

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Факультет физико-технический  
Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

проректор

*Машаров*

П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

МП

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»**

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриат
Направление подготовки	03.03.03 Радиофизика
Профиль подготовки	Радиофизика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	очная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика (Профиль: Радиофизика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 912 (с изм. и доп.). Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

к.ф-м.н., доцент  
кафедры радиофизики  
и инфокоммуникационных технологий

 И.И. Худяков

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий  
Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой


 В.В. Данилов

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета  
28.03.2024 г.

 С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета  
Протокол от 27.03.2024 г. № 2  
Председатель

 В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной образовательной программы  
д-р тех. наук, проф.  
26.03.2024 г.

 В.В. Данилов

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

«Математический анализ» «Теория вероятностей и математическая статистика»; «Общая физика»: механика, молекулярная физика.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

«Теоретическая физика», «Квантовая теория».

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.03 Радиофизика (программа бакалавриата: Радиофизика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М1.15 Термодинамика и статистическая физика
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	2,5 / 90

### 2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	4	8	20	–	20	50	90	зачет

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование фундаментальных представлений о термодинамических и статистических закономерностях существования и изменения макроскопических систем.

Развитие навыков проведения необходимых расчетов физических характеристик макросистем и умения физически интерпретировать результаты этих расчетов.

Освоить навык давать верную методологическую и философскую оценку физическим закономерностям, наблюдаемым в макросистемах.

Составить целостное представление о процессах и явлениях, происходящих в макромире, и их взаимосвязи со свойствами микрочастиц, составляющих макросистему.

Показать возможности современных научных методов познания макроскопических систем, уметь определять основные макроскопические параметры, описывающие состояние термодинамических систем.

Овладеть знаниями основных закономерностей фундаментальных явлений и эффектов в области физики макромира, теоретическими методами исследований в этой области.

## 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

### 4.1. Компетенции

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в областях физики, радиофизики, электроники и	ОПК-1.1.1. Знает границы применимости законов равновесной термодинамики и статистической механики; принципы, лежащих в основе математических методов статистической механики; принципы использования термодинамических явлений в современных технологиях. базовую терминологию, относящуюся к термодинамическим явлениям, основные понятия, законы термодинамики и статистической механики и их математическое выражение; фундаментальные опыты, лежащие в основе законов термодинамики; логику построения термодинамики на основе фундаментальных опытов; статистические методы описания макроскопических систем. ОПК-1.1.2. Умеет продемонстрировать связь фундаментальных опытов с законами термодинамики с помощью известных математических методов; решать задачи по данной дисциплине; проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц; ОПК-1.1.3. Владеет знаниями основных закономерностей фундаментальных явлений и эффектов в области физики макромира, теоретическими методами исследований в этой области.

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Начала термодинамики	Введение (экспериментальные основания, история создания термодинамики). Равновесные состояния и равновесные процессы. Принцип температуры. Энтропия. Абсолютная температура и абсолютная энтропия. Работа. Адиабатический и изотермический потенциалы. Принцип энергии. Теплоемкость газа. Круговые процессы. Цикл Карно. Аксиоматика термодинамики.
Раздел 2. Методы термодинамики	Термодинамические коэффициенты. Газ Ван-дер-Ваальса. Энтропия и внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Процесс Джоуля-Томсона. Термодинамика стержней. Термодинамика магнетиков и диэлектриков. Метод термодинамических функций. Системы с переменным количеством вещества. Химический потенциал. Рост энтропии в процессах выравнивания. Парадокс Гиббса. Термодинамические неравенства. Равновесие фаз. Фазовые переходы. Многокомпонентные системы, правило фаз.
Раздел 3. Принципы статистической физики	Пример простой системы. Макроскопические и микроскопические состояния. Статистическое распределение. Ансамбль Гиббса. Теорема Лиувилля. Средние по времени. Приближение к равновесию. Основной постулат статистической физики. Микроканоническое

	распределение. Каноническое распределение Гиббса. Большое каноническое распределение. Энтропия. Термодинамические соотношения. Элементы квантовой статистической физики. Статистический оператор, матрица плотности. Уравнение Неймана. Квантовый вариант микроканонического распределения, энтропия. Квантовомеханический вывод большого канонического распределения.
Раздел 4. Статистическое распределение для идеальных газов	Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Распределение Больцмана. Столкновения молекул. Закон равнораспределения. Квантование поступательного движения. Равновесное тепловое излучение, фотонный газ. Тепловое движение атомов в кристалле. Фононный газ. Среднеквадратичное смещение атомов в кристалле. Бозе-Эйнштейновская конденсация. Вырожденный Ферми-газ. Электронный газ в металле. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Электроны в полупроводниках. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники.
Раздел 5. Неидеальные газы	Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности (вириальное разложение). Формула Ван-дер-Ваальса. Полностью ионизованный газ.
Раздел 6. Теория флуктуаций. Элементы физической кинетики.	Флуктуации энергии, объема, числа частиц. Флуктуации основных термодинамических величин. Корреляция флуктуаций во времени. Флуктуационный предел чувствительности измерительных приборов. Уравнение Смолуховского. Принцип детального равновесия. Уравнение Фоккера-Планка. Уравнение кинетического баланса. Вывод формулы Планка по Эйнштейну. Кинетическое уравнение Больцмана.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 8

	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
1. Начала термодинамики	3		3		
2. Методы термодинамики	4		4		
3. Принципы статистической физики	4		4		
4. Статистическое распределение для идеальных газов	4		4		
5. Неидеальные газы	3		3		
6. Теория флуктуаций	2		2		
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	20	–	20	50	90

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

Термодинамические коэффициенты.

Эквивалентность различных формулировок второго начала термодинамики.

Круговые процессы.

Уравнение Гиббса -Дюгема.

Вывод распределения Больцмана на основе канонического и большого канонического распределений.

Больцмановский газ во внешнем поле, распределение Максвелла.  
 Парамагнитный газ в магнитном поле. Классический и квантовый случай.  
 Двумерный фононный газ.  
 Больцмановский газ квантовых частиц с двумя энергетическими уровнями.  
 Неидеальный газ. Теорема вириала. Вириальные коэффициенты.  
 Теория флуктуаций.

#### 7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

### 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

#### 8.1. Семестр 1

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-5	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	5
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
ИТОГО		30
Экзамен		70
Общий итог за семестр		100

#### Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

### 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:



- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.405).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 11.1. Основная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Статистическая физика*, М., 1964.
2. Уленбек Дж., Форд Дж. *Лекции по статистической механике*, М., 1965.
3. Zubarev D.N. *Неравновесная статистическая термодинамика*, М., 1971.
4. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. *Термодинамика, статистическая физика и кинетика*, М., 1977.
5. Терлецкий Я.П. *Статистическая физика*, М., 1966.
6. Куни Ф.М. *Статистическая физика и термодинамика*, М., 1981.
7. Кубо Р. *Термодинамика*, М., 1970.
8. Кубо Р. *Статистическая механика*, М., 1967.

#### *Задачники*

1. *Задачи по термодинамике и статистической физике. Под редакцией П. Ландсберга.*, М., 1974.
2. *Варикаш В.М., Болсун А.И., Аксенов В.В. Сборник задач по статистической физике*, Минск, 1979.

### 11.2. Дополнительная литература

9. Киттель Ч. *Статистическая термодинамика*, М., 1977.
10. Базаров И.П. *Термодинамика*, М., 1983.
11. Ансельм А.И. *Основы статистической физики и термодинамики*, М., 1973.
12. Заславский Г.М. *Стохастичность динамических систем*, М., 1984.
13. Балеску Р. *Равновесная и неравновесная статистическая механика*, Т.1, Т.2, 1978.

## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.



6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

### 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).