

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное 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 №11
от «07» июня 2021 г.

Пермь, 2021

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 педагогической деятельности, 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

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

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 педагогической деятельности, 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

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике</p>	<p>ЗНАТЬ: основные представления и понятия термодинамики и статистической физики; УМЕТЬ: проводить термодинамическое и статистическое описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатических процессов; ВЛАДЕТЬ: навыками расчёта макроскопических величин методами статистической физики.</p>	<p align="center">Неудовлетворител 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">Удовлетворительн знает основные представления и понятия термодинамики и статистической физики;</p> <p align="center">Хорошо 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">Отлично 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
Входной контроль ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Основы статистической термодинамики Входное тестирование	Основы молекулярной физики
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Идеальные газы Письменное контрольное мероприятие	Каноническое распределение. Статистическое обоснование равновесной термодинамики. Большое каноническое распределение. Термодинамическое равновесие и устойчивость. Переход к классической статистике
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Идеальные газы Письменное контрольное мероприятие	Термодинамические потенциалы. Начала термодинамики. Методы преобразования термодинамических величин. Равновесные процессы.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Термодинамические системы независимых осцилляторов Письменное контрольное мероприятие	Каноническое и большое каноническое распределения. Статистики Максвелла-Больцмана, Ферми и Бозе. Расчет статистических сумм и интегралов. Вычисление термодинамических потенциалов, получение уравнений состояния
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Классические неидеальные системы Итоговое контрольное мероприятие	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.
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Классические неидеальные системы Необъективируемое контрольное мероприятие	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**

Показатели оценивания	Баллы
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