

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра физики фазовых переходов**

Авторы-составители: **Макаров Дмитрий Владимирович**

Рабочая программа дисциплины

**ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

Код УМК 94939

Утверждено  
Протокол №12  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Термодинамика и статистическая физика

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **28.03.01** Нанотехнологии и микросистемная техника  
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Термодинамика и статистическая физика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**28.03.01** Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

**ОПК.3** Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

#### **Индикаторы**

**ОПК.3.2** Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Необъективируемое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (10 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Термодинамика и статистическая физика**

#### **Основы статистической термодинамики**

Каноническое распределение. Статистическое обоснование равновесной термодинамики. Большое каноническое распределение. Начала термодинамики. Термодинамическое равновесие и устойчивость. Переход к классической статистике

#### **Идеальные газы**

Идеальные газы бесструктурных частиц. Статистики Бозе и Ферми. Статистика Максвелла-Больцмана. Атомарные и молекулярные газы

#### **Термодинамические системы независимых осцилляторов**

Термодинамика равновесного теплового излучения  
Термодинамика твердого тела

#### **Классические неидеальные системы**

Одноатомный неидеальный газ. Потенциальная энергия взаимодействия молекул. Метод Майера расчета конфигурационного интеграла. Уравнение состояния слабонеидеального газа . Формула Ван-дер-Ваальса.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Ландау, Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 616 с. — ISBN 978-5-9221-0054-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619858>
2. Дмитриев, А. В. Основы статистической физики материалов : учебник / А. В. Дмитриев. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. — 672 с. — ISBN 5-211-04830-X. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13062>
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 5. Статистическая физика, Ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005, ISBN 5-9221-0054-8. — 616

### Дополнительная:

1. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. 1. Теория равновесных систем. Термодинамика / И. А. Квасников. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Едиториал УРСС, 2002, ISBN 5-354-00077-7. — 240
2. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. учебное пособие : в 3 т. Т. 2. Теория равновесных систем. Статистическая физика / И. А. Квасников. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Едиториал УРСС, 2002, ISBN 5-354-00078-5. — 432
3. Московский С. Б. Курс статистической физики и термодинамики : учебник для вузов / С. Б. Московский. — Москва : Фонд "Мир", 2005, ISBN 5-8291-0616-7. — 320. — Библиогр. : с. 309
4. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика : учебное пособие для физических специальностей вузов / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. — Москва : Наука, 1977. — 552.
5. Михнев Л. В. Термодинамика и статистическая физика : Практикум / Михнев Л. В. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 125. <http://www.iprbookshop.ru/69442.html>

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://lectoriy.mipt.ru/course/Physics-Thermodynamics-09L> Лекторий МФТИ. Курс "Термодинамика и молекулярная физика"

[https://www.youtube.com/watch?v=H1Zbp6\\_\\_uNw&list=PLB72416C707D85AB0](https://www.youtube.com/watch?v=H1Zbp6__uNw&list=PLB72416C707D85AB0) Stanford University Channel on YouTube. Leonard Susskind. Lecture Collection: Modern Physics: Statistical Mechanics

<https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-333-statistical-mechanics-i-statistical-mechanics-of-particles-fall-2013/> MIT OpenCourseWare. Mehran Kardar. Statistical Mechanics I: Statistical Mechanics of Particles

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Термодинамика и статистическая физика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций и текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными



компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Термодинамика и статистическая физика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.3**

**Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные представления и понятия термодинамики и статистической физики; <b>УМЕТЬ:</b> проводить термодинамическое и статистическое описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатических процессов; <b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками расчёта макроскопических величин методами статистической физики.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> не знает основные представления и понятия термодинамики и статистической физики; не умеет проводить термодинамическое и статистическое описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатических процессов; не владеет навыками расчёта макроскопических величин методами квантовой статистической физики.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> знает основные представления и понятия термодинамики и статистической физики;</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> знает основные представления и понятия термодинамики и статистической физики; умеет проводить термодинамическое и статистическое описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатических процессов;</p> <p align="center"><b>Отлично</b> знает основные представления и понятия термодинамики и статистической физики; умеет проводить термодинамическое и статистическое описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатических процессов; владеет навыками расчёта макроскопических величин методами статистической физики.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 42 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 42 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b> <b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Основы статистической термодинамики <b>Входное тестирование</b>	Основы молекулярной физики
<b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Идеальные газы <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Каноническое распределение. Статистическое обоснование равновесной термодинамики. Большое каноническое распределение. Термодинамическое равновесие и устойчивость. Переход к классической статистике
<b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Идеальные газы <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Термодинамические потенциалы. Начала термодинамики. Методы преобразования термодинамических величин. Равновесные процессы.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Термодинамические системы независимых осцилляторов <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Каноническое и большое каноническое распределения. Статистики Максвелла-Больцмана, Ферми и Бозе. Расчет статистических сумм и интегралов. Вычисление термодинамических потенциалов, получение уравнений состояния
<b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Классические неидеальные системы <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Идеальные газы бесструктурных частиц. Атомарные и молекулярные газы. Термодинамика равновесного теплового излучения Термодинамика твердого тела. Одноатомный неидеальный газ. Потенциальная энергия взаимодействия молекул. Метод Майера расчета конфигурационного интеграла. Уравнение состояния слабонеидеального газа. Формула Ван-дер-Ваальса.
<b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Классические неидеальные системы <b>Необъективируемое контрольное мероприятие</b>	Домашние задачи по термодинамике и статистической физике

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Основы статистической термодинамики**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Решение каждого задания контрольного тестирования оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 6 заданий.	6

#### **Идеальные газы**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Контрольная работа состоит из 16 вопросов. i) Вопросы с №1 по №15, требующие краткого ответа (формула, определение и т.п.), оцениваются в 1 балл; ii) Вопрос №16, требующий развернутого ответа, оценивается в 5 баллов.	20
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### Идеальные газы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **12**

Проходной балл: **6**

Показатели оценивания	Баллы
Задача 3. Круговые процессы. КПД.	2
Задача 4. Начала термодинамики. Равновесные процессы.	2
Задача 1. Термодинамические потенциалы. Метод якобиана.	1
Задача 2. Методы преобразования термодинамических величин.	1
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### Термодинамические системы независимых осцилляторов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **12**

Проходной балл: **6**

Показатели оценивания	Баллы
Задача 1. Распределение Максвелла-Больцмана. Нахождение средних значений.	2
Задача 2. Статистическая сумма и расчет ТД величин.	2
Задача 3. Статистический интеграл и расчет ТД величин.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### Классические неидеальные системы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Контрольная работа состоит из 16 вопросов. i) Вопросы с №1 по №15, требующие краткого ответа (формула, определение и т.п.), оцениваются в 1 балл; ii) Вопрос №16, требующий развернутого ответа, оценивается в 5 баллов.	20
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### Классические неидеальные системы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **16**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждой домашней задачи оценивается по следующей схеме: верное решение - 1 балл; неверное решение - 0 баллов. Всего 25 задач.	25
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0