

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**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (ТЕРМОДИНАМИКА)**

Укрупненная группа направлений подготовки	44.00.00 Образование и педагогические науки
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование
Направленность (профиль) образовательной программы	Физика и Информатика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная, заочная

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

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Теоретическая физика (Термодинамика)»** для обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (Профиль: Физика и Информатика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.02.2018 № 125 (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, кандидат физ.-мат. наук  
10.04.2025 г.

А. В. Безус

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

базовая подготовка по математике в объеме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ; Линейная алгебра и теория групп; Дифференциальные уравнения. Интегральные уравнения и вариационное исчисление; Теоретическая физика (Теоретическая механика. Механика сплошных сред).

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Теоретическая физика (Квантовая механика); Теоретическая физика (Физика конденсированного состояния. Физика фазовых переходов. Термодинамика и статистическая физика. Физическая кинетика).

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	44.03.05 Педагогическое образование (Профиль: Физика и Информатика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.12 Теоретическая физика (Термодинамика)
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	2,5 / 90

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	3	5	26	–	26	38	90	экзамен
Заочная	4	7	4	–	6	80	90	экзамен

## 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
ПК-1. Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач.	ПК-1.8. Анализирует возможные способы решения задач профессиональной деятельности.	ПК-1.8.1. Знает положения и методы термодинамики и статистической физики, физической кинетики, основы статистического подхода к исследованию макроскопических систем, распределение Гиббса, распределение Максвелла, распределения Ферми и Бозе, уравнение Больцмана, уравнение Фркенхауэра-Планка. ПК-1.8.2. Умеет пользоваться методами термодинамических потенциалов. ПК-1.8.3. Владеет методами теории флуктуаций в макроскопических системах
	ПК-1.9. Рассматривает оптимальные методы решения задач профессиональной деятельности, анализа и проверки получаемых результатов	ПК-1.9.1. Знает современные методы описания равновесных свойств макроскопических систем в рамках статистического подхода. ПК-1.9.2. Умеет пользоваться методами феноменологической термодинамики. ПК-1.9.3. Владеет навыками вычисления термодинамических величин.

**5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Термодинамика	
Предмет термодинамики.	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. Эргодическая гипотеза. Статистическая независимость. Среднеквадратичная флуктуация аддитивных величин.
Функция распределения.	Фазовое пространство. Теорема Лиувилля для функции распределения. Законы сохранения. Роль аддитивных интегралов движения. Микроканоническое распределение.
Энтропия.	Плотность состояний. Статистический вес. Закон возрастания энтропии.
Термодинамические величины.	Температура. Макроскопическое движение в состоянии термодинамического равновесия.

Адиабатические процессы.	Внутренняя энергия. Давление. Первое начало термодинамики. Работа и количество тепла. Теплоемкость.
Термодинамические потенциалы.	Преобразования Лежандра. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал. Теорема о малых добавках.
Соотношения между производными термодинамических величин.	Метод якобианов. Термодинамическая шкала температуры.
Тепловые процессы.	Процесс Джоуля—Томсона. Максимальная работа. Цикл Карно.
Тепловые машины.	Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.
Термодинамические неравенства.	Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста.
Химпотенциал.	Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Термодинамические потенциал $\Omega$ .
Распределение Гиббса.	Вывод распределения Гиббса из микроканонического распределения. Распределение Максвелла. Среднее значение кинетической энергии атома
Идеальный газ.	Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Уравнение состояния идеального газа.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+ конт	Всего
Раздел 1. Термодинамика	26		26	38	90
Предмет термодинамики.	2		2	3	7
Функция распределения.	2		2	3	7
Энтропия.	2		2	3	7
Термодинамические величины.	2		2	3	7
Адиабатические процессы.	2		2	3	7
Термодинамические потенциалы.	2		2	3	7
Соотношения между производными термодинамических величин.	2		2	3	7
Тепловые процессы.	2		2	3	7
Тепловые машины.	2		2	3	7
Термодинамические неравенства.	2		2	3	7
Химпотенциал.	2		2	3	7
Распределение Гиббса.	2		2	3	7
Идеальный газ.	2		2	2	6
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	26		26	38	90

## 6.2. Форма обучения – заочная, курс –4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+ конт	Всего
Раздел 1. Термодинамика	4		6	80	90
Предмет термодинамики.	0,3		0,5	6	6,8
Функция распределения.	0,3		0,5	6	6,8
Энтропия.	0,3		0,5	6	6,8
Термодинамические величины.	0,3		0,5	6	6,8
Адиабатические процессы.	0,3		0,5	6	6,8
Термодинамические потенциалы.	0,3		0,5	6	6,8
Соотношения между производными термодинамических величин.	0,3		0,5	6	6,8
Тепловые процессы.	0,3		0,5	6	6,8
Тепловые машины	0,3		0,5	6	6,8
Термодинамические неравенства.	0,3		0,5	6	6,8
Химпотенциал.	0,3		0,3	6	6,6
Распределение Гиббса.	0,3		0,3	7	7,6
Идеальный газ.	0,4		0,4	7	7,8
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	4		6	80	90

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

## 7.1. Контрольные вопросы

## Раздел 1

1. Статистические ансамбли и функции распределения.
2. Статистическая независимость.
3. Среднеквадратичная флуктуация аддитивных величин.
4. Фазовое пространство.
5. Теорема Лиувилля для функции распределения.
6. Микроканоническое распределение.
7. Статистический вес.
8. Энтропия.
9. Закон возрастания энтропии.
10. Температура.
11. Макроскопическое движение в состоянии термодинамического равновесия.
12. Внутренняя энергия.
13. Давление.
14. Работа и количество тепла.
15. Теплоемкость.
16. Тепловая функция.
17. Свободная энергия и термодинамический потенциал.
18. Соотношения между производными термодинамических величин.
19. Термодинамическая шкала температуры.
20. Процесс Джоуля—Томсона.
21. Цикл Карно.

22. Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.
23. Принцип Ле-Шателье.
24. Теорема Нернста.
25. Химический потенциал.
26. Распределение Больцмана.
27. Барометрическая формула.
28. Уравнение состояния идеального газа

## 7.2. Темы письменных работ (типы задач)

1. Элементы теории вероятностей и математической статистики. Случайные величины. Вычисление средних значений.
2. Уравнение движения в форме Гамильтона. Вычисление элемента объема фазового пространства. Фазовая траектория. Проверка справедливости теоремы Лиувилля.
3. Элементы комбинаторики. Применение формулы Стирлинга для вычисления числа состояний системы с большим количеством частиц.
4. Определение возможных типов макроскопического движения в состоянии термодинамического равновесия
5. Преобразования Лежандра. Соотношения между термодинамическими потенциалами.
6. Метод якобианов. Вычисление соотношений между производными термодинамических величин.
7. Применения теоремы о малых добавках.
8. Максимальная работа. Цикл Карно
9. Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.
10. Вывод термодинамических неравенств.
11. Распределение Максвелла молекул идеального газа по скоростям. Вычисление средней скорости, наиболее вероятной скорости, среднеквадратичной скорости. Применение теоремы о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы.
12. Применение распределения Гиббса для системы идеального газа. Распределение Максвелла по энергии. Вычисление наиболее вероятного, среднего значения энергии одной молекулы и в случае  $N$  молекул. Вычисление флуктуации энергии одной молекулы и  $N$  молекул.
13. Распределение Больцмана молекул идеального газа по координатам. Вычисление концентрации молекул идеального газа, находящихся в однородном поле силы тяжести. Вычисление средней потенциальной энергии, приходящейся на одну молекулу

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

## 7.3. Образец содержания экзаменационного билета.

Донецкий государственный университет  
Физико-технический факультет  
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование
Профиль подготовки	Физика и информатика
Форма обучения	Очная, заочная
Семестр	Пятый, седьмой
Дисциплина	Теоретическая физика (Термодинамика)

## Экзаменационный билет № 1

1. Преобразования Лежандра.
2. Уравнение движения в форме Гамильтона.
3. Вычисление соотношений между производными термодинамических величин.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий, протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 202\_\_ г.

Заведующий кафедрой

Экзаменатор

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

## 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. Форма обучения – очная, Семестр 5

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (экзамен)		40
Общий итог за семестр		100



## 8.2. Форма обучения – заочная, Семестр 7

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (экзамен)		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 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).