

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**КАФЕДРА ФИЗИКА**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель образовательной программы

\_\_\_\_\_/ Нальгиева М. А.  
от « 21 » 05 2024г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физико-математического факультета

\_\_\_\_\_/ Кульбужев Б. С.  
от « 21 » 05 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.14.03 Статистическая физика. Термодинамика**

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

Направление подготовки – **03.03.02 Физика**  
(код, наименование)

Направленность: **Физика**

Квалификация выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения **Очная**

г. Магас, 2024

### Цели и задачи учебной дисциплины

Курс «Статистическая физика. Термодинамика» является последним из общих разделов теоретической физики для студентов 4-летнего обучения по специальности 03.03.02 «Физика».

Цели освоения дисциплины:

- формирование систематизированных знаний теоретической физики с учетом содержательной специфики предмета «Физика» в общеобразовательном учреждении;
- формирование интереса к изучению современной физики, понимания её важнейшей роли в развитии различных сфер человеческой деятельности (производственной, экономической и экологической);
- развитие способности аргументировано отстаивать свои научные интересы, настойчивости в достижении цели.

№ п/п	Код профессионального стандарта	Наименование области профессиональной деятельности. Наименование профессионального стандарта
01 Образование и наука		
1.	01.001	Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н(зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2013 г., регистрационный №30550), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 августа 2016г.№422н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 23 августа2016г., регистрационный № 43326 )
2.	01.003	Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 мая 2018г. № 298н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28 августа 2018г., регистрационный № 52016

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций (трудовых функций):

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

		общеобразовательных программ		основного и среднего общего образования		
--	--	------------------------------	--	---	--	--

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина Б.1.В.10 «Статистическая физика. Термодинамика» относится к обязательной части блока 1. Дисциплина читается на 4 курсе в 7 семестре.

Приступая к изучению «Статистическая физика. Термодинамика» студент должен знать в полном объеме:

а) Общую Физику (Механику, Молекулярную физику, Электричество и магнетизм, Оптику, Атомную и ядерную физику;

б) разделы Теоретической физики: Теоретическую механику, Электродинамику, Квантовую механику;

г) Математический анализ, Векторный анализ, Линейную алгебру, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Дифференциальные уравнения в частных производных; Основы теории вероятностей, Математическую статистику.

### Таблица 2.1.

Связь дисциплины «Статистическая физика» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Статистическая физика. Термодинамика»	Семестр
Б1.О.04.01	Мат.анализ	1,2,3
Б1.О.04.02	Аналитическая геометрия и линейная алгебра	1,2
Б1.О.04.04	Диф.уравнения	3
Б1.О.04.06	Теория вероятности и математическая статистика	5
Б1.О.07	Общая физика	1,2,3,4,5
Б.1.О.16	Теоретическая механика. Механика сплошных сред	4,5
Б1.В.07	Физика конденсированного состояния	6

### Таблица 2.2.

Связь дисциплины «Статистическая физика» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Статистическая физика. Термодинамика»	Семестр
Б1.В.12	Физическая кинетика	8
Б.1.В.ДВ.07.01	Методы исследования твердых тел	5

### Таблица 2.3.

Связь дисциплины «Статистическая физика. Термодинамика» со смежными дисциплинами

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Статистическая физика»	Семестр
Б.1.О.17	Квантовая теория	7

В результате изучения курса «Статистическая физика. Термодинамика» студент обязан знать, как переходить к необходимым (для измерения) термодинамическим переменным, выражать конечные результаты для теплоемкости.

- Знать роль канонических распределений Гиббса и их соответствующие термодинамические потенциалы, дающие в итоге возможность экспериментальной проверки.

- Понимать значение и смысл квазиклассического предельного перехода, и смысл температуры вырождения.

- Знать основные результаты теории флуктуаций.

- Знать и понимать смысл основных уравнений (Власова, Больцмана), границы применимости и результаты получаемых из них.

### 3. Результаты освоения дисциплины «Статистическая физика. Термодинамика»

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

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
УК-6.	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.1. Использует инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей; УК-6.2. Определяет приоритеты собственной деятельности, личностного развития и профессионального роста; УК-6.3. Оценивает требования рынка труда и предложения образовательных услуг для выстраивания траектории собственного профессионального роста; УК – 6.4. Строит профессиональную карьеру и определяет стратегию профессионального развития.	Знать: Анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие Уметь: Осуществлять поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов Владеть: При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения
ОПК-2.	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-2.1 Знает основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений ОПК-2.2. Умеет использовать физико-математический аппарат для разработки математических моделей явлений, процессов и объектов при решении задач в профессиональной деятельности ОПК-2.3. Имеет навыки	

		проведения экспериментов по заданной методике и анализа их результатов	
ПК -4	ПК-4 Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК-4.1. Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности. ПК-4.2 Умеет выбирать наиболее эффективные методы для проведения научных исследований. ПК-4.3 Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных результатов научных исследований в сфере профессиональной деятельности	Владеть: методами нахождения, отбора и объединения различных методов проведения физических исследований. Уметь: осмысленно выбирать научный метод проведения физических исследований. Знать: способы определения видов и типов профессиональных задач, а также методы их решения при проведении физических исследований

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

##### 4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

#### Объем дисциплины и виды учебной работы

	Всего	Порядковый номер семестра
Общая трудоемкость дисциплины всего (в з.е.), в том числе:	4	7
Аудиторные занятия всего (в акад. часах), в том числе:	100	
Лекции	36	
Практические занятия, семинары	64	
Самостоятельная работа всего (в акад. часах), в том числе:	44	
Вид итоговой аттестации:		
Зачет/дифф. зачет	+	
Экзамен		
Общая трудоемкость дисциплины (часах)	144	

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Л	ПР	СР
1	Основные понятия теории вероятности и математической статистики.	7	2	4	3
2	Основные представления классической стат. физики.	7	2	4	3
3	Фазовые пространства. Эргодическая гипотеза.	10	3	4	3
4	Стационарные функции распределения. Микроканоническое распределение.	7	2	4	3
5	Каноническое распределение Гиббса. Физический параметров	7	2	4	3

	канонического распределения.				
6	Интеграл состояний, статистическая сумма. Энтропия и ее связь с вероятностью состояний.	8	2	4	2
7	Распределение Максвелла-Больцмана. Барометрическая формула.	7	2	4	3
8	Большое каноническое распределение Гиббса. Физический смысл химического потенциала.	8	2	4	2
9	Применение статистического метода к квантовым статистикам.	8	2	4	2
10	Статистики Максвелла-Больцмана, Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака и их сопоставление.	8	2	4	2
11	Теория флуктуаций. Определение корреляционных моментов как основная задача теории флуктуации.	8	2	4	2
12	Термическое и калорическое уравнения состояния. Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики.	7	2	4	3
13	Основные термодинамические процессы и их уравнения. Следствия, вытекающие из термического уравнения. Теплота и энтальпия.	8	2	4	2
14	2-ое начало термодинамики. Основные уравнения термодинамики для равновесных процессов. Связь между термическим и калорическим уравнениями. Расчет энтропии. Парадокс Гиббса.	10	3	4	3
15	2-ое начало термодинамики для неравновесных процессов. Основные уравнения и основные неравенства термодинамики. Цикл Карно. Пределы применимости 2-го начала термодинамики.	10	3	4	3
16	3-е начало термодинамики. Основные следствия третьего начала термодинамики. Методы термодинамики. Метод круговых процессов. Метод термодинамических потенциалов. Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы 2-го рода. Уравнение Эренфеста.	10	3	4	3
	Итого:	144	36	64	44

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля)

Основные понятия теории вероятности и математической статистики. Вероятность, как число. Случайная величина. Сложение вероятностей. Биноминальное распределение. Закон больших чисел. Средние значения. Уклонение от средних. Дисперсия. Корреляция. Неравенство Чебышева.

Основные представления классической стат. физики. Невозможность последовательного механического описания физических систем многих частиц. Макроскопические и микроскопические описания системы, находящиеся в термодинамическом равновесии. Уравнения Гамильтона. Интегралы движения. Скобки Пуассона.

Фазовые пространства. Элементы фазового объема. Вероятность нахождения системы в фазовом пространстве. Теоремы Лиувилля, как фазовые средние. Эргодическая гипотеза.

Стационарные функции распределения. Микроканоническое распределение.

Каноническое распределение Гиббса. Физический параметров канонического распределения.

Интеграл состояний, статистическая сумма. Энтропия и ее связь с вероятностью состояний.

Распределение Максвелла-Больцмана. Барометрическая формула.

Большое каноническое распределение Гиббса. Физический смысл химического потенциала. Большой термодинамический потенциал, его термодинамический смысл.

Применение статистического метода к квантовым статистикам. Определение энтропии квантовых систем. Метод ячеек Больцмана.

Статистики Максвелла-Больцмана, Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака и их сопоставление.

Теория флуктуаций. Определение корреляционных моментов как основная задача теории флуктуаций.

Введение. Термодинамические системы, параметры и равновесие. Исходные положения термодинамики.

Термическое и калорическое уравнения состояния. Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики.

Основные термодинамические процессы и их уравнения. Следствия, вытекающие из термического уравнения. Теплота и энтальпия.

2-ое начало термодинамики. Основные уравнения термодинамики для равновесных процессов. Связь между термическим и калорическим уравнениями.

Расчет энтропии. Парадокс Гиббса.

2-ое начало термодинамики для неравновесных процессов. Основные уравнения и основные неравенства термодинамики. Цикл Карно. Пределы применимости 2-го начала термодинамики.

3-е начало термодинамики. Основные следствия третьего начала термодинамики. Методы термодинамики. Метод круговых процессов. Метод термодинамических потенциалов.

Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы 2-го рода. Уравнение Эренфеста.

## 5. Образовательные технологии

№ п.п.	Тема программы дисциплины	Применяемые технологии
1	Основные понятия теории вероятности и математической статистики.	классическое традиционное; лекционное обучение
2	Основные представления классической стат. физики.	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные
3	Фазовые пространства. Эргодическая гипотеза.	классическое традиционное; лекционное обучение, вербальные (аудио)
4	Стационарные функции распределения. Микроканоническое распределение.	классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа
5	Каноническое распределение Гиббса. Физический параметров канонического распределения.	классическое традиционное; лекционное обучение, самообучение
6	Интеграл состояний, статистическая сумма. Энтропия и ее связь с вероятностью состояний.	классическое традиционное; лекционное обучение, дистанционные
7	Распределение Максвелла-Больцмана. Барометрическая формула.	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное программированное обучение
8	Большое каноническое распределение Гиббса. Физический смысл	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное

	химического потенциала.	программированное обучение
9	Применение статистического метода к квантовым статистикам.	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное программированное обучение
10	Статистики Максвелла-Больцмана, Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака и их сопоставление.	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное программированное обучение
11	Теория флуктуаций. Определение корреляционных моментов как основная задача теории флуктуации.	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное программированное обучение

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

#### **6.1. План самостоятельной работы студентов**

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Основные принципы статистической физики	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Отработка стандартных и нестандартных заданий по теме раздела	1,5,8	2
2	Статистические распределения для идеальных газов	Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Отработка стандартных и нестандартных заданий по теме раздела Изучение литературы по теме обзора Подготовка тематического обзора	2,5,11	2
3	Неидеальные газы.	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Отработка стандартных и нестандартных заданий по теме раздела Подготовка к контрольной работе Повторение материала предыдущих разделов	6,9	2
4	Теория флуктуаций. Элементы физической кинетики.	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Выбор темы проекта Подбор и изучение литературы по теме проекта Разработка проекта Подготовка отчета по проекту	10, 11	2



	Всего	8
--	-------	---

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

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

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

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

### Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

№№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма контроля
1	Проработка лекционного материала	22	Зачет
2	Подготовка к практическим занятиям	22	Работа у доски; контрольные, самостоятельные работы.

## 6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

### Самостоятельная работа.

1. Теория вероятностей и математическая статистика. Закон больших чисел. Среднее значения. Уклонение от средних. Дисперсия. Корреляция. Неравенство Чебышева. Средние от функций случайной величины.

2. Некоторые общие свойства канонического распределения и его связь с микроканоническим распределением.

3. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теоремы о вириале.

4. Теплоемкость твердых тел. Классическая и квантовая теория теплоемкостей кристаллов.

5. Теория идеальных газов. Классическая функция распределения идеального газа.  $\mu$  пространство и числа заполнения.

6. Статистика квантовых систем. Приложение статистики Бозе-Эйнштейна к фотонному газу.

### Практические занятия.

Задачи по курсу стат. физики:

1. Показать, что дифференциальное выражение для элементарной работы не является полным дифференциалом какой – либо функции параметров состояния системы.

2. Доказать, что для всякой средней обобщенной силы  $A_i$  соответственной сопряженному внешнему параметру  $a$ , имеет место тождество

$$\left(\frac{\partial T}{\partial A}\right)_a \left(\frac{\partial A}{\partial a}\right)_T \left(\frac{\partial a}{\partial T}\right)_A = -1.$$

3. Установить связь между термическими коэффициентами

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right); \beta = -\frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right); \gamma = \frac{1}{p_0} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right).$$

где  $v_0$ ,  $p_0$ -соответственно средний объем и среднее давление в произвольной термодинамической системе.

4. Для идеального газа  $pV=\Theta$ ,  $C_v=\text{const}$  получить уравнение адиабаты  $p=p(v)$ .
5. Показать, что для идеального газа  $pV=\Theta$  удельная теплоемкость  $C_p=C_v+1$ .
6. Определить КПД тепловой машины работающей по циклу, пересеченных по циклу, состоящих из двух изотерм  $\Theta=\Theta_1$  и  $\Theta=\Theta_2$ , пересеченных двумя адиабатами.
7. Показать, что КПД теплового двигателя не может превышать КПД цикла Карно, работающего в том же диапазоне температур.
8. Полагая, что давление равновесного излучения  $p$  равно трети плотности его энергии  $U=E/V$ , получить температурную зависимость  $U=U(\Theta)$ .
9. Считая  $ds=1/\Theta(dE+pdv)$  полным дифференциалом в переменных  $(\Theta, V)$ , выразить величину  $\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial V}\right)_\Theta$  через уравнение состояния  $p=p(\Theta, V)$ .
10. Указать условия, при которых равновесное состояние системы соответствует максимальному значению энтропии.
11. Указать условия, при которых равновесное состояние системы соответствует минимальному значению свободной энергии.
12. Внутренняя энергия  $U$  единицы объема газа является функцией только  $\Theta$ , а уравнение состояния газа имеет вид  $p = \frac{u(\Theta)}{3}$ . Определить функциональную форму  $U(\Theta)$ .
13. Вывести выражение для энтропии идеального газа для случая, когда удельная теплоемкость при постоянном объеме  $C_v = C_v^0 = \text{const}$ .
14. Для газа заданы соотношения:  
а)  $pV = f(\Theta)$  и б)  $\left(\frac{\partial u}{\partial V}\right)_\Theta = 0$ .  
Показать, что  $f(\Theta)$  имеет смысл абсолютной температуры. Здесь  $\Theta$ - температура в некоторой произвольной температурной шкале,  $p$ - давление,  $V$ -объем и  $u$ - внутренняя энергия.
15. Методом циклов найти зависимость ЭДС гальванического элемента от температуры.

### Статистическая физика.

1. Найти дисперсию  $(\overline{\Delta X^2})$  при равномерном распределении величины  $x$  в интервале  $a$  и  $b$ .
2. Вычислить якобиан преобразования  $D$  от декартовых координат к сферическим.
3. Получить выражение для вероятности. Найти гармонически колеблющуюся точку в определенном интервале  $dx$  на линии. Показать, что  $(A - \bar{A})(B - \bar{B}) = AB - \bar{A}\bar{B}$ .
4. Определить среднюю скорость молекул водорода, азота, кислорода при 273К.
5. Определить скорость, соответствующую максимуму плотности распределения для водорода и гелия, если температура равна 273К. Относительная молекулярная масса водорода и гелия равна соответственно  $M_{H_2} = 2,016$  и  $M_{He} = 4,003$ .
6. Построить фазовую траекторию для свободно падающей частицы.
7. Подтвердить теорему Лиувилля для материальной точки, движущейся по инерции.
8. Построить фазовую траекторию для частицы, движущейся по инерции.
9. Определить и начертить фазовую траекторию для физического маятника массы  $m$ , момент инерции которого равен  $J$  и приведенная длина  $L$  для случая  $H_0 > 2mgL$ , где  $H_0$ - начальная энергия маятника.
10. Определить нормировочный делитель  $\Omega(E)$  микроканонического распределения Гиббса для системы, состоящей из совокупности  $N$ - частиц идеального одноатомного газа.
11. Используя каноническое распределение Гиббса, получить распределение Максвелла как вероятность того, что скорость любой частицы заданной системы лежит в интервалах

$$[v_x, v_x + dv_x] [v_y, v_y + dv_y] [v_z, v_z + dv_z]$$

12. Используя распределение Гиббса, найти для идеального газа, насыщенного во внешнее потенциальное силовое поле  $U(x, y, z)$ , вероятность того, что координаты любой частицы газа будут лежать в интервалах

$$[x, x+dx], [y, y+dy], [z, z+dz]$$

13. Показать что каноническое распределение Гиббса для систем с очень большим числом частиц (при  $N \rightarrow \infty$ ), переходит в микроканоническое.

14. Показать, что для равновесной классической нерелятивистской системы средняя кинетическая энергия частицы равна  $\frac{3}{2} \Theta$ .

15. Определить среднее число частиц идеального классического газа, падающих за  $1 \text{ см}^2$  стенки.

16. Исходя из уравнений Гиббса для классической системы, показать, что  $p_k \frac{\partial H}{\partial p_k} = r_k \frac{\partial H}{\partial r_k} = \Theta$  и провести примеры этих соотношений.

17. Для вырожденного ( $\Theta=0$ ) идеального Ферми-газа определить граничные значения импульса и энергии частиц.

18. Для идеального нерелятивистского Бозе-газа определить точку  $\Theta_0$  начала Бозе-конденсации.

19. определить парамагнитную восприимчивость идеального Ферми-газа, связанную с наличием у его частиц собственного магнитного момента.

1. Исходя из уравнения Эйнштейна-Фокера-Планка, определить средний квадрат смещения броуновской частицы, находящейся в поле силы тяжести.

2. Частицы диффундируют в стационарном режиме через одномерный потенциальный барьер  $U(x)$ . Найти плотность потока частиц, если известна плотность числа частиц в сечениях  $x_1$  и  $x_2$ .

3. Легкий маятник совершает случайные колебания под действием ударов молекул воздуха. Длина маятника  $L$ , масса  $m$ , случайный угол отклонения от вертикали  $\varphi$ . Найти  $\langle \varphi^2 \rangle$  и  $\langle \varphi^4 \rangle$ , считая средние отклонения маятника малыми.

4. Найти среднеквадратичную флуктуацию дипольного момента газа, состоящего из жестких электрических диполей.

### Примерная тематика заданий

1. Задание на расчет критических параметров газа Ван-дер-Ваальса.
2. Анализ термодинамических процессов
3. Расчет термодинамических функций идеального газа
4. Анализ статистических распределений.
5. Термодинамика неидеальных газов.

Рефераты по дисциплине предполагают анализ литературы по предложенной тематике и представление материалов для общего обсуждения для более полного охвата материала и отработки навыков постановки исследовательских заданий.

### Примерная тематика рефератов:

1. Теорема Цермело-Пуанкаре. Парадокс возврата
2. Статистический смысл основных положений термодинамики
3. Статистика Ферми-Дирака и ее приложения
4. Вероятность и функция распределения в классической статистике.

5. Теорема Лиувилля.
6. Матрица плотности в классической статистике.
7. Термодинамическое равновесие с молекулярной точки зрения Микроканоническое распределение и область его применения
8. Каноническое распределение. Применение классической статистики к идеальному газу.
9. Распределение Максвелла – Больцмана.
10. Реальный газ и классическая статистическая физика
11. Системы с переменным числом частиц
12. Статистическое толкование закона возрастания энтропии и обратимости/ необратимости термодинамических процессов.
13. Понятие температуры с позиций статистической физики.
14. Статистический подход к тепловым машинам и циклам.
15. Теорема Нернста
16. Идеальные газы.
17. Статистика Бозе-Эйнштейна. Идеальный бозе-газ.
18. Статистика Ферми-Дирака. Идеальный ферми-газ.
19. Статистика Больцмана. Идеальный классический газ.
20. Газы из бозонов и фермионов. Флуктуации и измерительные приборы.
21. Принцип Больцмана
22. Молекулярное рассеяние света
23. Броуновское движение

### **Контрольные вопросы.**

1. Основные понятия теории вероятности.
2. Вероятность как число.
3. Случайная величина.
4. Сложение вероятностей.
5. Условие нормировки.
6. Умножение вероятностей.
7. Биномиальное распределение.
8. Средние значения.
9. Уклонение от средних. Дисперсия.
10. Корреляция.
11. Неравенство Чебышева.
12. Закон больших чисел.
13. Средние от функций случайных величин.
14. Основные представления классической статистической физики. Невозможность последовательного механического описания физических систем многих частиц.
15. Макроскопическое и микроскопическое описание системы в термодинамическом равновесии.
16. Канонические уравнения или уравнения Гамильтона.
17. Интегралы движения. Скобки Пуассона.
18. Фазовое пространство.
19. Расчет фазовой траектории гармонического осциллятора.
20. Элемент фазового объема. Вероятность нахождения системы в фазовом пространстве.
21. Теорема Лиувилля.
22. Макроскопические величины, как фазовые средние. Эргодическая гипотеза.
23. Стационарные функции распределения. Микроканоническое распределение.
24. Каноническое распределение Гиббса.
25. Свойства канонического распределения.
26. Физический смысл параметров канонического распределения.
27. Распределение Максвелла-Больцмана.

28. Большое каноническое распределение Гиббса.
29. Энтропия и ее связь с вероятностью состояния.
30. Основы квантовой статистики. Квантовые системы и их свойства.
31. Описание квантовых систем.
32. Применение статистического метода к квантовым системам.
33. Метод ячеек Больцмана.
34. Статистики квантовых систем.
35. Сопоставление квантовых статистик.

## **7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **7.1. Учебная литература:**

#### *Основная:*

1. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории. Д. Г. Барсегов, И. Л. Касаткина, А. А. Греков, З. П. Мастропас. 2010.
2. Квасников И. А., Термодинамика и статистическая физика. том 1: теория равновесных систем: термодинамика: учебное пособие. Димитриенко Ю. И. Нелинейная механика сплошной среды. М.: физматлит, 2010.
3. educational resources of the internet - physics. образовательные ресурсы интернета - физика. ... - М.: дрофа, 2010. - 352 с.)

#### Дополнительная:

1. Д. Гиббс. Термодинамика. Статистическая физика. М. 1982.
2. Н.Н. Боголюбов. Динамические проблемы в статистической физике. М. 1946. Последнее переиздание- Н.Н. Боголюбов. Избранные труды по статистической физике. Изд-во МГУ, 1979.
3. Ю.Л. Климонтович. Статистическая физика. Наука. М. 1982.
4. И.А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. Изд-во МГУ, 1991.
5. И.А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. Изд-во МГУ, 1987.
6. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика Т. V. Статистическая физика, часть 1. Наука, М. 1976.
7. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Теоретическая физика Т. X. Физическая кинетика. Наука, М. 1979.
8. И.П. Базаров. Термодинамика. М. 1976, 1983.
9. И.П. Базаров, Э.В. Геворкян, П.Н. Николаев. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. Изд-во МГУ, 1989.
10. Ч. Киттель. Статистическая термодинамика. Наука. М. 1977.
11. П. Ландсберг. Задачи по термодинамической и статистической физике. Мир М. 1974.
12. Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Наука. 1977.

### **7.2. Интернет-ресурсы**

<b>Название ресурса</b>	<b>Ссылка/доступ</b>
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
Федеральный центр информационно-	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>

образовательных ресурсов (ФЦИОР)	
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a>
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информиио»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>

### 7.3 Программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система “Консультант”
6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
10. Программный продукт MATLAB 6.

### 7.4. Материально-техническое обеспечение

Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий:

Учебная аудитория для лекционных занятий (№ 117) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол - 28 шт.; скамья-56 шт
Учебная аудитория для семинарских занятий (№115) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт; стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; стол - 10 шт.; скамья-20 шт. Учебные пособия по дисциплинам. Тесты рубежного, итогового контроля, наглядные пособия, УМК по дисциплинам

Рабочая программа дисциплины «Статистическая физика. Термодинамика» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 7 августа 2020 г. N 891

Программу составил: доцент кафедры «Физика» Гайтукиева З.Х.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 10 от « 20 » мая 2024 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета

Протокол № 9 от « 22 » мая 2024 года