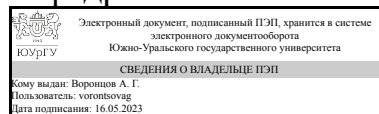


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



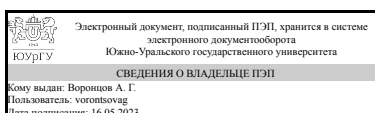
А. Г. Воронцов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.03 Статистическая физика  
для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
уровень Бакалавриат  
профиль подготовки Наноэлектроника: проектирование, технология, применение  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

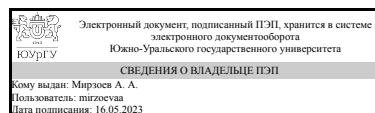
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,  
д.физ.-мат.н., проф., профессор



А. А. Мирзоев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является овладение фундаментальной физико-математической базой, используемой для формирования профессиональных знаний и понимания физической картины мира. Задачами дисциплины являются: изучить основные понятия и законы статистической физики, овладеть методами научного исследования в данной области. Ознакомиться с современным состоянием статистической физики и ее применением в физических приложениях и новых технологиях.

## Краткое содержание дисциплины

Изложение начинается с основных понятий, постулатов и вычислительных методов термодинамики. Затем излагаются распределения Гиббса, из которых выводится все термодинамическое описание. Методы Гиббса иллюстрируются применениями к расчету свойств классического бальцмановского газа. Затем изучаются свойства квантовых газов фермионов и бозонов, после чего методы квантовой статистической физики применяются для описания физических явлений в идеальных Ферми и Бозе газах.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Знает: положения статистической физики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Умеет: на основе атомистических моделей вычислять основные макроскопические характеристики (структурные, электрические и магнитные) конденсированных тел на основе методов статистической физики

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Вычислительная электродинамика, Введение в твердотельную электронику, Компьютерные сети и системы, Теория функций комплексного переменного, Квантовая механика	Схемотехника цифровых устройств, Программные системы инженерного анализа, Физика конденсированного состояния, Специальные главы квантовой механики, Введение в квантовую обработку информации, Физика и диагностика поверхности, Производственная практика (научно-исследовательская работа) (8 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Введение в твердотельную электронику	Знает: Умеет: строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков твердотельной электроники Имеет практический опыт:
Квантовая механика	Знает: положения квантовой механики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:
Компьютерные сети и системы	Знает: принципы проектирования и настройки компьютерных сетей и систем Умеет: Имеет практический опыт:
Вычислительная электродинамика	Знает: положения вычислительной электродинамики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:
Теория функций комплексного переменного	Знает: положения теории функций комплексного переменного, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 108,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	180	180
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	96
Лекции (Л)	48	48
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	48	48
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	71,5	71,5
Подготовка к экзамену	20	20
Подготовка к лекционным занятиям	21,5	21,5
Подготовка к практическим занятиям	30	30
Консультации и промежуточная аттестация	12,5	12,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основы статистической физики	32	16	16	0
2	Классические системы	32	16	16	0
3	Квантовые системы	32	16	16	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол- во часов
1	1	Основные понятия и законы термодинамики. Термодинамика и статистическая физика.	2
2	1	Основное термодинамическое тождество. Термодинамические потенциалы. Соотношения Максвелла.	2
3	1	Фазовое пространство. Вероятность состояния системы многих частиц в многомерном фазовом пространстве. Теорема Лиувилля и ее следствия.	2
4	1	Микроканонический ансамбль и его функция распределения.	2
5	1	Канонический ансамбль. Статистическая сумма и статистический интеграл.	2
6	1	Распределения Максвелла, Больцмана. Расчет статистического интеграла для идеального одноатомного газа. Понятие температуры вырождения. Вывод формулы для энтропии идеального газа	2
7	1	Большой канонический ансамбль. Большой статистический интеграл. Связь термодинамических характеристик большого канонического ансамбля с большим статинтегралом системы.	2
8	1	Контрольная работа №1	2
9	2	Понятие температуры вырождения. Вывод формулы для энтропии идеального газа. Химический потенциал идеального газа.	2
10	2	Неидеальный классический газ. Конфигурационный интеграл. Вириальное разложение. Вывод уравнения Ван-дер-Ваальса. Описание фазового перехода жидкость-газ на основе уравнения Ван-дер-Ваальса.	2
11	2	Условие равновесия фаз. Фазовые диаграммы. Тройная точка. Растворы. Обобщение основных соотношений статистической термодинамики на случай многокомпонентных систем. Правило Гиббса.	2
12	2	Вычисление хипотенциалов разбавленного раствора. Закон Рауля. Понятие идеального раствора. Основные типы бинарных фазовых диаграмм	2
13	2	Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Понятие переходов первого и второго рода. Фазовый переход второго рода как изменение симметрии атомного или магнитного порядка. Понятие параметра порядка	2
14	2	Понятие о поверхностных термодинамических характеристиках. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Краевой угол. Избыточное давление	2
15	2	Флуктуации термодинамических характеристик. Вывод флуктуации энергии и числа частиц из статистического интеграла. Термодинамическая теория флуктуаций Эйнштейна- Ландау.	2
16	2	Контрольная работа 2.	2
17	3	Квантовые эффекты при расчете теплоемкости молекулярных газов. Внутренние степени свободы молекул. Понятие о размораживании внутренних степеней свободы. Статистическая сумма для вращательных и колебательных степеней свободы молекул.	2
18	3	Факторизация большой статистической суммы для идеальных квантовых газов. Статистики Ферми и Бозе. Основные соотношения для	2

		термодинамических характеристик идеальных квантовых газов.	
19	3	Бозе-газы. Явление бозе-конденсации.	2
20	3	Идеальный Ферми-газ электронов в металлах. Теплоемкость электронного газа в металлах.	2
21	3	Излучение черного тела. Статистика идеального газа фотонов. Формула Планка. Термодинамика идеального фотонного газа.	2
22	3	Колебания кристаллической решетки. Модели Эйнштейна и Дебая. Статистическая термодинамика фононного газа.	2
23	3	Статистика электронов и дырок в полупроводниках	2
24	3	Контрольная работа №3	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Начала термодинамики. Понятие полного дифференциала в термодинамике. Термодинамические тождества.	2
2	1	Термодинамические потенциалы (энергия, энтальпия, свободные энергии Гельмгольца и Гиббса, большой термодинамический потенциал. Соотношения Максвелла. Метод якобианов	2
3	1	Траектории простых систем в фазовом пространстве. Примеры, подтверждающие теорему Лиувилля.	2
4	1	Решение задач, основанных на использовании микроканонического ансамбля.	2
5	1	Решение задач с использованием канонического ансамбля	2
6	1	Эквивалентность канонического и микроканонического ансамбля на примере решения задач.	2
7	1	Решение задач с использованием большого канонического ансамбля	2
8	1	Самостоятельная работа №1	2
9	2	Расчет характеристик одноатомного идеального больцмановского газа.	2
10	2	Расчет конфигурационного интеграла и вириального разложения для разреженного реального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса	2
11	2	Использование уравнения Клапейрона – Клаузиуса для оценки фазовых равновесий	2
12	2	Влияние концентрации примесей на равновесную температуру и давление разбавленного раствора	2
13	2	Фазовый переход ферромагнетик-парамагнетик	2
14	2	Поверхностное натяжение, поверхностная энергия и избыточное давление. Капиллярный эффект	2
15	2	Расчеты флуктуаций термодинамических характеристик	2
16	2	Самостоятельная работа №2	2
17	3	Вычисление статистической суммы для вращательных и колебательных степеней свободы молекул.	2
18	3	Вычисление термодинамических характеристик идеальных квантовых газов	2
19	3	Задачи на бозе-газы и явление бозе-конденсации.	2
20	3	Формула Планка. Термодинамика и свойства идеального фотонного газа.	2
21	3	Колебания и термодинамические характеристики кристаллической решетки в моделях Эйнштейна и Дебая.	2
22	3	Свойства идеального Ферми-газа электронов в металлах	2
23	3	Статистика электронов и дырок в полупроводниках.	2

24	3	Самостоятельная работа №3	2
----	---	---------------------------	---

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	Раздел 1.ЭУМД-5 гл.1-2, стр.9-46. ДУМД-1, Гл.1-4, стр.7-96; Раздел 2.ЭУМД-5 гл.2, стр.47-67, гл.5 стр.147-175. ДУМД-1, Гл.5, стр.97-112; Раздел 3. ЭУМД-5 гл.2, стр.68-80, гл.3 стр.84-105. ДУМД-1, Гл.6, стр.119-144;	5	20
Подготовка к лекционным занятиям	Раздел 1. ЭУМД-2 гл.1 стр.9-58; ДУМД-1, Гл.1-4, стр.7-96; Раздел 2. ЭУМД-2 гл.1, стр.59-67, гл.4 стр.88-124, гл.5 стр.158-174, гл.7 стр.199-204, гл.8 стр.208-258; ДУМД-1, Гл.5, стр.97-112; Раздел 3. ЭУМД-2 гл.2, стр.68-80, гл.9 стр.278-314; ДУМД-1, Гл.6, стр.119-144;	5	21,5
Подготовка к практическим занятиям	Раздел 1. ЭУМД-5 гл.1-2, стр.9-46. ДУМД-1, Гл.1-4, стр.7-96; Раздел 2. ЭУМД-5 гл.2, стр.47-67, гл.5 стр.147-175. ДУМД-1, Гл.5, стр.97-112; Раздел 3. ЭУМД-5 гл.2, стр.68-80, гл.3 стр.84-105. ДУМД-1, Гл.6, стр.119-144;	5	30

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	5	Текущий контроль	Самостоятельная работа №1	1	10	Даются три теоретических вопроса и две задачи из списка задач для практических занятий. Каждый вопрос и задача оценивается в 2 балла (2 - полный ответ(решение), 1 - частичный ответ(решение) , 0- отсутствие или неверный ответ(решение)).	экзамен
2	5	Текущий	Самостоятельная	1	10	Даются три теоретических вопроса и	экзамен

		контроль	работа №2			две задачи из списка задач для практических занятий. Каждый вопрос и задача оценивается в 2 балла (2 - полный ответ(решение), 1 - частичный ответ(решение), 0- отсутствие или неверный ответ(решение)).	
3	5	Текущий контроль	Самостоятельная работа №3	1	10	Даются три теоретических вопроса и две задачи из списка задач для практических занятий. Каждый вопрос и задача оценивается в 2 балла (2 - полный ответ(решение), 1 - частичный ответ(решение), 0- отсутствие или неверный ответ(решение)).	экзамен
4	5	Текущий контроль	Контрольная работа №1	2	5	В контрольной работе 5 заданий. За каждое задание начисляется до 1-го балла: 0,5 балла - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично), 1 балл - получен правильный ответ (задание сделано полностью).	экзамен
5	5	Текущий контроль	Контрольная работа №2	2	5	В контрольной работе 5 заданий. За каждое задание начисляется до 1 балла: 0,5 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично), 1 балл - получен правильный ответ (задание сделано полностью).	экзамен
7	5	Бонус	Работа на занятиях	-	10	Пассивная работа на занятиях (процент посещенных занятий) 0-20% - 0 баллов, 21-40% - 1 балл, 41-60% - 2 балла, 61-80% - 3 балла, 81-100% - 4 балла. Активная работа на занятиях (ответ у доски) - каждый ответ до 3-х баллов. Суммарный балл за работу на занятиях не превышает 10 баллов.	экзамен
8	5	Промежуточная аттестация	Письменный экзамен	-	8	Билет содержит 4 задания: 2 теоретических вопроса и 2 задачи. Оценка задания: 0 баллов- ответа (решения) нет или он неверен; 1 балл - задание сделано частично (правильно записаны только исходные формулы, имеются недочеты в формулировках); 2 баллов - задание сделано полностью (получен правильный ответ, присутствуют точные формулировки).	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Контрольное мероприятие промежуточной аттестации является обязательным и проводится в форме письменного экзамена. Время на работу -1,5 часа. Билет содержит 4 задания: 2 теоретических вопроса и 2 задачи. При выполнении заданий студент может пользоваться только таблицами интегралов и физических констант. Для уточнения оценки	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

промежуточной аттестации преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы.

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ						
		1	2	3	4	5	7	8
ПК-1	Знает: положения статистической физики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: на основе атомистических моделей вычислять основные макроскопические характеристики (структурные, электрические и магнитные) конденсированных тел на основе методов статистической физики	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

Не предусмотрена

#### б) дополнительная литература:

1. Берклеевский курс физики [Текст] Т. 5 Статистическая физика / Ф. Рейф в 5 т.: пер. с англ. под ред. А. И. Шальникова, А. О. Вайсенберга. - 3-е изд., испр. - М.: Наука, 1986. - 335, [1] с. ил.
2. Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика Учеб. пособие для физ. спец. вузов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Наука, 1977. - 552 с. граф.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Успехи физических наук (1945-2020 гг.)

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. А. Г. Воронцов, А. А. Мирзоев Статистическая физика , учеб. пособие для бакалавров направления 03.03.01 "Приклад. математика и физика" Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физика наноразмерных систем , 2019. - 159 с.

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. А. Г. Воронцов, А. А. Мирзоев Статистическая физика , учеб. пособие для бакалавров направления 03.03.01 "Приклад. математика и физика" Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физика наноразмерных систем , 2019. - 159 с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание



1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронный каталог ЮУрГУ	Статистическая физика [Текст] : учеб. пособие для бакалавров направления 03.03.01 "Приклад. математика и физика" / А. Г. Воронцов, А. А. Мирзоев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физика наноразмерных систем ; ЮУрГУ <a href="http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000562909">http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000562909</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ансельм, А. И. Основы статистической физики и термодинамики : учебное пособие / А. И. Ансельм. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-0756-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167726">https://e.lanbook.com/book/167726</a> (дата обращения: 13.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Краснопевцев, Е. А. Спецглавы физики. Статистическая физика равновесных систем : учебное пособие / Е. А. Краснопевцев. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 387 с. — ISBN 978-5-7782-3366-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/118453">https://e.lanbook.com/book/118453</a> (дата обращения: 13.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ландау, Л. Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 616 с. — ISBN 978-5-9221-0054-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/2230">https://e.lanbook.com/book/2230</a> (дата обращения: 13.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Кондратьев, А. С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории : учебное пособие / А. С. Кондратьев, П. А. Райгородский. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 256 с. — ISBN 978-5-9221-0876-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/2209">https://e.lanbook.com/book/2209</a> (дата обращения: 13.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
3. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	305 (16)	Стандартное оборудование (учебная мебель для обучающихся, рабочее место преподавателя, доска, мультимедийное оборудование стационарное или переносное)
Практические занятия и семинары	447 (1)	Стандартное оборудование (учебная мебель для обучающихся, рабочее место преподавателя, доска, мультимедийное оборудование стационарное или переносное)