

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
теоретической физики

Фролов М.В.

02.07.2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.11.04 – Термодинамика и статистическая физика

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.03 – Радиофизика

2. Профиль подготовки/специализация:

"Компьютерные технологии передачи информации", "Компьютерная электроника",
"Микроэлектроника и полупроводниковые приборы"

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная (дневная)

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 0802 - теоретической
физики

6. Составители программы: Крыловецкая Татьяна Алексеевна

ФИО

к. ф.-м. н.

ученая степень

krylovetzkaya@phys.vsu.ru

e-mail

теоретической физики

Кафедра

ученое звание

физический

факультет

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 27.06.2018 г. протокол № 6

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2021-2022

Семестр(-ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель дисциплины – изучение фундаментальных принципов (начал) термодинамики и их применение для описания свойств макроскопических систем, равновесных и неравновесных систем, фазовых переходов первого и второго рода, критических состояний вещества, основных статистических закономерностей и их применение для описания свойств макроскопических равновесных и неравновесных систем. Формирование у обучающихся глубокого понимания различных подходов к описанию макроскопических систем, четкого представления о границах применимости классической теории, владение методами термодинамики, классической и квантовой статистической физики, как в случае равновесных, так и неравновесных систем.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Входит в модуль Б1.Б.11 «Теоретическая физика» базовой части Б1.Б. Студент должен обладать знаниями по дисциплинам модулей Б1.Б.7 «Общая физика», Б1.Б.8 «Атомная и ядерная физика», Б1.Б.9 «Математика», а также по дисциплинам «Теоретическая механика» (Б1.Б.11.1), «Электродинамика» (Б1.Б.11.2), «Квантовая механика» (Б1.Б.11.3) из модуля Б1.Б.11 «Теоретическая физика», владеть основными математическими приемами и методами.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	<p>знать: формулировки физических законов термодинамики и статистической физики, и выражающие их математические уравнения;</p> <p>уметь: понимать суть физических законов и применять их при рассмотрении физических явлений;</p> <p>владеть: навыками на основе имеющихся знаний качественно и количественно описывать изученные физические явления и процессы</p>
ОПК-2	способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах (в соответствии с учебным планом) — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) – экзамен.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		7		...
Аудиторные занятия	72	72		
в том числе: лекции	36	36		
практические	36	36		
лабораторные				
Самостоятельная работа	36	36		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – 36 час.)	экзамен	экзамен		
Итого:	144	144		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Введение	Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем. Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем.
1.2	Основные понятия и законы термодинамики	Термодинамические системы. Термодинамические процессы. Постулаты термодинамики.
1.3	Методы термодинамики	Методы термодинамики: метод циклов, метод термодинамических потенциалов. Общие условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Термодинамические неравенства.
1.4	Основные представления статистической физики	Механическое и статистическое описание макросистем. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Эргодическая гипотеза.
1.5	Классическая статистическая физика равновесных систем. Приложения термодинамики	Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Свойства параметров канонического распределения. Связь энтропии с вероятностью. Вероятностный смысл второго начала термодинамики. Функция распределения для энергии. Связь канонического и микроканонического распределений. Идеальный изотермический газ. Парадокс Гиббса. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале. Классическая теория теплоемкости твердого тела. Одночастичные распределения. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального газа. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Плазма. Самосогласованное поле и корреляционная энергия плазмы. Термодинамика и статистическая физика систем с переменным числом частиц. Большое каноническое распределение. Фазовые переходы

		первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста. Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Магнитное охлаждение. Магнитокалорический эффект.
1.6	Квантовая статистическая физика	Смешанные состояния квантовых систем и статистический оператор. Квантовое каноническое распределение. Квантовые распределения для идеальных газов. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Условие вырождения идеальных газов. Уравнение состояния квантовых газов. Слабое вырождение бозе-и ферми-газов. Сильновырожденный бозе-газ. Бозе-конденсация. Применение статистики Бозе-Эйнштейна к тепловому равновесному излучению. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость металлов. Постулат Нернста как следствие квантовой статистики. Квантовая теория теплоемкости твердых тел. Теория теплоемкостей двухатомных газов.
1.7	Теория флуктуаций	Флуктуации основных термодинамических величин. Распределение вероятности флуктуаций. Использование метода корреляционных функций. Формула Найквиста.
1.8	Основы термодинамики и кинетики неравновесных процессов	Основы теории неравновесных процессов. Исходные положения неравновесной термодинамики. Термодинамика линейных и нелинейных необратимых процессов. Элементы физической кинетики. Прямые и обратные столкновения. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема Больцмана. Кинетическое уравнение с релаксационным членом. Практическое применение уравнения для расчета коэффициентов теплопроводности и электропроводности идеальных газов. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера-Планка. Теория броуновского движения
2. Практические занятия		
2.1	Введение	Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем. Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем.
2.2	Основные понятия и законы термодинамики	Термодинамические системы. Термодинамические процессы. Постулаты термодинамики.
2.3	Методы термодинамики	Методы термодинамики: метод циклов, метод термодинамических потенциалов. Общие условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Термодинамические неравенства.
2.4	Основные представления статистической физики	Механическое и статистическое описание макросистем. Фазовое пространство. Теорема

		Лиувилля. Эргодическая гипотеза.
2.5	Классическая статистическая физика равновесных систем. Приложения термодинамики	Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Свойства параметров канонического распределения. Связь энтропии с вероятностью. Вероятностный смысл второго начала термодинамики. Функция распределения для энергии. Связь канонического и микроканонического распределений. Идеальный изотермический газ. Парадокс Гиббса. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале. Классическая теория теплоемкости твердого тела. Одночастичные распределения. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального газа. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Плазма. Самосогласованное поле и корреляционная энергия плазмы. Термодинамика и статистическая физика систем с переменным числом частиц. Большое каноническое распределение. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста. Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Магнитное охлаждение. Магнитокалорический эффект.
2.6	Квантовая статистическая физика	Смешанные состояния квантовых систем и статистический оператор. Квантовое каноническое распределение. Квантовые распределения для идеальных газов. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Условие вырождения идеальных газов. Уравнение состояния квантовых газов. Слабое вырождение бозе-и ферми-газов. Сильновырожденный бозе-газ. Бозе-конденсация. Применение статистики Бозе-Эйнштейна к тепловому равновесному излучению. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость металлов. Постулат Нернста как следствие квантовой статистики. Квантовая теория теплоемкости твердых тел. Теория теплоемкостей двухатомных газов.
2.7	Теория флуктуаций	Флуктуации основных термодинамических величин. Распределение вероятности флуктуаций. Использование метода корреляционных функций. Формула Найквиста.
2.8	Основы термодинамики и кинетики неравновесных процессов	Основы теории неравновесных процессов. Исходные положения неравновесной термодинамики. Термодинамика линейных и нелинейных необратимых процессов. Элементы физической кинетики. Прямые и обратные столкновения. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема Больцмана.

		Кинетическое уравнение с релаксационным членом. Практическое применение уравнения для расчета коэффициентов теплопроводности и электропроводности идеальных газов. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера-Планка. Теория броуновского движения
--	--	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение	2	2		2	6
2	Основные понятия и законы термодинамики	4	4		4	12
3	Методы термодинамики	5	5		5	15
4	Основные представления статистической физики	5	5		5	15
5	Классическая статистическая физика равновесных систем. Приложения термодинамики	5	5		5	15
6	Квантовая статистическая физика.	5	5		5	15
7	Теория флуктуаций.	5	5		5	15
8	Основы термодинамики и кинетики неравновесных процессов.	5	5		5	15
	Итого:	36	36		36	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Необходимо после каждой лекции по ее теме разбирать и осваивать лекционный материал, для его лучшего понимания читать рекомендованную основную и дополнительную литературу, готовиться к лабораторному занятию, разбирая соответствующий теоретический материал, систематически выполнять домашние задания, не пропускать текущие тестирования по пройденному теоретическому и практическому материалу.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернета, необходимых для освоения дисциплины *(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)*

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики : учеб. пособие / А. И. Ансельм .— Москва : Лань, 2007 .— 423, [3] с. : ил. // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=692

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика : / М. А. Леонтович .— Москва : Лань, 2008 .— 419 с. : портр., ил. ; 22 см .— (Учебники для вузов. Специальная литература) (Классическая учебная литература по физике) // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=226
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, В.И. Сузаков, О.Ф. Томасевич 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.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет) *:

№ п/п	Ресурс
12	http://www.lib.vsu.ru/

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Сборник задач по теоретической физике/ Л.Г. Гречко, В.И. Сузаков, О.Ф. Томасевич и др. – М.: Высш. шк., 1984. – 319 с.
2	Серова Ф.Г. Сборник задач по теоретической физике/ Серова Ф.Г., А.А. Янкина. – М.: Наука, 1979. – 192 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Лекционная аудитория, доска, учебная литература, дисплейный класс, электронные средства презентации

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1 способность к овладению базовыми знаниями области математики естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	знать: формулировки физических законов термодинамики и статистической физики, и выражающие их математические уравнения;	Разделы 1.1-1.8	Текущие аттестации №1, 2 (собеседование)
	уметь: понимать суть физических законов и применять их при рассмотрении физических явлений;	Разделы 1.1-1.8	Текущие аттестации №1, 2 (собеседование)
	владеть: навыками на основе имеющихся знаний качественно и количественно описывать изученные физические явления и процессы	Разделы 2.1-2.8	Практическое задание
ОПК-2 способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии			
Промежуточная аттестация			КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Оценка 5 выставляется студенту, если дан полный исчерпывающий ответ на все вопросы. Допускается наличие нескольких недочётов – ошибок, допущенных по невнимательности, которые не оказывают значимого влияния на ход рассуждений и не искажают полученных выводов.

Оценка 4 выставляется студенту, если дан полный ответ на все вопросы, однако, при изложении доказательств, студент допустил несколько ошибок, отразившихся на логике и стройности его рассуждений, но не искажающих полученных выводов.

Оценка 3 выставляется студенту, если он знает все основные понятия и положения дисциплины, сумел грамотно изложить больше половины содержания вопросов, но испытывает затруднения при выводе и доказательстве некоторых утверждений.

Оценка 2 выставляется студенту, если он не знает основных понятий и положений дисциплины и/или допускает существенные ошибки, свидетельствующие о непонимании им сути вопроса, и/или знает менее половины содержания доставшихся ему вопросов.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Подробные и безошибочные ответы на основные и дополнительные вопросы, полное понимание и свободное владение материалом</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Подробные ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками, незначительные пробелы в знании материала</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Неудовлетворительные ответы на один из основных вопросов КИМа и некоторые дополнительные вопросы, неполное знание или понимание материала</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Плохое знание материала, неудовлетворительные ответы на вопросы КИМа и большинство дополнительных вопросов</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Основные постулаты термодинамики.
2. Методы термодинамики. Термодинамические потенциалы.
3. Условия равновесия и устойчивости системы. Термодинамические неравенства.
4. Механическое описание системы. Фазовое пространство и его элементы.
5. Статистическое описание системы. Функция распределения и её свойства.
6. Теорема Лиувилля и её следствия. Эргодическая гипотеза.
7. Микроканоническое распределение. Геометрический смысл статистического веса.
8. Вывод основного термодинамического тождества из микроканонического распределения.
9. Каноническое распределение Гиббса.
10. Свойства параметров канонического распределения.
11. Энтропия и её связь с вероятностью. Статистический смысл второго начала термодинамики.
12. Идеальный газ. Парадокс Гиббса.
13. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
14. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии.
15. Теорема о вириале.

16. Классическая теория теплоемкости твердых тел.
17. Распределение Максвелла по проекциям и абсолютным значениям скорости.
18. Распределение Больцмана и Максвелла-Больцмана.
19. Корреляционная энергия и термодинамика плазмы.
20. Термодинамика систем с переменным числом частиц. Химический потенциал.
21. Фазовое равновесие. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
22. Правило фаз Гиббса.
23. Фазовые переходы второго рода.
24. Статистическое описание систем с переменным числом частиц.
25. Идеальный газ с переменным числом частиц.
26. Квантовое каноническое распределение.
27. Средняя энергия квантового осциллятора.
28. Постулат Нернста как следствие квантовой статистики.
29. Распределение Бозе-Эйнштейна.
30. Распределение Ферми-Дирака.
31. Температура вырождения и переход к классической статистике.
32. Сильновырожденный бозе-газ. Бозе-конденсация.
33. Электронный газ в металле при нулевой температуре.
34. Энергия ферми-газа при низких температурах. Электронная теплоемкость металлов.
35. Применение статистики Бозе-Эйнштейна к равновесному излучению.
36. Квантовая теория теплоемкости Дебая.
37. Термодинамические функции двухатомных квантовых газов.
38. Флуктуации. Флуктуации энергии и числа частиц.
39. Флуктуации физических величин (квазитермодинамическая теория флуктуаций).
40. Корреляции флуктуаций во времени. Формула Найквиста.
41. Число столкновений в газе. Прямые и обратные столкновения. Принцип детального равновесия.
42. Кинетическое уравнение Больцмана.
43. Кинетическое уравнение Больцмана. Релаксационное приближение.
44. Расчет коэффициента теплопроводности газа.
45. Расчет коэффициента электропроводности газа.
46. H- теорема Больцмана.
47. Уравнение Фоккера-Планка.

19.3.2 Перечень практических заданий

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 w и e соответственно).
3. Найти работу идеального газа при изотермическом расширении от V_1 до V_2 .
4. Найти внутреннюю энергию столба идеального газа высотой h и площадью S , находящегося в поле тяжести при температуре T .
5. Считая известным уравнение Ван-дер-Ваальса $(P + a/V^2)(V - b) = RT$, где a и b — постоянные, найти внутреннюю энергию E .
6. Найти энтропию изолированного одноатомного идеального газа из N молекул, заключенного в объеме V .
7. Найти КПД цикла, состоящего из изобары, изохоры и изотермы, считая известными температуру изотермического процесса T_1 и максимальную температуру цикла T_2 .
8. Найти энтропию одноатомного идеального газа из N молекул, заключенного в объеме V и имеющего постоянную температуру T .
9. Получить уравнение адиабаты газа, описываемого уравнением Менделеева-Клайперона.
10. Вычислить свободную энергию изотермической системы N невзаимодействующих линейных гармонических осцилляторов (частоты осцилляторов одинаковы и равны w).
11. Цикл состоит из двух изохор и двух изобар. Показать, что для любого вещества с постоянными теплоемкостями C_P и C_V температуры T_1, T_2, T_3, T_4 связаны соотношением: $T_1 T_3 = T_2 T_4$.
12. Найти энтропию для изолированной системы N невзаимодействующих линейных гармонических осцилляторов (частоты осцилляторов одинаковы и равны w).
13. Найти связь между теплоемкостями C_P и C_V для идеального газа.
14. 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 w и e соответственно).
15. Считая известным уравнение Дитеричи для одного моля газа: $(P + a_1/V^{5/3})(V - a_2) = RT$, $\frac{1}{T} \frac{dC_V}{dT} = 0$, найти энтропию.
16. Найти энтропию изолированного одноатомного идеального газа из N молекул, заключенного в объеме V .
17. Считая известным уравнение Ван-дер-Ваальса $(P + a/V^2)(V - b) = RT$, где a и b — постоянные, найти энтропию газа.
18. Найти величину статистического веса для системы N невзаимодействующих линейных гармонических осцилляторов, помещенной в однородное электрическое поле

напряженности E (частоты и заряды осцилляторов одинаковы и равны w и e соответственно).

19. Считая известным уравнение Ван-дер-Ваальса $(P + a/V^2)(V - b) = RT$, где a и b — постоянные, найти уравнение адиабаты.
20. Найти внутреннюю энергию идеального газа, состоящего из N частиц, подчиняющихся классической статистике. Считать, что газ находится при постоянной температуре T и энергия частицы пропорциональна импульсу: $H_i = c |p_i|$.
21. Найти связь между теплоемкостями C_P и C_V для идеального газа.
22. 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 w и e соответственно).

19.3.4 Тестовые задания

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 $1/(2\pi\hbar)^{Nf}$ 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?

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы рефератов

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): **устного опроса (индивидуальный опрос); письменных работ (контрольные); тестирования**. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень умения решать практические задачи. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.