.

12. Задача Купера о связанном состоянии двух взаимодействующих электронов, находящихся вблизи поверхности Ферми. Длина когерентности.

13. Феноменологическая теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Параметр порядка, энтропия, скачок теплоемкости, термодинамическое критическое поле.

14. Феноменологическая теория сверхпроводимости. Уравнения Гинзбурга-Ландау.

15. Глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник, параметр Гинзбурга-Ландау, сверхпроводники I и II рода.

16. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках.

17. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона.

18. Кинетическое уравнение Больцмана, уравнение Власова-Ландау, т-приближение.

19. Уравнение кинетического баланса Паули, его свойства (нормировка вероятности, поведение энтропии, спектр).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения.

Дисциплина построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически заверченный раздел.

Лекционный материал посвящен рассмотрению ключевых, базовых положений курсов и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к практическим занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Теоретическая физика: в 10 т. Т 5, Ч. 1 : Статистическая физика : учеб. пособие для ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — М. : Физматлит, 2001, 2002, 2005, 2010 .— 616 с.

2. Физическая кинетика: учеб. пособие для вузов / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский .— М. : Наука, 1979 .— 528 с.

3. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика. Часть 2. Теория конденсированного состояния. - М.: Физматлит, 2004.- 496 с.

б) дополнительная литература:

1. Статистическая механика : Современный курс с задачами и решениями [Текст] = Statistical mechanics: [учеб. пособие для вузов] / Р. Кубо ; сост. при участии Х. Ичимура, Ц. Усуи, Н. Хасизуме ; пер. с англ. под ред. Д. Н. Зубарева .— М : Мир, 1967 .— 452 с.

2. Введение в современную статистическую физику [Текст] : курс лекций для вузов / Р.О.Зайцев .— 4-е изд., испр. и сущ. доп. — М. : ЛИБРОКОМ, 2013 .— 504 с.

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»	№ SBR003-250010357500001от 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	ООО Галактика ИТ договор №	Россия

	электронного документооборота	120320/Д/А от 14.03.2022	
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	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

образования.				
«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 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	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/

ресурсам		
«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.