

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
А.В. Корячко

Статистическая физика электронных процессов
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Электронных приборов**
Учебный план 11.03.04_21_00.plx
 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Квалификация **бакалавр**
Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>. <Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	48,25	48,25	48,25	48,25
Контактная работа	48,25	48,25	48,25	48,25
Сам. работа	51	51	51	51
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	108	108	108	108

г. Рязань

Программу составил(и):

д. физ-мат.н., проф., Чиркин Михаил Викторович

Рабочая программа дисциплины

Статистическая физика электронных процессов

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:

11.03.04 Электроника и микроэлектроника

утвержденного учёным советом вуза от 25.06.2021 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Электронных приборов

Протокол от 02.06.2021 г. № 6

Срок действия программы: 2021-2025 уч.г.

Зав. кафедрой Чиркин Михаил Викторович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры
Электронных приборов

Протокол от _____ 2022 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
Электронных приборов

Протокол от _____ 2023 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Электронных приборов

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

Электронных приборов

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	подготовка студента к решению типовых задач электроники, связанных с практическим использованием статистических распределений
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	изучение основных принципов статистической физики и статистических распределений, необходимых для решения задач электроники;
1.4	изучение связей законов квантовой физики с распределениями фермионов и бозонов по энергиям;
1.5	изучение соотношений между характеристиками вещества на микро- и макроуровнях; изучение способов описания и основных характеристик шумов в электронных приборах и устройствах;
1.6	получение навыков научно-исследовательской и инженерной работы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Настоящая дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении следующих дисциплин учебного плана: «Физика», «Учебная практика», «Ознакомительная практика».
2.1.2	До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:
2.1.3	знать: основные факты, базовые концепции и модели физики, информатики; основы технологии работы на персональных компьютерах в современных операционных средах; текстовый и графический интерфейсы; пакеты прикладных программ; элементы вычислительной математики.
2.1.4	уметь: применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с задачей;
2.1.5	владеть: базовыми навыками экспериментального исследования параметров и характеристик конденсированных сред.
2.2 Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Физические основы микро- и нанoeлектроники
2.2.2	Электромагнитные поля и волны. Ч.1
2.2.3	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.4	Преддипломная практика
2.2.5	Производственная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	
ОПК-2.1. Проводит самостоятельно экспериментальные исследования	
Знать основные методы теории планирования численного эксперимента и обработки данных анализа и систематизации результатов в соответствии с поставленной задачей Уметь анализировать, систематизировать и обобщать результаты исследований Владеть современными методами научного исследования, способами осмысления и критического анализа научной информации	
ОПК-2.2. Использует основные приемы обработки и представления полученных данных	
Знать современные проблемы и подходы к их решению методами статистической физики в области электроники, электротехники, особенности современного этапа развития электроники и ее практического применения Уметь применять методы статистической физики при построении простейших физических и математических моделей электронных приборов. Владеть основными приемами применения численных расчетов при решении задач методами статистической физики	

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные законы классической и особенности современной научной картины мира для целенаправленного поиска новых знаний и умений в сфере будущей профессиональной деятельности
3.2	Уметь:

3.2.1	анализировать физическую сущности процессов, протекающих в проводнико-вых, диэлектрических, полупроводни- -ковых материалах используя методы статистической физики
3.3 Владеть:	
3.3.1	способностью привлекать соответствующий физико-математический аппарат для выявления физической сущности явлений и процессов в электронных приборах

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1.					
1.1	Введение /Тема/	4	0			
1.2	Функции распределения частиц по скоростям и энергиям. Принцип детального равновесия. Особенности функции распределения при детальном равновесии. /Лек/	4	2	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.3	Распределение Максвелла /Тема/	4	0			
1.4	Равномерное распределение энергии по степеням свободы в классической статистической физике. Распределение Максвелла по компоненте скорости и его нормировка. Распределение Максвелла по модулю скорости. Средняя, среднеквадратичная и наивероятнейшая скорости молекул. Вычисление частот столкновительных процессов в ионизированном газе. Вычисление потоков частиц. Вывод формулы Ричардсона для термоэлектронной эмиссии. Доплеровское уширение спектральных линий излучения	4	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.5	Распределение Максвелла /Лаб/	4	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет, Лабораторная работа
1.6	Равномерное распределение энергии по степеням свободы в классической статистической физике. Распределение Максвелла по компоненте скорости и его нормировка. Распределение Максвелла по модулю скорости. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к сдаче лабораторной работы, оформление отчета /Ср/	4	10	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.7	Распределение Больцмана /Тема/	4	0			
1.8	Газ классических частиц в потенциальном силовом поле в состоянии термодинамического равновесия. Барометрическая формула и атмосферы планет. Самосогласованное описание равновесных распределений электронов и электрического поля в p-n переходе. /Лек/	4	6	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.9	Равновесное распределение электронов в самосогласованном электрическом поле p-n перехода /Лаб/	4	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет, Лабораторная работа

1.10	Газ классических частиц в потенциальном силовом поле в состоянии термодинамического равновесия. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к сдаче лабораторной работы, оформление отчета. /Ср/	4	10	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.11	Распределение Ферми-Дирака /Тема/	4	0			
1.12	Тождественность элементарных частиц и принцип Паули. Вероятность заполнения электроном энергетического состояния – функция распределения Ферми-Дирака. Количество состояний электрона в единичном энергетическом интервале. Распределение электронов по энергиям. Нормировка функции распределения Ферми-Дирака. Химический потенциал и энергия Ферми. Сравнение распределений Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана. Критерий вырождения для электронного газа. /Лек/	4	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.13	Распределение Ферми-Дирака. Статистическое описание электронного газа. Изучение конспекта лекций. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к сдаче лабораторной работы, оформление отчета. /Ср/	4	10	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.14	Распределение Ферми-Дирака для газа свободных электронов /Лаб/	4	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет, Лабораторная работа
1.15	Распределение Бозе-Эйнштейна /Тема/	4	0			
1.16	Упругие и неупругие столкновения частиц, сечение столкновения. Средняя длина свободного пробега. Распределение частиц по длинам свободного пробега. Теплопроводность и перенос энергии. Диффузия и перенос вещества. Вязкость и перенос импульса. Электропроводность и перенос заряда. Молекулярное течение ультраразреженного газа (течение Кнудсена). /Лек/	4	8	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.17	Распределение Бозе-Эйнштейна. Распределение Планка для равновесного теплового излучения. Изучение конспекта лекций. /Ср/	4	10	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.18	Случайные процессы в электронных приборах /Тема/	4	0			

1.19	Вероятностное описание случайных процессов. Корреляционная функция. Стационарные случайные процессы. Эргодичность. Спектральное разложение случайного процесса. Спектральная плотность шума и ее преобразование в электрических цепях. Соотношения Винера – Хинчина. Тепловой шум. Формула Найквиста для спектральной плотности источника теплового шума. Дробовой шум. Формула Шоттки для спектральной плотности источника дробового шума. Фликкер- эффект. Шум «1/f» и его источники. Равновесные флуктуации сопротивления. Избыточные шумы в усилителях электрических сигналов. Измерения спектральной плотности шума. /Лек/	4	8	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
1.20	Случайные процессы в электронных цепях /Лаб/	4	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет, Лабораторная работа
1.21	Случайные процессы в электронных приборах. Спектральная плотность и автокорреляционная функция для случайного процесса. Соотношения Винера-Хинчина. Тепловой и дробовой шумы, формулы Найквиста и Шоттки. Фликкер-эффект Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к сдаче лабораторной работы, оформление отчета /Ср/	4	11	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
	Раздел 2. Иная контактная работа					
2.1	Консультации /Тема/	4	0			
2.2	Консультации /ИКР/	4	0,25	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет
	Раздел 3. Зачет					
3.1	Зачет /Тема/	4	0			
3.2	/Зачёт/	4	8,75	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачет

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Статистическая физика электронных процессов").

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Сивухин Д.В.	Термодинамика и молекулярная физика : Учеб.пособие для вузов	М.:Наука, 1990, 591с.	5-02-014187-9, 1
Л1.2	Щеголев И.Ф.	Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики : учеб. пособие	Долгопрудный: ИД "Интеллект", 2008, 207с.	978-5-91559-006-8, 1

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Кирюшин Д.В.	Статистическая физика. Ч.2 : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2009,	, https://elib.rsre.ru/ebs/download/2257
Л2.2	Кирюшин Д.В.	Статистическая физика. Ч.1 : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2009,	, https://elib.rsre.ru/ebs/download/2258

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Чиркин М.В., Давыдов Г.В., Мишин В.Ю., Серебряков А.Е.	Основы статистической физики : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2016,	, https://elib.rsre.ru/ebs/download/1271

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Курс лекций по статистической физике д.ф.-м.н., профессора Аджемян Л. Ц.
Э2	Электронно-библиотечная система «IPRBook». ЭБС издательства «IPRBook»
Э3	Электронно-библиотечная система «Лань». ЭБС издательства «Лань»

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
LibreOffice	Свободное ПО
Mathcad University Classroom	Бессрочно. Лицензия на ПО PKG-7517-LN, SON – 2469998, SCN – 8A1365510

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	103 лабораторный корпус. помещение для самостоятельной работы обучающихся, компьютерный класс Специализированная мебель (24 посадочных места), магнитно-маркерная доска. Мультимедиа проектор, 1 экран. ПК. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
2	103 лабораторный корпус. учебная аудитория для проведения учебных занятий, компьютерный класс Специализированная мебель (24 посадочных места), магнитно-маркерная доска. Мультимедиа проектор, 1 экран. ПК. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания по дисциплине "Статистическая физика электронных процессов").

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Серебряков Андрей
Евгеньевич, Заместитель заведующего кафедрой

20.09.23 14:59 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Чиркин Михаил
Викторович, Ректор

20.09.23 17:14 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ПРОРЕКТОРОМ ПО УР

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Корячко Алексей
Вячеславович, Проректор по учебной работе

21.09.23 08:55 (MSK)

Простая подпись