

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

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

Физико-технический факультет
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П. А. Машаров
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Увеличенная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы	Техническая физика беспилотных систем
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Термодинамика и статистическая физика»** для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: Техническая Физика беспилотных систем), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 891 (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 2025 года.

Разработчик:

доцент кафедры теоретической физики и
нанотехнологий,
канд. физ.-мат. наук

В. И. Фиохин

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 10.04.2025 г. № 18.

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 16.04.2025 г. № 4

Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной образовательной
программы, канд. физ.-мат. наук, доцент.
10.04.2025 г.

П. В. Асланов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Аналитическая геометрия, Линейная алгебра, Механика, Молекулярная физика, Теоретическая механика, Электродинамика, Квантовая механика.

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

Автоматизация измерений, контроля и испытаний, Измерительные преобразования и преобразователи, Производственная практика: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	03.03.02 Физика (Профиль: Техническая физика беспилотных систем)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М5.18 Термодинамика и статистическая физика
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

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	7	17	-	17	38	72	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов статистических представлений о свойствах макроскопических систем; изучение основных методов неравновесной термодинамики, теории флуктуаций, кинетики неравновесных систем.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.35. Анализирует возможные способы решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.35.1. Знает положения и методы термодинамики и статистической физики: основы статистического подхода к исследованию макроскопических систем, распределение Гиббса, распределение Максвелла, распределения Ферми и Бозе. ОПК-1.35.2. Умеет пользоваться методами термодинамических потенциалов. ОПК-1.35.3. Владеет методами теории флуктуаций в макроскопических системах.
	ОПК-1.36. Использует оптимальные методы решения задач профессиональной деятельности, анализа и проверки получаемых результатов	ОПК-1.36.1. Знает современные методы описания равновесных свойств макроскопических систем в рамках статистического подхода. ОПК-1.36.2. Умеет пользоваться методами феноменологической термодинамики. ОПК-1.36.3. Владеет навыками вычисления термодинамических величин.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Термодинамические потенциалы	
Исторические сведения о развитии термодинамики и молекулярно-кинетической теории.	Краткие исторические сведения о развитии термодинамики и молекулярно-кинетической теории. Макроскопическое и микроскопическое описания физических систем. Термодинамические системы. Состояние термодинамического равновесия. Статистические ансамбли и функции распределения. Статистическая независимость. Среднеквадратичная флуктуация аддитивных величин.
Фазовое пространство	Фазовое пространство. Теорема Лиувилля для функции распределения. Роль аддитивных интегралов движения. Микроканоническое распределение.
Статистическое распределение	Статистическая матрица. Статистическое распределение в квантовой статистике.

Энтропия.	Статистический вес. Энтропия. Закон возрастания энтропии.
Термодинамические величины.	Термодинамические величины. Температура. Макроскопическое движение в состоянии термодинамического равновесия.
Адиабатические процессы.	Адиабатические процессы. Внутренняя энергия. Давление. Работа и количество тепла. Теплоемкость.
Термодинамические потенциалы.	Термодинамические потенциалы. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал.
Соотношения между производными термодинамических величин.	Соотношения между производными термодинамических величин. Термодинамическая шкала температуры.
Процесс Джоуля—Томсона.	Процесс Джоуля—Томсона. Максимальная работа. Цикл Карно.
Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.	Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.
Термодинамические неравенства.	Термодинамические неравенства.
Принцип Ле-Шателье.	Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста.
Зависимость термодинамических величин от числа частиц.	Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал.
Равновесие тела во внешнем поле.	Равновесие тела во внешнем поле. Вращающиеся тела.
Раздел 2. Распределения Гиббса, Максвелла и Больцмана	
Распределение Гиббса.	Распределение Гиббса.
Распределение Максвелла	Распределение Максвелла.
Свободная энергия	Свободная энергия в распределении Гиббса.
Распределение Гиббса с переменным числом частиц.	Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.	Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.
Распределение Больцмана	Идеальный газ. Распределение Больцмана.
Распределение Больцмана в классической статистике	Распределение Больцмана в классической статистике. Барометрическая формула.
Уравнение состояния идеального газа	Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа.
Идеальный газ с постоянной теплоемкостью	Идеальный газ с постоянной теплоемкостью.
Закон равнораспределения	Закон равнораспределения.
Одноатомный идеальный газ	Одноатомный идеальный газ.
Вращение молекул	Двухатомный газ. Вращение молекул. Влияние колебания атомов
Распределение Ферми. Распределение Бозе.	Тождественные частицы. Распределение Ферми. Распределение Бозе.

Вырожденный электронный газ. Вырожденный бозе-газ.	Ферми- и бозе-газы элементарных частиц. Вырожденный электронный газ. Вырожденный бозе-газ.
---	---

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Термодинамические потенциалы	9		9	19	37
Исторические сведения о развитии термодинамики и молекулярно-кинетической теории.	1		1	2	4
Фазовое пространство	1		1	2	4
Статистическое распределение	1		1	2	4
Энтропия.	1		1	2	4
Термодинамические величины.	0,5		0,5	2	3
Адиабатические процессы.	0,5		0,5	1	2
Термодинамические потенциалы.	0,5		0,5	1	2
Соотношения между производными термодинамических величин.	0,5		0,5	1	2
Процесс Джоуля—Томсона.	0,5		0,5	1	2
Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.	0,5		0,5	1	2
Термодинамические неравенства.	0,5		0,5	1	2
Принцип Ле-Шателье.	0,5		0,5	1	2
Зависимость термодинамических величин от числа частиц.	0,5		0,5	1	2
Равновесие тела во внешнем поле.	0,5		0,5	1	8
Раздел 2. Распределения Гиббса, Максвелла и Больцмана	8		8	19	35
Распределение Гиббса.	1		1	2	4
Распределение Максвелла	1		1	2	4
Свободная энергия	0,5		0,5	2	3
Распределение Гиббса с переменным числом частиц.	0,5		0,5	2	3
Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.	0,5		0,5	2	3
Распределение Больцмана	0,5		0,5	1	2
Распределение Больцмана в классической статистике	0,5		0,5	1	2
Уравнение состояния идеального газа	0,5		0,5	1	2
Идеальный газ с постоянной теплоемкостью	0,5		0,5	1	2
Закон равнораспределения	0,5		0,5	1	2
Одноатомный идеальный газ	0,5		0,5	1	2
Вращение молекул	0,5		0,5	1	2

Распределение Ферми. Распределение Бозе.	0,5		0,5	1	2
Вырожденный электронный газ. Вырожденный бозе-газ.	0,5		0,5	1	2
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	17		17	38	72

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Предмет статистической физики. Статистическое распределение.
2. Статистическая независимость. Среднеквадратичная флуктуация аддитивных величин.
3. Теорема Лиувилля для функции распределения.
4. Микроканоническое распределение. Роль аддитивных интегралов движения.
5. Матрица плотности в квантовой статистике.
6. Статистический вес. Энтропия.
7. Температура.
8. Макроскопическое движение в состоянии термодинамического равновесия.
9. Адиабатические процессы.
10. Внутренняя энергия. Давление.
11. Работа и количество тепла. Теплоемкость.
12. Тепловая функция.
13. Свободная энергия.
14. Термодинамический потенциал.
15. Соотношения между производными термодинамических величин.
16. Термодинамическая шкала температуры.
17. Процесс Джоуля Томсона.
18. Цикл Карно.
19. Термодинамические неравенства.
20. Теорема Нернста.
21. Зависимость термодинамических величин от числа частиц Химпотенциал.

Раздел 2

1. Распределение Гиббса.
2. Распределение Максвелла.
3. Распределение вероятностей для осциллятора.
4. Свободная энергия в распределении Гиббса.
5. Термодинамическая теория возмущений.
6. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.
7. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.
8. Идеальный газ. Распределение Больцмана.
9. Распределение Больцмана в классической статистике.
10. Барометрическая формула.
11. Свободная энергия идеального газа.
12. Уравнение состояния идеального газа.
13. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью.
14. Закон равнораспределения.
15. Распределение Ферми.
16. Распределение Бозе.
17. Ферми- и Бозе-газы элементарных частиц.

18. Вырожденный электронный газ.

19. Вырожденный Бозе-газ.

20. Черное излучение.

21. Теория теплоемкости Дебая.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

– Теория вероятности. Среднее и флуктуации

– Теорема Лиувилля

– Статистический вес и энтропия

– Распределение Пуассона и Гаусса

– Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма и статистический интеграл

– Распределение Максвелла и Больцмана. Вычисление средних.

– Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

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.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

8.1. Семестр 4

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (зачет)		40
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. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения 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 кафедры теоретической физики и нанотехнологий (ауд.256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться 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.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Ландау, Л. Д. Статистическая физика (классическая и квантовая) / Л. Ландау, Е. Лифшиц. - Москва : Гостехиздат ; Ленинград, 1951. - 480 с.

2. Метлов, Л. С. Неравновесная эволюционная термодинамика и ее приложения / Л. С. Метлов ; Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина. - Донецк : Ноулидж, 2014. - 176 с.

3. Ландау, Лев Д. Теоретическая физика : В 10 т. : Учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов. Т. 5 : Статистическая физика, Ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; Под ред. Л. П. Питаевского. - 5-е изд. - М. : Наука, 2001. - 616 с.

4. Павленко, Ю. Г. Лекции по теоретической механике : [Учеб. для физ. фак. ун-тов] / Ю. Г. Павленко. - М. : Изд-во МГУ, 1991. - 336 с.

10.2. Дополнительная литература

1. Шиллинг, Г. Статистическая физика в примерах / Г. Шиллинг ; пер. с нем. А. Ф. Дите, М. С. Кагана ; под ред. Д. Н. Зубарева, Э. Л. Нагаева. - Москва : Мир, 1976. - 431 с.

2. Василевский, А. С. Статистическая физика и термодинамика : Учеб. пособие для физ.-мат. фак. пед. ин-тов / А. С. Василевский, В. В. Мултановский. - М. : Просвещение, 1985. - 255 с.

3. Климонтович, Ю. Л. Статистическая физика : [Учеб. пособие для физ. специальностей вузов] / Ю. Л. Климонтович. - М. : Наука, 1982. - 608 с.

11. 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: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный.

12. 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).