

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



П.А. Машаров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ. ФИЗИКА ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ. ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА. ФИЗИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА)

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Профиль подготовки	Физика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Теоретическая физика (Физика конденсированного состояния. Физика фазовых переходов. Термодинамика и статистическая физика. Физическая кинетика)» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: Физика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 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 2024 года.

Разработчик:

доцент кафедры теоретической физики и нанотехнологий, к.ф-м.н

В. И. Финохин

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

Декан 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

Руководители основной профессиональной образовательной программы:
кандидат физико-математических наук

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:

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра. Теория групп, Общая и экспериментальная физика (Механика), Общая и экспериментальная физика (Молекулярная физика. Термодинамика).

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Физика твердого тела, Физика диэлектриков, Производственная: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.02 Физика (Профиль: Физика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М2.13 Теоретическая физика (Физика конденсированного состояния. Физика фазовых переходов. Термодинамика и статистическая физика. Физическая кинетика)
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	6 / 216

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы	всего	
Очная	4	7	39		39	138	216	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
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-	ОПК-1.25. Анализирует возможные способы решения задач	ОПК-1.25.1. Знает положения и методы термодинамики и статистической физики: основы

математических и (или) естественных наук в сфере профессиональной деятельности;	профессиональной деятельности.	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	
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	Всего
Раздел 1. Термодинамические потенциалы	20		20	69	109
Исторические сведения о развитии термодинамики и молекулярно-кинетической теории.	1		1	5	7
Фазовое пространство	1		1	5	7
Статистическое распределение	1		1	5	7
Энтропия.	1		1	5	7
Термодинамические величины.	1		1	5	7
Адиабатические процессы.	1		1	5	7
Термодинамические потенциалы.	1		1	5	7
Соотношения между производными термодинамических величин.	1		1	5	7
Процесс Джоуля—Томсона.	2		2	5	9
Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.	2		2	5	9
Термодинамические неравенства.	2		2	5	9
Принцип Ле-Шателье.	2		2	5	9
Зависимость термодинамических величин от числа частиц.	2		2	5	9
Равновесие тела во внешнем поле.	2		2	4	8
Раздел 2. Распределения Гиббса, Максвелла и Больцмана	19		19	69	107
Распределение Гиббса.	1		1	5	7
Распределение Максвелла	1		1	5	7
Свободная энергия	1		1	5	7
Распределение Гиббса с переменным числом частиц.	1		1	5	7
Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.	1		1	5	7
Распределение Больцмана	1		1	5	7
Распределение Больцмана в классической статистике	1		1	5	7
Уравнение состояния идеального газа	1		1	5	7
Идеальный газ с постоянной теплоемкостью	1		1	5	7
Закон равнораспределения	2		2	5	9
Одноатомный идеальный газ	2		2	5	9
Вращение молекул	2		2	5	9
Распределение Ферми. Распределение Бозе.	2		2	5	9
Вырожденный электронный газ. Вырожденный бозе-газ.	2		2	4	8
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	39		39	138	216

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.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета

Донецкий государственный университет Физико-технический факультет Кафедра теоретической физики и нанотехнологий	
Программа высшего образования Направление подготовки Профиль подготовки Форма обучения Семестр Дисциплина	Программа бакалавриата 03.03.02 Физика Физика Очная Седьмой Теоретическая физика (Физика конденсированного состояния. Физика фазовых переходов. Термодинамика и статистическая физика. Физическая кинетика)
Экзаменационный билет № 1	
1. Состояние термодинамического равновесия. Статистическая независимость 2. Термодинамическая шкала температуры. 3. Используя распределение Максвелла найти среднее значение n -й степени абсолютной величины скорости.	
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.).

8.1. Семестр 7

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Практическая работа	20
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
ИТОГО		60
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. 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 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения 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 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 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. 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.

11.2. 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.

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).