

Минобрнауки России  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Кургалин Сергей Дмитриевич  
Кафедра цифровых технологий  
28.02.2022

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.15 Термодинамика

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

10.05.01 Компьютерная безопасность

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Анализ безопасности компьютерных систем, Математические методы защиты информации

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

Специалитет

**4. Форма обучения:**

Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра цифровых технологий

**6. Составители программы:**

Крыловецкая Татьяна Алексеевна, кандидат физико-математических наук, доцент

**7. Рекомендована:** протокол НМС ФКН №3 от 25.02.2022

**8. Учебный год:**

2025-2026

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью курса является систематическое изучение основных положений статистической физики и термодинамики.

Задачами учебной дисциплины является формирование у студентов:

- основных законов и положений термодинамики и статистической физики, классических и квантовых распределений;
- умения использовать математический аппарат термодинамики и статистической физики;
- навыков термодинамического и статистического анализа простейших систем.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина относится к базовой части блока Б1. Для успешного освоения необходимо предварительное изучение следующих дисциплин: математический анализ, дифференциальные уравнения.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) и индикаторами их достижения:**

| Код и название компетенции   | Код и название индикатора компетенции   | Знания, умения, навыки  |
|--|---|---|
| ОПК-4 Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности; | ОПК-4.2 знает основные законы термодинамики и молекулярной физики               | основные законы и положения термодинамики и статистической физики; классические и квантовые распределения     |
| ОПК-4 Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности; | ОПК-4.6 умеет использовать математические модели физических явлений и процессов | умеет использовать математические модели термодинамических явлений  |
| ОПК-4 Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности; | ОПК-4.7 умеет решать типовые прикладные физические задачи                       | умеет решать типовые прикладные физические задачи методами статистической физики                              |
| ОПК-4 Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности; | ОПК-4.8 владеет методами исследования физических явлений и процессов            | владеет основными методами статистической физики и термодинамики для исследования термодинамических процессов |

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:**

3/108

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

| Вид учебной работы       | Семестр 7 | Всего |
|--------------------------|-----------|-------|
| Аудиторные занятия       | 50        | 50    |
| Лекционные занятия       | 34        | 34    |
| Практические занятия     | 16        | 16    |
| Лабораторные занятия     |           | 0     |
| Самостоятельная работа   | 22        | 22    |
| Курсовая работа          |           | 0     |
| Промежуточная аттестация | 36        | 36    |
| Часы на контроль         | 36        | 36    |
| Всего                    | 108       | 108   |

**13.1. Содержание дисциплины**

| п/п       | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины  | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК  |
|-----------|---------------------------------|--|---|
| 1. Лекции |                                 |  |   |
| 1.1       | Введение                        | Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем.<br>Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем.<br>Термодинамические системы. Состояние термодинамического равновесия.<br>Равновесные и неравновесные процессы. Абсолютная температура.<br>Уравнение состояния. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |

| п/п | Наименование раздела дисциплины              | Содержание раздела дисциплины   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК  |
|-----|--|---|---|
| 1.2 | Основные понятия и законы термодинамики      | Работа, количество теплоты, внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Энтропия. Границы применимости второго начала. Третье начало термодинамики. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |
| 1.3 | Методы и приложения термодинамики            | Метод циклов. Термодинамические потенциалы  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |
| 1.4 | Основные представления статистической физики | Механическое и статистическое описания системы. Статистические ансамбли и функции распределения. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |

| п/п | Наименование раздела дисциплины      | Содержание раздела дисциплины   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК  |
|-----|--------------------------------------|---|---|
| 1.5 | Общие методы статистической механики | <p>Микроканоническое распределение. Статистический вес и энтропия. Вывод и истолкование основного уравнения термодинамики. Каноническое распределение Гиббса. Интеграл состояний и свободная энергия. Распределение по энергии. Связь канонического распределения с микроканоническим. Идеальный газ, парадокс Гиббса. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале. Квантовое каноническое распределение. Квантовый осциллятор. Постулат Нернста. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма и термодинамический потенциал.</p> | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |

| п/п                        | Наименование раздела дисциплины        | Содержание раздела дисциплины  | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК  |
|----------------------------|--|--|---|
| 1.6                        | Статистическая теория идеальных систем | Идеальный одноатомный газ. Распределение Максвелла и Максвелла-Больцмана.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |
| 1.7                        | Теория флуктуаций                      | Флуктуации основных термодинамических величин. Распределение Гаусса. Использование метода корреляций функции.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |
| 2.<br>Практические занятия |  |  |   |
| 2.1                        | Введение                               | Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем. Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем. Термодинамические системы. Состояние термодинамического равновесия. Равновесные и неравновесные процессы. Абсолютная температура. Уравнение состояния. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |

| п/п | Наименование раздела дисциплины              | Содержание раздела дисциплины   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК  |
|-----|--|---|---|
| 2.2 | Основные понятия и законы термодинамики      | Работа, количество теплоты, внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Энтропия. Границы применимости второго начала. Третье начало термодинамики. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |
| 2.3 | Методы и приложения термодинамики            | Метод циклов. Термодинамические потенциалы.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |
| 2.4 | Основные представления статистической физики | Механическое и статистическое описания системы. Статистические ансамбли и функции распределения. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |

| п/п | Наименование раздела дисциплины      | Содержание раздела дисциплины   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК  |
|-----|--------------------------------------|---|---|
| 2.5 | Общие методы статистической механики | <p>Микроканоническое распределение. Статистический вес и энтропия. Вывод и истолкование основного уравнения термодинамики. Каноническое распределение Гиббса. Интеграл состояний и свободная энергия. Распределение по энергии. Связь канонического распределения с микроканоническим. Идеальный газ, парадокс Гиббса. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале. Квантовое каноническое распределение. Квантовый осциллятор. Постулат Нернста. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма и термодинамический потенциал.</p> | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |



|     |  |   |   |
|-----|--|---|---|
| п/п | Наименование раздела дисциплины        | Содержание раздела дисциплины   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК  |
| 2.6 | Статистическая теория идеальных систем | Идеальный одноатомный газ. Распределение Максвелла и Максвелла-Больцмана.                                     | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |
| 2.7 | Теория флуктуаций                      | Флуктуации основных термодинамических величин. Распределение Гаусса. Использование метода корреляций функции. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7392</a> |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела)                  | Лекционные занятия | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | Всего |
|-------|--|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------|
| 1     | Практические                                 |                    |                      |                      |                        |       |
| 2     | Введение                                     | 4                  | 2                    |                      | 6                      | 12    |
| 3     | Основные понятия и законы термодинамики      | 6                  | 4                    |                      | 4                      | 14    |
| 4     | Методы и приложения термодинамики            | 4                  | 2                    |                      | 2                      | 8     |
| 5     | Основные представления статистической физики | 4                  | 2                    |                      | 2                      | 8     |
| 6     | Общие методы статистической механики         | 6                  | 2                    |                      | 2                      | 10    |
| 7     | Статистическая теория идеальных систем       | 6                  | 2                    |                      | 2                      | 10    |

| № п/п | Наименование темы (раздела) | Лекционные занятия | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | Всего |
|-------|-----------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------|
| 8     | Теория флуктуаций           | 4                  | 2                    |                      | 4                      | 10    |
|       |                             | 34                 | 16                   | 0                    | 22                     | 72    |

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

- рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- методические указания и пособия;
- контрольные задания для закрепления теоретического материала;
- электронные версии учебников и методических указаний для выполнения практических работ.

Форма организации самостоятельной работы: подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий; выполнение контрольных работ.

Освоение дисциплины складывается из аудиторной работы (учебной деятельности, выполняемой под руководством преподавателя) и внеаудиторной работы (учебной деятельности, реализуемой обучающимся самостоятельно).

Аудиторная работа состоит из выполнения практических и лабораторных заданий в объёме, предусмотренном учебным планом.

Самостоятельная работа предполагает углублённое изучение отдельных разделов дисциплины с использованием литературы, рекомендованной преподавателем, а также конспектов практических (лабораторных) занятий. В качестве плана для самостоятельной работы может быть использован раздел 13.1 настоящей рабочей программы, в котором зафиксированы разделы дисциплины и их содержание. В разделе 13.2 рабочей программы определяется количество часов, отводимое на самостоятельную работу по каждому разделу дисциплины. Большее количество часов на самостоятельную работу отводится на наиболее трудные разделы дисциплины. Для самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины используется перечень литературы и других ресурсов, перечисленных в пунктах 15 и 16 настоящей рабочей программы.

Успешность освоения дисциплины определяется систематичностью и глубиной аудиторной и внеаудиторной работы обучающегося.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | Аксенова, Е. Н. <i>Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика (главы курса) [Электронный ресурс]</i> / Аксенова Е. Н. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018.— 72 с.— <URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/103058">https://e.lanbook.com/book/103058</a> >. |

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 2     | Пиралишвили, Ш. А. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния [Электронный ресурс] / Пиралишвили Ш. А., Шалагина Е. В., Каляева Н. А., Попкова Е. А. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017.— 200 с. — <URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/91292">https://e.lanbook.com/book/91292</a> >. |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | Леонтович, М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика / М. А. Леонтович .— Москва : Лань, 2008 .— 419 с.— <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=226">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=226</a> >.         |
| 2     | Ансельм, А. И. Основы статистической физики и термодинамики : учеб. пособие / А. И. Ансельм .— Москва : Лань, 2007 .— 423 с.—<URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=692">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=692</a> >. |
| 3     | Базаров, И. П. Термодинамика/ И. П. Базаров. – М. : Высш. шк., 1991. – 376 с.   |
| 4     | Ландау, Л. Д. Статистическая физика. Ч.1/ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М.: Наука, 2002. – 616 с.   |
| 5     | Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика/ Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. – Новосибирск: Изд-во Новосибирск. ун-та, 2001. – 608 с.   |
| 6     | Терлецкий, Я. П. Статистическая физика/ Я. П. Терлецкий. – М.: Высш. шк., 1994. – 350 с.  |
| 7     | Сборник задач по теоретической физике/ Л. Г. Гречко [и др]. – М. : Высш. шк., 1984. – 319 с.  |
| 8     | Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1 : Теория равновесных систем. Термодинамика/ И. А. Квасников. – М. : Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.   |
| 9     | Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 2 : Теория равновесных систем. Статистическая физика / И. А. Квасников. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 432 с.   |
| 10    | Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 3 : Теория неравновесных систем / И. А. Квасников. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 448 с.  |
| 11    | Кубо, Р. Статистическая механика/ Р. Кубо. – М.: Мир, 1967. – 452 с.  |
| 12    | Серова, Ф .Г. Сборник задач по теоретической физике / Серова Ф. Г., А. А. Янкина. – М. : Наука, 1979. – 192 с.  |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ  |
| 2     | Электронный университет ВГУ <a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a>                 |
| 3     | ЭБС «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                          |
| 4     | «Университетская библиотека online» <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a> |
| 5     | «Консультант студента» <a href="http://www.studmedlib.ru/">http://www.studmedlib.ru/</a>        |
| 6     | «РУКОНТ» (ИТС Контекстум) <a href="https://lib.rucont.ru/">https://lib.rucont.ru/</a>           |

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | <i>Аксенова, Е. Н. Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика (главы курса) [Электронный ресурс] / Аксенова Е. Н. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018.— 72 с.— &lt;URL:<a href="https://e.lanbook.com/book/103058">https://e.lanbook.com/book/103058</a>&gt;.</i>   |
| 2     | <i>Пиралишвили, Ш. А. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния [Электронный ресурс] / Пиралишвили Ш. А., Шалагина Е. В., Каляева Н. А., Попкова Е. А. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017.— 200 с. — &lt;URL:<a href="https://e.lanbook.com/book/91292">https://e.lanbook.com/book/91292</a>&gt;.</i> |
| 3     | <i>Леонтович, М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика / М. А. Леонтович .— Москва : Лань, 2008 .— 419 с.— &lt;URL:<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=226">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=226</a>&gt;.</i>  |

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий в дистанционном режиме обучения используются технические и информационные ресурсы Образовательного портала "Электронный университет ВГУ (<https://edu.vsu.ru>), базирующегося на системе дистанционного обучения Moodle, развернутой в университете, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным проектором; специализированная мебель: доска меловая или маркерная 1 шт., столы, стулья в необходимом количестве. ОС Windows v.7, 8, 10, набор утилит (архиваторы, файл-менеджеры), LibreOffice v.5-7, Foxit PDF Reader.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п | Разделы дисциплины (модули)   | Код компетенции | Код индикатора | Оценочные средства для текущей аттестации |
|-------|---|-----------------|----------------|---|
| 1     | Разделы 1-8.<br>Введение. Основные понятия и законы термодинамики. Методы и приложения термодинамики. Основные представления статистической физики. Общие методы статистической механики. Статистическая теория идеальных систем. Теория флуктуаций | ОПК-4           | ОПК-4.2        | Контрольная работа                        |
| 2     | Разделы 1-8.<br>Введение. Основные понятия и законы термодинамики. Методы и приложения термодинамики. Основные представления статистической физики. Общие методы статистической механики. Статистическая теория идеальных систем. Теория флуктуаций | ОПК-4           | ОПК-4.6        | Контрольная работа                        |
| 3     | Разделы 1-8.<br>Введение. Основные понятия и законы термодинамики. Методы и приложения термодинамики. Основные представления статистической физики. Общие методы статистической механики. Статистическая теория идеальных систем. Теория флуктуаций | ОПК-4           | ОПК-4.7        | Контрольная работа                        |
| 4     | Разделы 1-8.<br>Введение. Основные понятия и законы термодинамики. Методы и приложения термодинамики. Основные представления статистической физики. Общие методы статистической механики. Статистическая теория идеальных систем. Теория флуктуаций | ОПК-4           | ОПК-4.8        | Контрольная работа                        |

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Экзамен

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Комплект КИМ

## **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

контрольная работа.

Примеры вариантов контрольных работ:

Контрольная работа № 1

Вариант 1

Часть А

1. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатном расширении?
2. При изотермическом сжатии идеального газа внешними силами совершена работа  $A$  над газом. Чему равно количество теплоты  $Q$ , полученное газом в этом процессе, и изменение внутренней энергии газа?
3. Получает или отдает теплоту газ, если при уменьшении его внутренней энергии на 100 Дж над ним совершили работу 300 Дж? Чему равно это количество теплоты?
4. Дайте геометрическое толкование количества теплоты, подтвердив его законами термодинамики.
5. За один цикл идеальный газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q_1$ , отдал холодильнику количество теплоты  $Q_2$ , совершил работу  $A$  и возвратился в исходное состояние. Чему равно изменение внутренней энергии газа в результате этих процессов?
6. В каком процессе объем газа линейно увеличивается с ростом температуры?
7. Напишите квантовое распределение Гиббса и условие нормировки для него.
8. Как найти энтропию изотермической системы с постоянным числом частиц?
9. Какое из фазовых распределений описывает изотермическую систему с переменным числом частиц? Поясните смысл обозначений.
10. Напишите выражение для функции Гамильтона находящегося во внешнем поле идеального одноатомного газа, состоящего из  $N$  частиц.
11. Объясните смысл множителя в выражении для фазового объема.
12. Дайте определение относительной флуктуации.
13. Сформулируйте теорему Лиувилля.
14. Напишите условие нормировки большого канонического распределения.
15. Что является основной расчетной характеристикой адиабатически изолированной системы и почему?

Часть В

1. Метод термодинамических потенциалов: термодинамический потенциал Гиббса.
2. Механическое описание системы. Фазовое пространство.

Часть С

1. Найти связь между теплоемкостями  $C_P$  и  $C_V$  для идеального газа.
2. Для изотермической системы  $N$  невзаимодействующих линейных гармонических осцилляторов, помещенной в однородное электрическое поле напряженности  $E$ , рассчитать свободную энергию (частоты и заряды осцилляторов одинаковы и равны  $\omega$  и  $e$  соответственно).

Вариант 2

Часть А

1. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатном расширении?
2. При изотермическом сжатии идеального газа внешними силами совершена работа  $A$  над газом. Чему равно количество теплоты  $Q$ , полученное газом в этом процессе, и изменение внутренней энергии газа?
3. Получает или отдает теплоту газ, если при уменьшении его внутренней энергии на 100 Дж над ним совершили работу 300 Дж? Чему равно это количество теплоты?
4. Дайте геометрическое толкование количества теплоты, подтвердив его законами термодинамики.

5. За один цикл идеальный газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q_1$ , отдал холодильнику количество теплоты  $Q_2$ , совершил работу  $A$  и возвратился в исходное состояние. Чему равно изменение внутренней энергии газа в результате этих процессов?
6. В каком процессе объем газа линейно увеличивается с ростом температуры?
7. Напишите квантовое распределение Гиббса и условие нормировки для него.
8. Как найти энтропию изотермической системы с постоянным числом частиц?
9. Какое из фазовых распределений описывает изотермическую систему с переменным числом частиц? Поясните смысл обозначений.
10. Напишите выражение для функции Гамильтона находящегося во внешнем поле идеального одноатомного газа, состоящего из  $N$  частиц.
11. Объясните смысл множителя в выражении для фазового объема.
12. Дайте определение относительной флуктуации.
13. Сформулируйте теорему Лиувилля.
14. Напишите условие нормировки большого канонического распределения.
15. Что является основной расчетной характеристикой адиабатически изолированной системы и почему?

#### Часть В

1. Метод термодинамических потенциалов: энтальпия.
2. Статистическое описание системы. Фазовое распределение, его свойства.

#### Часть С

1. Найти работу идеального газа при изотермическом расширении от  $V_1$  до  $V_2$ .
2. Найти внутреннюю энергию столба идеального газа высотой  $h$  и площадью  $S$ , находящегося в поле тяжести при температуре  $T$ .

#### Вариант 3

#### Часть А

1. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатном расширении?
2. При изотермическом сжатии идеального газа внешними силами совершена работа  $A$  над газом. Чему равно количество теплоты  $Q$ , полученное газом в этом процессе, и изменение внутренней энергии газа?
3. Получает или отдает теплоту газ, если при уменьшении его внутренней энергии на 100 Дж над ним совершили работу 300 Дж? Чему равно это количество теплоты?
4. Дайте геометрическое толкование количества теплоты, подтвердив его законами термодинамики.
5. За один цикл идеальный газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q_1$ , отдал холодильнику количество теплоты  $Q_2$ , совершил работу  $A$  и возвратился в исходное состояние. Чему равно изменение внутренней энергии газа в результате этих процессов?
6. В каком процессе объем газа линейно увеличивается с ростом температуры?
7. Напишите квантовое распределение Гиббса и условие нормировки для него.
8. Как найти энтропию изотермической системы с постоянным числом частиц?
9. Какое из фазовых распределений описывает изотермическую систему с переменным числом частиц? Поясните смысл обозначений.
10. Напишите выражение для функции Гамильтона находящегося во внешнем поле идеального одноатомного газа, состоящего из  $N$  частиц.
11. Объясните смысл множителя в выражении для фазового объема.
12. Дайте определение относительной флуктуации.
13. Сформулируйте теорему Лиувилля.
14. Напишите условие нормировки большого канонического распределения.
15. Что является основной расчетной характеристикой адиабатически изолированной системы и

почему?

Часть В

1. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости однородной системы на примере изолированной системы.
2. Теорема Лиувилля. Следствия.

Часть С

1. Считая известным уравнение Ван-дер-Ваальса, где  $a$  и  $b$  — постоянные, найти внутреннюю энергию  $E$ .
2. Найти энтропию изолированного одноатомного идеального газа из  $N$  молекул, заключенного в объеме  $V$ .

Описание технологии проведения : контрольная работа проводится в письменной форме.

Обучающемуся случайным образом дается один из вариантов. На выполнение предоставляется 2 академических часа.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания): за успешное выполнение заданий из части А дается 2 балла, из частей В и С – 5 баллов. Максимальная оценка за решение заданий из частей В и С ставится, если работа содержит полное, логически обоснованное и аккуратно оформленное решение (изложение теоретического материала), сопровождающееся всеми необходимыми расчетами. При наличии ошибок и недочетов оценка снижается. Если учащийся допускает грубые ошибки, демонстрируя тем самым непонимание сути проблемы и незнание базового материала, то ставится оценка 0 баллов.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Пример контрольно-измерительного материала

УТВЕРЖДАЮ

заведующий кафедрой цифровых технологий

\_\_\_\_\_ С.Д. Кургалин

\_\_ . \_\_ . 2021

Направление подготовки / специальность 10.03.01 Информационная безопасность

Дисциплина Б1.О.25 Термодинамика

Форма обучения Очное

Вид контроля Зачет

Вид аттестации Промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Метод циклов.
2. Теорема о вириале.

Преподаватель \_\_\_\_\_ Т.А. Крыловецкая

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

комплект КИМ.

Перечень вопросов:

1. Введение

Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем.

Термодинамические системы. Состояние термодинамического равновесия. Равновесные и неравновесные процессы.

Абсолютная температура. Уравнение состояния.

02. Основные понятия и законы термодинамики

Работа, количество теплоты, внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Энтропия. Границы применимости второго начала.

Третье начало термодинамики.

03. Методы и приложения термодинамики



Метод циклов.

Метод термодинамических потенциалов.

04. Основные представления статистической физики

Механическое и статистическое описания системы.

Статистические ансамбли и функции распределения.

Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.

05. Общие методы статистической механики

Микроканоническое распределение.

Статистический вес и энтропия. Вывод и истолкование основного уравнения термодинамики.

Каноническое распределение Гиббса.

Интеграл состояний и свободная энергия. Распределение по энергии. Связь канонического распределения с микроканоническим.

Идеальный газ, парадокс Гиббса.

Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы.

Теорема о вириале.

Квантовое каноническое распределение.

Квантовый осциллятор.

Постулат Нернста. Недостижимость абсолютного нуля температуры.

Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма и термодинамический потенциал.

06. Статистическая теория идеальных систем

Идеальный одноатомный газ. Распределение Максвелла и Максвелла-Больцмана.

07. Теория флуктуаций

Флуктуации основных термодинамических величин.

Распределение Гаусса. Использование метода корреляций функции.

Примеры типовых контрольно-измерительных материалов:

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Абсолютная температура. Уравнение состояния.

2. Распределение Гаусса. Использование метода корреляций функции.

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.

2. Теорема о вириале.

Описание технологии проведения : обучающемуся случайным образом дается один из экзаменационных билетов. Затем на подготовку предоставляется 2 академических часа. За отведенное время обучающийся должен письменно выполнить задания билета. После этого проводится собеседование, в ходе которого могут быть заданы уточняющие и дополнительные вопросы. При успешном ответе на дополнительные вопросы обучающийся может получить от 0 до 10 дополнительных баллов.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания. Максимальная оценка за каждый вопрос - 25 баллов. Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание формулировок физических законов и выражающих их математические уравнения;
- 2) знание базовых методов термодинамики и статистической физики;
- 3) умение понимать суть физических законов;
- 4) умение применять физические законы при рассмотрении явлений природы;
- 5) владение навыками на основе имеющихся знаний качественно и количественно описывать изученные физические явления и процессы.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала:

«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

Критерии оценивания

#### Шкала оценок

Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами лежит в диапазоне 90-100.

#### **Отлично**

Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами лежит в диапазоне 70-89.

#### **Хорошо**

Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами лежит в диапазоне 50-69.

#### **Удовлетворительно**

Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами меньше 50.

#### **Неудовлетворительно**