

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

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Укрупненная группа направлений подготовки	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

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

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины «**Статистическая физика и термодинамика**» для обучающихся по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 968 (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. Финохин

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, д-р физ.-мат. наук, проф.
10.04.2025 г.

А. Г. Петренко

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: Механика и молекулярная физика, Математический анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Дифференциальные уравнения.

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

Квантовая и оптическая электроника, Производственная практика: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.22 Статистическая физика и термодинамика
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	7,5 / 270

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	26	-	52	48	126	зачет
Очная	4	8	20	-	40	84	144	экзамен
Очная, всего			46	-	92	132	270	

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов статистических представлений о свойствах макроскопических систем.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.25. Анализирует возможные способы решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.25.1. Знает положения и методы термодинамики и статистической физики: основы статистического подхода к исследованию макроскопических систем, распределение Гиббса, распределение Максвелла, распределения Ферми и Бозе. ОПК-1.25.2. Умеет пользоваться методами термодинамических потенциалов. ОПК-1.25.3. Владеет методами теории флуктуаций в макроскопических системах.
	ОПК-1.26. Использует оптимальные методы решения задач профессиональной деятельности, анализа и проверки получаемых результатов	ОПК-1.26.1. Знает современные методы описания равновесных свойств макроскопических систем в рамках статистического подхода. ОПК-1.26.2. Умеет пользоваться методами феноменологической термодинамики. ОПК-1.26.3. Владеет навыками вычисления термодинамических величин.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Термодинамические потенциалы	
Основные принципы статистики.	Краткие исторические сведения о развитии термодинамики и молекулярно-кинетической теории. Предмет статистической физики. Статистическое распределение. Статистическая независимость. Среднеквадратичная флуктуация аддитивных величин. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля для функции распределения. Микроканоническое распределение. Роль аддитивных интегралов движения. Статистическая матрица. Статистическое распределение в квантовой статистике. Статистический вес. Энтропия. Закон возрастания энтропии.
Термодинамические величины.	Термодинамические величины. Температура. Макроскопическое движение в состоянии термодинамического равновесия. Адиабатические процессы. Внутренняя энергия. Давление. Работа и количество тепла.

	Теплоемкость. Термодинамические потенциалы. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал (свободная энергия Гиббса). Соотношение между производными термодинамических величин. Термодинамическая шкала температуры. Процесс Джоуля-Томсона. Максимальная работа. Цикл Карно. Максимальная работа, производимая телом, находится во внешней среде. Неравенство Клаузиуса. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста.
Раздел 2. Распределение Гиббса	
Распределение Гиббса. Идеальные макроскопические системы.	Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал. Равновесие тела во внешнем поле. Вращение тела. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Распределение вероятностей для осциллятора. Функция Вигнера. Свободная энергия в распределении Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Получение термодинамических соотношений по распределению Гиббса. Идеальный газ. Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Барометрическая формула. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Теорема о равнораспределении. Одноатомный идеальный газ. Двухатомный газ. Вращения молекул. Влияние колебания атомов
Распределения Ферми и Бозе.	Тожественные частицы. Распределение Ферми. Распределение Бозе. Ферми-и бозе-газы элементарных частиц. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Вырожденный бозе-газ. Черное излучение.
Термодинамика твердого тела.	Твердые тела при низких температурах. Твердые тела при высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Колебания кристаллической решетки. Плотность числа колебаний. Фононы. Операторы рождения и уничтожения фононов.

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	26	–	52	48	126
Основные принципы статистики.	13		26	24	63
Термодинамические величины.	13		26	24	63
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	26	–	52	48	126

6.2. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 2. Распределение Гиббса	20		40	84	144
Распределение Гиббса. Идеальные макроскопические системы.	6		12	30	48
Распределения Ферми и Бозе.	7		14	30	51
Термодинамика твердого тела.	7		14	24	45
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	20		40	84	144
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	46		92	132	270

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Статистическое распределение. Статистическая независимость. Среднеквадратичная флуктуация аддитивных величин.
2. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля для функции распределения.
3. Микроканоничное распределение. Роль аддитивных интегралов движения.
4. Статистическая матрица.
5. Статистическое распределение в квантовой статистике.
6. Статистическая вес. Энтропия. Закон возрастания энтропии.
7. Термодинамические величины. Температура.
8. Макроскопическое движение в состоянии термодинамического равновесия.
9. Адиабатические процессы. Внутренняя энергия. Давление.
10. Работа и количество тепла. Теплоемкость.
11. Термодинамические потенциалы. Тепловая функция.

Раздел 2

12. Свободная энергия и термодинамический потенциал (свободная энергия Гиббса).
13. Соотношение между производными термодинамических величин.
14. Термодинамическая шкала температуры.
15. Процесс Джоуля-Томсона.
16. Максимальная работа. Цикл Карно.
17. Максимальная работа, производимая телом, находится во внешней среде.
18. Неравенство Клаузиуса.
19. Термодинамические неравенства.
20. Принцип Ле-Шателье.
21. Теорема Нернста.
22. Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал.
23. Равновесие тела во внешнем поле. Вращение тела.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Изотермический и адиабатический процессы. PV -диаграммы. Температурные шкалы (Цельсий, Фаренгейт, Кельвин). Абсолютная температура и энтропия в термодинамике. Уравнение состояния вещества. Калорическое уравнение состояния. Идеальный газ. Работа. Количество теплоты.
- Микроканоническое распределение для идеального классического газа. Статистическое определение энтропии и температуры. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия, как адиабатический потенциал. Свободная энергия, как изотермический потенциал. Модель резины. Теплоёмкость газа
- Круговые процессы. Цикл Карно. КПД тепловых машин. Политропические процессы.
- Термодинамические коэффициенты. Соотношения между ними
- Химический потенциал. Фазовые переходы первого рода. Теплота испарения, давление насыщенного пара в зависимости от температуры. Пар над искривленной поверхностью. Критический радиус зародыша, заряд на капле. Многокомпонентные системы. Правило фаз.

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	28.03.03 Наноматериалы
Профиль подготовки	Наноматериалы
Форма обучения	Очная
Семестр	Восьмой
Дисциплина	Квантовая механика

Экзаменационный билет № 1

1. Термодинамические величины.
2. Процесс Джоуля-Томсона.
3. Равновесие тела во внешнем поле.

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. Семестр 7

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

8.2. Семестр 8

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 (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 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).