

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей физики

Турищев С.Ю.



02.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.11 Молекулярная физика**

1. Шифр и наименование направления подготовки: **03.03.03** Радиофизика
2. Профиль подготовки: Радиофизика и электроника
3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр
4. Форма образования: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 0801 общей физики
6. Составители программы: Голицына Ольга Михайловна,  
кандидат физико-математических наук, доцент
7. Рекомендована: НМС физического факультета, протокол №6 от 20.06.2023
8. Учебный год: 2023/2024 Семестр(-ы): 2

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- сформировать у студентов научную картину мира и дать им основные понятия о научном методе познания;
- привить представления о молекулярной физике – разделе общей физики, изучающей физические явления и законы, обусловленные атомарно-корпускулярным строением вещества на основе простейших абстрактных моделей с использованием математического аппарата;
- изложить студентам классическую теорию молекулярной физики и термодинамики.

Задачи дисциплины:

- обучить студентов основным понятиям, законам и методам молекулярной физики в объёме, достаточном для изучения физических дисциплин на современном научном уровне;
- развить навыки физического мышления;
- сформировать у студентов навыки решения типовых задач молекулярной физики и термодинамики;
- научить студентов эффективно использовать основные представления молекулярной физики при изучении других физических дисциплин.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Молекулярная физика» относится к дисциплинам базовой части цикла Б1 основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 03.03.03 «Радиофизика». Для освоения дисциплины «Молекулярная физика» необходимы знания, умения и компетенции, полученные в ходе изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Общий физический практикум» основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 03.03.03 «Радиофизика».

По итогам изучения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований» и А/02.5 «Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок» профессионального стандарта 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам».

Данная дисциплина является предшествующей для общепрофессиональных и профессиональных дисциплин, таких как «Термодинамика и статистическая физика», «Астрофизика», «Статистическая радиофизика». Знания, полученные при освоении дисциплины «Молекулярная физика», необходимы при прохождении производственных практик и выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы в области радиофизики и электроники.

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

Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. 7/252.**

**Форма промежуточной аттестации экзамен**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам 1 семестр
Аудиторные занятия		136	136
в том числе:	лекции	34	34
	практические	34	34
	лабораторные	68	68
Самостоятельная работа		80	80
Форма промежуточной аттестации - экзамен		36	36
Итого:		252	252

**13.1. Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Предмет молекулярной физики	Молекулы; межмолекулярные взаимодействия. Необходимость статического описания системы многих частиц. Соотношение статических и динамических закономерностей. Случайные события. Среднее значение и математическое ожидание случайной величины. Понятие о равновесии. Отклонение от среднего: флуктуация. Идеальный газ как простейшая модель статистической системы. Среднее во времени и среднее по ансамблю.	<a href="#">Курс: Молекулярная физика и термодинамика 2021 (vsu.ru)</a>

		Эргодическая гипотеза и постулат о равновозможности микросостояний.	
1.2.	Экспериментальные основы кинетической теории газов	Температура как мера средней кинетической энергии молекул. Броуновское движение. Опыты Штерна. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла). Характерные скорости в распределении Максвелла. Выражение давления газа через среднюю кинетическую энергию молекул – основное уравнение кинетической теории газа. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона). Основные газовые законы.	
1.3.	Газ в поле внешних потенциальных сил	Закон Больцмана и его проверка (опыты Перрена). Барометрическая формула. Понятие о распределении Максвелла-Больцмана.	
1.4.	Столкновение молекул газа	Число столкновений в единицу времени; эффективное газокинетическое сечение (вероятность столкновения); длина свободного пробега молекул. Распределение молекул по длинам пробегов. Коллоквиум 1.	
1.5.	Общая характеристика процессов переноса	Понятие о релаксационных процессах в газе; законы Фурье (теплопроводность), Ньютона-Стокса (внутреннее трение), Фика (диффузия). Молекулярная интерпретация явлений переноса: вычисление коэффициентов диффузии, вязкости и теплопроводности (связь между ними). Физические процессы в разреженных газах; понятие вакуума; теплопередача при низких давлениях; молекулярное течение; проникновение газа в другой газ при малых давлениях. Равновесие в разреженных газах. Тепловая транспирация. Элементы вакуумной техники.	

1.6.	Первое начало термодинамики	<p>Термодинамический метод. Термодинамические системы. Внутренняя энергия системы. Внешняя работа и количество теплоты. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к идеальному газу:</p> <p>1) Классическая теория теплоемкости газа; “вымерзание” степеней свободы; понятие о квантовой теории.</p> <p>2) Вычисление работы газа по расширению: в изобарическом, изотермическом, адиабатическом процессах. Уравнение адиабаты. Политропические процессы. Уравнение политропы. Коллоквиум 2.</p>	
1.7.	Преобразование теплоты в работу	<p>Обратимые и необратимые термодинамические процессы; квазистатические процессы. Циклы. Принцип Томсона (Кельвина) и другие формулировки второго начала термодинамики. Цикл Карно. Тепловой двигатель и холодильная машина Карно. КПД идеальной машины Карно. Теорема Карно. Приведенная теплота.</p>	
1.8.	Энтропия как функция состояния	<p>Неравенство Клаузиуса. Энтропия как функция состояния, вычисление изменения энтропии в различных процессах, законы возрастания энтропии в замкнутых (изолированных) термодинамических системах. Термодинамическая функция (потенциалы): свободная энергия Гельмгольца; энтальпия (тепловая функция Гиббса); свободная энтальпия (изобарно-изотермический потенциал). Понятие о химическом потенциале; фазовое равновесие. Термодинамическая шкала температур. Статистический смысл второго начала</p>	

		<p>термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность. Больцмановская формулировка второго начала термодинамики.</p>	
1.9.	Реальные газы	<p>Межмолекулярные взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса). Уравнение Ван-дер-Ваальса. Смысл поправок в уравнении Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Сравнение с экспериментом. Переход пара в жидкость. Динамическое равновесие в системе: “насыщенный пар-жидкость”. Давление насыщенных паров. Метастабильные состояния. Критическое состояние. Критические параметры. Вычисления критических параметров через поправки в уравнении Ван-дер-Ваальса. Уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенных параметрах. Теорема о соответственных состояниях. Внутренняя энергия идеального газа. Адиабатическое дросселирование газа. Эффект Джоуля-Томсона. Температура и кривая инверсии, методы получения низких температур, сжижение газов.</p>	
1.10.	Явления переноса в жидкости	<p>Особенности теплового движения молекул в жидкости. “Оседлое” положение молекул. Ближний порядок в жидкости, особенности явлений переноса в жидкости. Явления, обусловленные наличием свободной поверхности. Поверхностная энергия; удельная поверхностная энергия (коэффициент поверхностного натяжения). Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Смачивание. Капиллярные явления.</p>	

		<p>Жидкие растворы. Осмотическое давление. Давление насыщенных паров над раствором. Растворимость газов в жидкости. Смеси жидкостей.</p>	
1.11.	<p>Твёрдые тела: кристаллические и амфорные твёрдые тела; полимеры. Кристаллическая решётка</p>	<p>Кристаллическая решетка; элементарные ячейки, параметры решетки. Основные физические свойства кристаллов. Элементы симметрии кристаллов. Решетки Браве. Кристаллографические сингонии. Геометрическое описание кристаллов: индексы узлов, кристаллографических плоскостей и направлений. Силы химической связи. Плотные упаковки. Координационное число. Тепловые свойства кристаллов. Тепловое расширение. Энергия кристалла. Классическая теория теплоемкости (закон Дюлонга-Пти). Механические свойства кристаллов. Деформация кристаллов. Точечные и линейные (дислокации) дефекты в реальных кристаллах. Дислокации и механические свойства кристаллов. Аморфные твердые тела (стекла) и капилляры. Понятие о жидких кристаллах.</p>	
1.12.	<p>Фазовые превращения первого и второго рода</p>	<p>Испарение жидкости и конденсация пара. Динамическое равновесие. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграмма состояния двухфазной системы. Плавление и кристаллизация; испарение (сублимация) твердых тел. Диаграмма состояния трехфазной системы. Тройная точка, фазовое равновесие. Полиморфизм. Сплавы. Диаграммы плавления. Эвтектика.</p>	

<b>2. Практические занятия</b>			
2.1.	Экспериментальные основы кинетической теории газов	<p>Практическое занятие 1. Температура как мера средней кинетической энергии молекул. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла). Характерные скорости в распределении Максвелла.</p> <p>Практическое занятие 2. Выражение давления газа через среднюю кинетическую энергию молекул – основное уравнение кинетической теории газа. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона). Основные газовые законы. Методика решения задач по основным газовым законам в школе.</p>	<p><a href="#">Курс:</a> <a href="#">Молекулярная физика и термодинамика 2021 (vsu.ru)</a></p>
2.2.	Газ в поле внешних потенциальных сил	<p>Практическое занятие 3. Закон Больцмана и его проверка (опыты Перрена). Барометрическая формула. Понятие о распределении Максвелла-Больцмана.</p>	
2.3.	Столкновение молекул газа	<p>Практическое занятие 4. Число столкновений в единицу времени; эффективное газокинетическое сечение (вероятность столкновения); длина свободного пробега молекул. Распределение молекул по длинам пробегов.</p>	
2.4.	Общая характеристика процессов переноса	<p>Практическое занятие 5. Понятие о релаксационных процессах в газе: законы Фурье (теплопроводность), Ньютона-Стокса (внутреннее трение), Фика (диффузия). Молекулярная интерпретация явлений переноса: вычисление коэффициентов диффузии, вязкости и теплопроводности (связь между ними). Контрольная работа 1.</p>	
2.5.	Основы термодинамики	<p>Практическое занятие 6. Термодинамический метод. Термодинамические системы. Внутренняя энергия системы. Внешняя работа и количество теплоты. Первое начало термодинамики.</p>	



		<p>Практическое занятие 7.          Применение первого начала термодинамики к идеальному газу:          1) Классическая теория теплоемкости газа          2) Вычисление работы газа по расширению: в изобарическом, изотермическом, адиабатическом процессах. Уравнение адиабаты. Политропические процессы. Уравнение политропы. Методика решения задач по первому началу термодинамики в школе.</p>	
2.6.	Преобразование теплоты в работу	<p>Практическое занятие 8.          Обратимые и необратимые термодинамические процессы; квазистатические процессы. Циклы. Принцип Томсона (Кельвина) и другие формулировки второго начала термодинамики.          Практическое занятие 9.          Цикл Карно. Тепловой двигатель и холодильная машина Карно. КПД идеальной машины Карно. Теорема Карно. Приведенная теплота.          Методика решения задач по КПД идеальной машины, цикла Карно в школе.</p>	
2.7.	Энтропия как функция состояния	<p>Практическое занятие 10.          Неравенство Клаузиуса. Энтропия как функция состояния, вычисление изменения энтропии в различных процессах, законы возрастания энтропии в замкнутых (изолированных) термодинамических системах. Контрольная работа 2.          Практическое занятие 11.          Термодинамическая функция (потенциалы): свободная энергия Гельмгольца; энтальпия (тепловая функция Гиббса). Статистический смысл второго начала термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность. Больцмановская формулировка второго начала термодинамики.</p>	

2.8	Реальные газы	Практическое занятие 12. Межмолекулярные взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса). Уравнение Ван-дер-Ваальса. Смысл поправок в уравнении Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса.	
2.9.	Явления переноса в жидкости	Практическое занятие 13. Особенности теплового движения молекул в жидкости. "Оседлое" положение молекул. Ближний порядок в жидкости, особенности явлений переноса в жидкости. Явления, обусловленные наличием свободной поверхности. Поверхностная энергия; удельная поверхностная энергия (коэффициент поверхностного натяжения). Практическое занятие 14. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Смачивание. Капиллярные явления.	
2.10	Твёрдые тела: кристаллические и амфорные твёрдые тела; полимеры. Кристаллическая решётка	Практическое занятие 15. Кристаллическая решетка; элементарные ячейки, параметры решетки. Основные физические свойства кристаллов. Тепловые свойства кристаллов. Тепловое расширение. Энергия кристалла. Классическая теория теплоемкости (закон Дюлонга-Пти).	
2.11	Фазовые превращения первого и второго рода	Практическое занятие 16. Испарение жидкости и конденсация пара. Динамическое равновесие. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграмма состояния двухфазной системы. Плавление и кристаллизация; испарение (сублимация) твердых тел. Диаграмма состояния трехфазной системы. Тройная точка, фазовое равновесие.	
2.12	Заключительное занятие	Практическое занятие 17.	

<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1.	Вводное занятие.	Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ по молекулярной физике	<a href="#">Курс: Молекулярная физика и термодинамика 2021 (vsu.ru)</a>
3.2	Лабораторная работа 1	Изучение закона нормального распределения	
3.3.	Лабораторная работа 2	Броуновское движение в жидкости	
3.4	Лабораторная работа 3	Определение средней длины пробега молекул воздуха	
3.5	Лабораторная работа 4	Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда	
3.6	Лабораторная работа 5	Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса	
3.7	Лабораторная работа 6	Определение коэффициента внутреннего трения ротационного вискозиметра	
3.8	Лабораторная работа 7	Определение отношений теплоемкостей газов методом Клемана и Дезорма	
3.9	Лабораторная работа 8	Определение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений	
3.10	Лабораторная работа 9	Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей по методу отрыва кольца	
3.11	Лабораторная работа 10	Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры методом Кантора-Ребиндера	
3.12	Лабораторная работа 11	Определение коэффициента объемного расширения жидкостей	

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

№ п/п	Наименование темы (раздела дисциплины)	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практически	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Предмет молекулярной физики	2	2		2	6
2	Экспериментальные основы кинетической теории газов	2	2	4	10	18
3	Газ в поле внешних потенциальных сил	2	2		6	10
4	Столкновение молекул газа	2	2	4	4	12
5	Общая характеристика процессов переноса	2	2	4	10	18
6	Первое начало термодинамики	4	4	12	8	28
7	Преобразование теплоты в работу	4	4	12	10	30
8	Энтропия как функция состояния	4	4	16	10	34
9	Реальные газы	2	2	4	4	12
10	Явления переноса в жидкости	4	4	4	4	16
11	Твёрдые тела: кристаллические и амфорные твёрдые тела; полимеры. Кристаллическая решётка	4	4	4	2	14
12	Фазовые превращения первого и второго рода	2	2	4	10	18
	Итого:	34	34	68	80	216

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

Работа с конспектами лекций, чтение литературы по предмету; решение задач по курсу; выполнение и оформление лабораторных работ в течение семестра; постепенное освоение математических пакетов (например, *Maxima* и др.).

Самостоятельная работа студентов в течение семестра включает следующие формы работы и виды контроля:

- подготовка к практическим занятиям;

при подготовке к практическим занятиям необходимо проработать теоретические вопросы занятия с использованием материала лекций и

рекомендуемой литературы, подробно разобрать примеры решения задач, разобранных на лекциях, выполнить домашние задания по данной теме;

- подготовка к коллоквиуму по лекционному курсу;

при подготовке к коллоквиуму по лекционному курсу необходимо проработать теоретические вопросы данного модуля с использованием материала лекций и рекомендуемой литературы, подробно разобрать примеры, разобранные на лекциях, выполнить домашние задания по данному модулю;

Показателем успешной текущей работы студента является еженедельное выполнение заданий на практических занятиях. Методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по курсу включает:

- конспект лекций;
- основную литературу;
- дополнительную литературу;
- учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Сивухин, Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов : в 5 т. / Д.В.Сивухин .— М. : Физматлит. Т. 2: Термодинамика и молекулярная физика .— Изд. 5-е, испр. — 2014 .— 543 с.
2	Кикоин, Абрам Константинович. Молекулярная физика : [учебное пособие для студ. вузов, обучающихся по физ., техн. и пед. направлениям и специальностям] / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин .— Изд. 4-е, стер. — СПб. ; М. ; : Лань, 2008 .— 480 с.  Матвеев А.Н.. Молекулярная физика : учебное пособие / А.Н. Матвеев .— Изд. 4-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 364 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Савельев, Игорь Владимирович. Курс общей физики : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по техн. (550000) и технол. (650000) направлениям : в 3 т. / И.В. Савельев .— Изд. 4-е, стер. — СПб. : Лань, 2005- .— ISBN 5-8114-0629-0. Т.1: Механика. Молекулярная физика .— 2005 .— 432 с.
2	Трофимова Т.И. Курс физики : учебное пособие для инженерно- техн. специальностей вузов / Т.И.Трофимова .— 11-е изд., стер. — М. : ACADEMIA, 2006 .— 557,[1] с.
3	Детлаф А.А. Курс физики : учеб. пособие для студ. втузов / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. — Москва : Издательский центр «Академия», 2015. — 719 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурс
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2.	<a href="http://www.edu.vsu.ru">www.edu.vsu.ru</a> – образовательный портал ВГУ

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

№ п/п	Источник
-------	----------

1	Стрелков С.П. Сборник задач по общему курсу физики : в 5 кн. Кн. 1: Механика / С.П. Стрелков [и др.]; под ред. И.А. Яковлева – М. : Физматлит : Лань, 2006. – 240 с.
2	Трофимова Т.И. Курс физики : учебное пособие для инженерно- техн. специальностей вузов / Т.И.Трофимова .— 11-е изд., стер. — М. : ACADEMIA, 2006 .— 557,[1] с.

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

Для реализации учебной дисциплины используются следующие информационные технологии: элементы программирования (для обработки результатов экспериментов в лабораторных работах), работа с электронными ресурсами на порталах [www.edu.vsu.ru](http://www.edu.vsu.ru) (лекции на образовательных платформах, выкладывание электронных вариантов задачников, учебных пособий на личных страницах преподавателей в образовательном портале), [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) (работа с электронной базой данных библиотеки ВГУ); использование в подготовке материалов лекций и в работе со студентами различных программных математических продуктов, таких как Math и др.

### **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекционная аудитория, доска меловая или маркерная 1 шт., столы, стулья в необходимом количестве.

Лабораторные работы по молекулярной физике проводятся в лаборатории кафедры общей физики №145 (г. Воронеж, Университетская площадь, д.1). Лабораторные проводятся в группе по подгруппам до 15 человек. Лаборатория оснащена необходимым количеством рабочих мест (28 столов, из них стол для преподавателя, стол для лаборанта, 4 стола без оборудования, 22 стола с оборудованием для выполнения лабораторных работ по курсам «Молекулярная физика», 45 стульев), компьютером для обработки результатов вычислений, комплектами для выполнения лабораторных работ:

- установка для определения длины свободного пробега молекул воздуха (2 шт.);
- вискозиметр Оствальда;
- установка для определения коэффициента внутреннего трения методом Стокса;
- ротационный вискозиметр;
- установка для определения поверхностного натяжения воды;
- установка для определения зависимости поверхностного натяжения воды от температуры (2 шт.);
- установка для определения коэффициент объёмного расширения жидкостей;
- установка для определения скорости звука интерференционным методом;
- ТКО для лаб. «Молекул.физ. и термодинам.»: ФПТ1-1, ФПТ1-3, ФПТ1-6, ФПТ1-8, ФПТ1-10, ФПТ1-11;
- Компьютер HP ProDesk 400 G5 DM с монитором ЖК 22" BenQ BL2283 и колонками (1 шт.).

Аудитория для самостоятельной работы студентов кафедры общей физики №134 (г. Воронеж, Университетская площадь, д.1). Компьютеры DELL – 4 шт., Подключение к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ; Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.

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

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Предмет молекулярной физики			
2	Экспериментальные основы кинетической теории газов			Практическое занятие 1. Отчет по лабораторной работе 1-5
3	Газ в поле внешних потенциальных сил			Практическое занятие 2.
4	Столкновение молекул газа			Практическое занятие 3. Коллоквиум 1
5	Общая характеристика процессов переноса			Практические занятия 4. Отчет по лаб.работе 4-6. Контрольная работа 1.
6	Первое начало термодинамики			Практические занятия 5. Отчет по лаб.работе 7.
7	Преобразование теплоты в работу			Практические занятия 6. Отчет по лаб.работе 7.
8	Энтропия как функция состояния			Практические занятия 7. Контрольная работа 2
9	Реальные газы			Практическое занятие 8. Отчет по лаб. работе 3.
10	Явления переноса в жидкости			Практическое занятие 9. Отчет по лаб. работе 4-6.

11	Твёрдые тела: кристаллические и амфорные твёрдые тела; полимеры. Кристаллическая решётка			Практические занятия 10. Отчет по лаб.работе 11.
12	Фазовые превращения первого и второго рода			Практические занятия 11. Коллоквиум 2. Отчет по лаб.работе 10,11.
Текущая аттестация форма контроля — зачет				Перечень вопросов
Промежуточная форма контроля — экзамен				Комплект КИМ

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

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Контрольные работы:

##### Контрольная работа № 1 .

###### Вариант 1

Задание 1. Сколько молекул азота находится в сосуде объемом в 1 л, если температура азота 27<sup>0</sup>С, а давление равно 10–6 мм рт ст.?

Задание 2. Вычислить среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул водорода при 0<sup>0</sup>С.

Задание 3. Восемь граммов кислорода занимают объем  $V = 560$  л. Определить давление этого газа в том же объеме при температуре  $T = 820$  К.

Задание 4. Найти среднее число столкновений в 1 с молекул некоторого газа, если средняя длина свободного пробега молекул при этих условиях равна 5 мкм, а средняя квадратичная скорость его молекул равна 500 м/с.

###### Вариант 2

Задание 1. Сколько молекул находится в одном грамме воды?

Задание 2. Вычислить среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул азота при 0<sup>0</sup>С.

Задание 3. В сосуде находится смесь  $m_1 = 7,0$  г азота и  $m_2 = 11$  г углекислого газа при температуре  $T = 290$  К и давлении  $P_0 = 1,0$  атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.

Задание 4. Найти среднюю длину свободного пробега молекул азота при температуре 290 К и давлении 10 кПа.

###### Вариант 3

Задание 1. Сколько молекул находится в одном кубическом сантиметре воздуха при нормальном давлении и температуре 0<sup>0</sup>С?



Задание 2. Вычислить среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул кислорода при  $0^{\circ}\text{C}$ .

Задание 3. Требуется найти коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега молекул при этих условиях равна  $0,16\ \mu\text{м}$ .

Задание 4. Найти коэффициент теплопроводности воздуха при температуре  $283\ \text{K}$  и давлении  $0,1\ \text{МПа}$ . Диаметр молекулы воздуха принять равным  $0,3\ \text{нм}$ .

Вариант 4

Задание 1. Сколько молекул находится в одном грамме воды?

Задание 2. Вычислить среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул азота при  $0^{\circ}\text{C}$ .

Задание 3. В сосуде находится смесь  $m_1 = 7,0\ \text{г}$  азота и  $m_2 = 11\ \text{г}$  углекислого газа при температуре  $T = 290\ \text{K}$  и давлении  $P_0 = 1,0\ \text{атм}$ . Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.

Задание 4. Найти коэффициент теплопроводности водорода, если известно, что коэффициент внутреннего трения для него при этих условиях равен  $8,6\ \text{мкПа}\cdot\text{с}$ .

### Контрольная работа № 2.

Вариант 1

Задание 1. Азот первоначально занимал объём  $1\ \text{л}$  при давлении  $100\ \text{кПа}$ . Затем его адиабатически сжали и изохорно охладили до начальной температуры, а его давление стало  $200\ \text{кПа}$ . Определите работу, совершённую над газом, и отданное газом количество теплоты.

Задание 2. Вычислить К.П.Д. цикла, состоящего из изобарного, адиабатного и изотермического процессов, если в результате изобарного процесса газ нагревается от  $T_1 = 300\ \text{K}$  до  $T_2 = 600\ \text{K}$ .

Задание 3. Найти изменение энтропии при следующих процессах: а) при нагревании  $100\ \text{г}$  воды от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$  и последующем превращении воды в пар той же температуры; б) при изотермическом расширении  $10\ \text{г}$  кислорода от объёма  $25\ \text{л}$  до объёма  $100\ \text{л}$ .

Задание 4. Плотность смеси азота и водорода при температуре  $t = 470^{\circ}\text{C}$  и давлении  $P = 2 \cdot 10^5\ \text{Па}$  равна  $0,3\ \text{г/л}$ . Найти концентрации молекул азота ( $n_1$ ) и водорода ( $n_2$ ) в смеси.

Вариант 2

Задание 1. Гелий массой  $16\ \text{г}$ , находящийся при температуре  $300\ \text{K}$ , сначала изотермически расширяется, в результате чего его давление понижается в три раза. Затем газ адиабатически сжимается до первоначального давления. Определите работу, совершённую газом, и полученное газом количество теплоты.

Задание 2. Идеальный двухатомный газ в количестве  $\nu = 0,001\ \text{кмоль}$  совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Наименьший объём газа  $10\ \text{л}$ , наибольший –  $20\ \text{л}$ , наименьшее давление  $2,46 \cdot 10^5\ \text{Па}$ , наибольшее –  $4,1 \cdot 10^5\ \text{Па}$ . Начертить график цикла. Определить температуры газа для характерных точек цикла и его КПД. Задание 3. Найти изменение энтропии при следующих процессах: а) при превращении  $1\ \text{кг}$  воды при  $0^{\circ}\text{C}$  в пар при  $100^{\circ}\text{C}$ ; б) при превращении  $30\ \text{г}$  льда в пар при  $100^{\circ}\text{C}$ , если начальная температура льда  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Задание 4. В баллоне ёмкостью  $2\ \text{дм}^3$  содержится смесь азота  $\text{N}_2$  и окиси азота  $\text{NO}$ . Определить массу окиси азота, если масса смеси равна  $14\ \text{г}$ , температура  $300\ \text{K}$  и давление  $0,6 \cdot 10^6\ \text{Па}$ .

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он верно решил все задачи, указав и пояснив решения с помощью соответствующих законов и зависимостей.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он верно решил все задачи, но допустил неточности, либо если он верно решил и пояснил решение двух задач.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он решил задачи, но не пояснил решение, либо же если он верно решил одну задачу с указанием и пояснением решения.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту в случае, если ни одна задача не решена верно

## Коллоквиумы

### Коллоквиум 1. Кинетическая теория газов. Основы термодинамики

#### Список вопросов

- Предмет и задачи курса «Молекулярная физика»
- Состояние термодинамической системы. Термодинамические параметры
- Тепловая форма движения материи. Квазистатические процессы
- Работа в термодинамике
- Понятие внутренней энергии в термодинамике
- Количество теплоты
- Первое начало термодинамики
- Теплоёмкость
- Закон Джоуля
- Уравнение Майера
- Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона
- Политропический процесс
- Основной постулат для второго начала термодинамики
- Формулировки Томсона-Планка и Клаузиуса второго начала термодинамики
- Круговой процесс Карно
- Метод циклов
- Метод термодинамических функций
- Энтропия
- Примеры термодинамических функций
- Эффект Джоуля-Томсона
- Молекулярно-кинетические представления
- Распределение Максвелла
- Энтропия и вероятность

#### Критерии оценки:

Оценка «отлично»: даны полные, развёрнутые ответы на четыре вопроса коллоквиума. Ответы должны отличаться логической последовательностью, чёткостью, умением делать выводы. Ответ структурирован. Допускаются незначительные недочёты со стороны обучающегося, исправленные им в процессе ответа.

Оценка «хорошо»: дан полный аргументированный ответ на три вопроса коллоквиума, при ответе на один вопрос имеются существенные недочёты. Возможны некоторые упущения в ответах, однако в целом содержание вопроса раскрыто полно.

Оценка «удовлетворительно»: даны неполные ответы на вопросы коллоквиума, либо дан ответ лишь на два вопроса из четырёх. Слабо аргументированный ответ, свидетельствующий об элементарных знаниях по дисциплине.

Оценка «неудовлетворительно»: отмечено незнание и непонимание поставленных вопросов, слабые ответы на вопросы из предоставленных обучающемуся. Отсутствие аргументации при ответе.

## Лабораторные работы

### Перечень лабораторных работ

(11 лабораторных работ)

Лабораторная работа 1. Изучение закона нормального распределения

Лабораторная работа 2. Броуновское движение в жидкости

Лабораторная работа 3. Определение средней длины пробега молекул воздуха

Лабораторная работа 4. Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда

Лабораторная работа 5. Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса

Лабораторная работа 6. Определение коэффициента внутреннего трения ротационного вискозиметра

Лабораторная работа 7. Определение отношения теплоёмкостей газов по способу Клемана и Дезорма

Лабораторная работа 8. Определение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений

Лабораторная работа 9. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей по методу отрыва кольца

Лабораторная работа 10. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры методом Кантора- Ребиндера

Лабораторная работа 11. Определение коэффициента объёмного расширения жидкостей

Комплект вопросов к работам лабораторного практикума.

### Лабораторная работа № 1 Изучение закона нормального распределения

- Понятие случайного явления, вероятности случайного явления, статистического закона.
- Для каких случайных величин справедлив нормальный закон распределения?
- Что такое плотность вероятности?
- Гауссов закон распределения вероятностей случайных погрешностей.
- Понятие дисперсии. Как практически оценивается дисперсия для конечного числа измерений?
- Экспериментальная проверка закона нормального распределения случайных погрешностей на механической модели Гальтона.

### Лабораторная работа № 2 Броуновское движение в жидкости

- В чём заключается броуновское движение?

- Запишите уравнение Эйнштейна-Смолуховского. От каких параметров зависит движение броуновской частицы?
- Как изменится картина броуновского движения при увеличении температуры
- Как изменится картина броуновского движения, если водную эмульсию заменить эмульсией на глицерине?

### Лабораторная работа № 3 Определение средней длины пробега молекул воздуха

- Средняя длина свободного пробега молекул газа, основная формула, зависимость от параметров состояния газа.
- Внутреннее трение в газах, формула Ньютона.
- Коэффициент внутреннего трения, его физический смысл, размерность, зависимость от параметров состояния газа.
- Формула Пуазейля.
- Устройство капиллярного вискозиметра, ход работы, особенности метода. Обработка результатов измерений.

### Лабораторная работа № 4 Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда

- Механизм внутреннего трения в жидкостях. Физический смысл и размерность коэффициента внутреннего трения.
- Температурная зависимость коэффициента вязкости жидкости, отличие ее от аналогичной зависимости для газов.
- Вывод формулы Пуазейля.
- Устройство и принцип действия вискозиметра Оствальда, методика работы с прибором.

### Лабораторная работа № 5 Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса

- Внутреннее трение в жидкостях. Формула Ньютона.
- Коэффициент внутреннего трения, его физический смысл, размерность, зависимость от температуры жидкости.
- Падение шарика в вязкой среде, предельная скорость падения, время установления предельной скорости.
- Метод Стокса, его особенности.
- Как обрабатывают результаты измерений, если условия опыта не воспроизводятся?

### Лабораторная работа № 6 Определение коэффициента внутреннего трения ротационного вискозиметра

- Сила внутреннего трения, коэффициент внутреннего трения, его физический смысл, размерность.
- Устройство ротационного вискозиметра, физические основы его работы.
- Вывод рабочей формула для определения коэффициента вязкости.

### Лабораторная работа № 7 Определение отношения теплоемкостей газов по способу Клемана и Дезорма

- Первое начало термодинамики.
- Теплоемкость газа. Удельная и молярная теплоемкости.
- Теплоемкости при постоянном давлении и при постоянном объеме. Связь их с числом степеней свободы молекул газа.

- Вывести уравнение Майера.
- Адиабатный процесс. Уравнение этого процесса в переменных  $P - V$  (уравнение Пуассона),  $P - T$ ,  $V - T$ . График адиабаты.
- Метод Клемана и Дезорма для определения отношения  $C_p/C_v$ .

Лабораторная работа № 8 Определение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений

- Природа сил поверхностного натяжения.
- Поверхностное натяжение и связанные с ним явления: капиллярность, смачивание, несмачивание.
- Вывод формулы Лапласа.
- Метод определения коэффициента поверхностного натяжения.
- Точность данного метода.

Лабораторная работа № 9 Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей по методу отрыва кольца

- Природа сил поверхностного натяжения.
- Поверхностное натяжение и связанные с ним явления: капиллярность, смачивание, несмачивание.
- Какие силы действуют на кольцо, находящееся в контакте с поверхностью жидкости?
- Почему в отсутствие внешних сил капли жидкости принимают форму шара?
- Как зависит от температуры поверхностное натяжение жидкости? Как и почему коэффициент поверхностного натяжения жидкости становится равным нулю?

Лабораторная работа № 10 Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры методом Кантора- Ребиндера

- Термодинамика поверхностного натяжения.
- Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры.
- Метод Кантора – Ребиндера: основа метода, его точность.

Лабораторная работа № 11 Определение коэффициента объёмного расширения жидкостей

- Причина теплового расширения твердых тел с точки зрения их молекулярного строения.
- Коэффициент линейного расширения, его физический смысл, размерность, зависимость от температуры.
- Связь коэффициентов линейного и объёмного расширения для изотропных кристаллов.
- Какую из величин –  $\Delta L$  или  $L_1$  – следует измерять точнее, почему и примерно во сколько раз?

Почему в качестве  $L_0$  может быть взята длина  $L_1$  стержня, измеренная при комнатной температуре?

Критерии оценки- сдача лабораторных работ

«Зачтено»: лабораторная работа выполнена. К ней оформлен отчёт. При ответе на вопросы к лабораторной работе обучающийся даёт содержательные ответы, которые отличаются логической последовательностью, чёткостью и умением делать выводы. Обучающийся демонстрирует знания принципа действия и устройства оборудования, на котором выполнялась лабораторная работа.

«Незачтено»: лабораторная работа не выполнена, либо при выполнении работы не оформлен отчёт. В случае выполнения работы и готового отчёта работа не зачитывается, если обучающийся не способен рассказать о методике выполнения работы и принципе работы оборудования.

#### **Перечень вопросов к текущей аттестации (зачет):**

1. Молекулы и межмолекулярные взаимодействия. Статистическое описание системы многих частиц. Идеальный газ как простейшая модель статистической системы.
2. Температура как мера средней кинетической энергии молекул. Броуновское движение. Распределение молекул по скоростям.
3. Уравнение состояния идеального газа. Основные газовые законы.
4. Распределение молекул по длинам пробегов, опыты по измерению средней длины пробегов молекул.
5. Релаксационные процессы в газах: законы Фурье, Ньютона- Стокса, Фика. Явления переноса.
6. Разреженные газы.
7. Применение первого начала термодинамики к идеальному газу.
8. Вычисление работы газа по расширению в изопроцессах. Уравнение адиабаты. Политропические процессы.

#### **Критерии оценки обучающихся на текущей аттестации (зачёт)**

«Зачтено»: сдано не менее 90% лабораторных работ по курсу. Оформлены отчёты по работам. При ответе на вопросы к лабораторной работе обучающийся даёт содержательные ответы, которые отличаются логической последовательностью, чёткостью и умением делать выводы. Обучающийся демонстрирует знания принципа действия и устройства оборудования, на котором выполнялась лабораторная работа.

«Незачтено»: сдано менее 90% лабораторных работ по курсу. В случае выполнения работы и готового отчёта работа не зачитывается, если обучающийся не способен рассказать о методике выполнения работы и принципе работы оборудования.

**Список вопросов для контрольно-измерительных материалов  
к промежуточной аттестации (экзамен)**

1. Предмет и задачи курса «Молекулярная физика».
2. Фазовые диаграммы.
3. Состояние термодинамической системы. Термодинамические параметры.
4. Испарение и конденсация.
5. Тепловая форма движения материи. Квазистатические процессы.
6. Термодинамические потенциалы
7. Работа в термодинамике.
8. Высота подъёма жидкости в капиллярах.
9. Понятие внутренней энергии в термодинамике.
10. Формула Лапласа.
11. Количество теплоты.
12. Краевые углы
13. Первое начало термодинамики.
14. Термодинамика поверхностного натяжения
15. Теплоёмкость.
16. Закон Джоуля.
17. Поверхностное натяжение
18. Уравнение Майера.
19. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса
20. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона.
21. Термодинамические функции газа Ван-дер-Ваальса.
22. Политропический процесс.
23. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса
24. Основной постулат для второго начала термодинамики.
25. Модель газа Ван-дер-Ваальса.
26. Формулировки Томсона-Планка и Клаузиуса второго начала термодинамики.
27. Явления переноса.
28. Круговой процесс Карно.
29. Средняя длина свободного пробега.
30. Метод циклов.
31. Энтропия и вероятность
32. Метод термодинамических функций.
33. Распределение Максвелла.
34. Энтропия.
35. Молекулярно-кинетические представления.
36. Эффект Джоуля-Томсона.
37. Примеры термодинамических функций
38. Распределение Максвелла.
39. Основной постулат для второго начала термодинамики.
40. Испарение и конденсация.
41. Тепловая форма движения материи. Квазистатические процессы.
42. Распределение Больцмана.

**Пример контрольно-измерительных материалов**  
**к промежуточной аттестации (экзамен)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей физики

\_\_\_\_\_ (Турищев С.Ю.)

Направление подготовки 03.03.03 Радиофизика

Дисциплина Молекулярная физика Форма обучения очная

Вид контроля экзамен Вид аттестации промежуточная

**Контрольно-измерительный материал №\_\_**

- Предмет и задачи курса «Молекулярная физика».
- Фазовые диаграммы.

Составитель \_\_\_\_\_ Голицына О.М.

\_\_\_\_\_

*подпись*

\_\_\_\_\_

*расшифровка подписи*



Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Критерии оценки (экзамен по теоретическому курсу «Молекулярная физика»):

Оценка *«отлично»*: уровень сформированности компетенций – высокий (углубленный). Полное соответствие ответа студента на предлагаемый вопрос четырём вышеуказанным показателям и осваиваемым компетенциям. Компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень.

Оценка *«хорошо»*: уровень сформированности компетенций – повышенный (продвинутый). Ответ студента выявляет недостаточное владение необходимыми теоретическими и практическими навыками. Компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме, что выражается в отдельных неточностях (несущественных ошибках) при ответе. Ответ отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой, чем при высоком (углубленном) уровне сформированности компетенций. Однако допущенные ошибки исправляются самим студентом после дополнительных вопросов преподавателя.

Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных вышепоказателей пороговый (базовый) уровень.

Оценка *«удовлетворительно»*: ответ студента отличается непоследовательностью, неумением делать выводы, слабым освоением теоретических и практических навыков. Компетенции сформирована в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично, что выражается в допускаемых неточностях и существенных ошибках при ответе, нарушении логики изложения, неумении аргументировать и обосновывать суждения и профессиональную позицию. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу.

Оценка *«неудовлетворительно»*: компетенции не сформированы, что выражается в разрозненных, бессистемных, отрывочных знаниях, допускаемых грубых профессиональных ошибках, неумении выделять главное и второстепенное, связывать теорию с практикой, устанавливать межпредметные связи, формулировать выводы по ответу, отсутствию собственной профессиональной позиции.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Молекулярная физика» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

## Фонд оценочных средств сформированности компетенций

### Код и наименование компетенции:

Период окончания формирования компетенции: 4 семестр

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

- Дисциплины (модули) (блок 1):
  - Б1.О.11 Молекулярная физика (2 семестр)

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):

1. Найти энергию теплового движения молекул кислорода, имеющего массу  $m=1$  кг при температуре  $T=400$  К.

Ответ: а)  $U=2,6$  Дж; б)  $U = 26 \cdot 10^5$  Дж; в)  $U = 3,6 \cdot 10^5$  Дж;

**г)  $U=2,6 \cdot 10^5$  Дж.**

2. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода будет равна 450 м/с?

Ответ: а)  $T=360$  К; **б)  $T=260$  К;** в)  $T=410$  К; г)  $T=310$  К;

3. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, а водорода 2 кг/кмоль?

Ответ: а) 5; **б) 16;** в) 10 г) 8;

4. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа при увеличении абсолютной температуры в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; **б) увеличится в 2 раза;** в) не изменится

5. Какова средняя квадратичная скорость атомов гелия в атмосфере Солнца? Температура поверхности Солнца 6000 °С. Гелий – атомарный,  $M = 4$  г/моль.

Ответ: **а) 6250 м/с;** б) 1600 м/с; в) 4500 м/с

6. Газ изотермически расширили так, что его давление уменьшилось в 4 раза. Во сколько раз и как изменился его объем?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; **г) увеличится в 4 раза**

7. Во сколько раз изменится давление разреженного одноатомного газа, если при увеличении концентрации молекул газа в 3 раза его абсолютная температура увеличится в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; **г) увеличится в 6 раз**

8. Концентрацию молекул одноатомного идеального газа уменьшили в 5 раз. Одновременно в 2 раза увеличили среднюю энергию хаотичного движения молекул газа. Чему равно отношение конечного давления к начальному?

Ответ: а) 5 ; б) 1; **в) 0,4;** г) 4

9. В сосуде находится 1 моль некоторого газа. Известно, что отношение давления газа к его температуре равно 371 Па/К. Чему равен объем газа?

Ответ: **а) 22 л ;** б) 1 л; в) 0,4 л; г) 4 л

10. При нагревании газа его внутренняя энергия увеличилась от 300 до 700 Дж. Какая работа была совершена газом, если на его нагревание было затрачено 1000 Дж теплоты?  
Ответ: а) 200 б)300 в)500 **г) 600**

11. Если в некотором процессе газу сообщено 900 Дж теплоты, а газ при этом совершил работу 500 Дж, то внутренняя энергия газа:

1) увеличилась на 1400 Дж.

2) уменьшилась на 400 Дж.

**3) увеличилась на 400 Дж.**

4) уменьшилась на 500 Дж.

Ответ: 3)

12. В изотермическом процессе газ получил 300 Дж теплоты. Какую работу совершил газ?

Ответ: **а) 300 Дж**; б) 0 ; в) 150 Дж

13. В калориметре смешали 2 кг воды при температуре 50 °С и 3 кг воды при температуре 30 °С. Найдите температуру (в °С) смеси.

а) 35 б)36 в)37 **г)38**

14. При отвердевании 100 кг стали при температуре плавления, выделилось 21 МДж теплоты. Какова удельная теплота плавления (в кДж/кг) стали?

а) 180 **б) 210** в) 300

15. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1=400$  К, температура холодильника  $T_2=300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ: Дж **а)  $A=630$  Дж**; б)  $A=640$  Дж; в)  $A=650$  Дж; г)  $A=660$ ;

## 2) задачи:

1. Кислород, масса которого 10 г, находится при давлении 300 кПа и температуре 10 °С. После нагревания при  $p=\text{const}$  газ занял объем  $V=10$  л. Найти количество теплоты  $Q$ , полученное газом.

Ответ:  $Q=7,92$  кДж **2 балла**

2. До какой температуры охладится воздух, находящийся при температуре  $t_1=0$  °С, если он расширяется адиабатически от объема  $V_1$  до  $V_2=2V_1$ ? Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma=1,4$ .

Решение:

Уравнение адиабаты

$$V_1^{\gamma-1} \cdot T_1 = V_2^{\gamma-1} \cdot T_2$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{2^{\gamma-1}} = \frac{T_1}{2^{0,4}}$$

$$T_2 = 207 \text{ К}$$

Ответ:  $T_2=207$  К **5 баллов**

3. Для нагревания воды, взятой при температуре 20 °С, и обращения ее в пар израсходовано 2596 кДж энергии. Определите массу воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг.К), удельная теплота парообразования воды 2,26 МДж/кг.

Ответ: 1 кг **2 балла**

4. В цилиндре под поршнем находится некоторая масса газа при температуре 300 К, занимающая при давлении 0,1 МПа объем 6 л. На сколько градусов надо охладить газ при неизменном давлении, чтобы при этом была совершена работа 50 Дж по его сжатию?

Ответ: 25 К    **2 балла**

5. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, а водорода 2 кг/кмоль?

Ответ: 16    **2 балла**

6. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на  $\Delta T = 72$  К, сообщив ему количество тепла  $Q = 1,60$  кДж. Найти приращение его внутренней энергии.

Решение:

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = Q - A$$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

$$\Delta U = Q - 1R\Delta T = 1,0 \text{ кДж}$$

Ответ:  $\Delta U = Q - R\Delta T = 1,00$  кДж.    **5 баллов**

7. Найти среднюю квадратичную  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  скорость молекул водорода. Вычисления выполнить для температуры  $T = 5000$  К, при которой около 95% молекул водорода диссоциированы на атомы.

Ответ:  $\langle v_{\text{кв}} \rangle = 7900$  м/с.    **2 балла**

8. Какова должна быть степень сжатия воздуха  $V_1/V_2$ , чтобы его температура возросла с  $15^\circ\text{C}$  до  $700^\circ\text{C}$ ? Сжатие считать адиабатным. Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma = 1,4$ .

Ответ:  $V_1/V_2 = 21$ ;    **5 баллов**

9. При изотермическом расширении водорода массой 1 г объем газа увеличился в 2 раза. Определить работу расширения, совершенную газом, если температура газа  $15^\circ\text{C}$ . Молярная масса водорода

$$M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

Ответ:  $A = 829$  Дж;    **5 баллов**

10. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1 = 2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1 = 400$  К, температура холодильника  $T_2 = 300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ:  $A = 630$  Дж;    **2 балла**

## Код и наименование компетенции:

Период окончания формирования компетенции: 4 семестр

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

- Дисциплины (модули) (блок 1):
  - Б1.О.11 Молекулярная физика (2 семестр)

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

### 1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):

1. Найти энергию теплового движения молекул кислорода, имеющего массу  $m=1$  кг при температуре  $T=400$  К.

Ответ: а)  $U=2,6$  Дж; б)  $U=26 \cdot 10^5$  Дж; в)  $U=3,6 \cdot 10^5$  Дж;

**г)  $U=2,6 \cdot 10^5$  Дж.**

2. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода будет равна 450 м/с?

Ответ: а)  $T=360$  К; **б)  $T=260$  К;** в)  $T=410$  К; г)  $T=310$  К;

3. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, а водорода 2 кг/кмоль?

Ответ: а) 5; **б) 16;** в) 10 г) 8;

4. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа при увеличении абсолютной температуры в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; **б) увеличится в 2 раза;** в) не изменится

5. Какова средняя квадратичная скорость атомов гелия в атмосфере Солнца? Температура поверхности Солнца 6000 °С. Гелий – атомарный,  $M=4$  г/моль.

Ответ: **а) 6250 м/с;** б) 1600 м/с; в) 4500 м/с

6. Газ изотермически расширили так, что его давление уменьшилось в 4 раза. Во сколько раз и как изменился его объем?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; **г) увеличится в 4 раза**

7. Во сколько раз изменится давление разреженного одноатомного газа, если при увеличении концентрации молекул газа в 3 раза его абсолютная температура увеличится в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; **г) увеличится в 6 раз**

8. Концентрацию молекул одноатомного идеального газа уменьшили в 5 раз. Одновременно в 2 раза увеличили среднюю энергию хаотичного движения молекул газа. Чему равно отношение конечного давления к начальному?

Ответ: а) 5 ; б) 1; **в) 0,4;** г) 4

9. В сосуде находится 1 моль некоторого газа. Известно, что отношение давления газа к его температуре равно 371 Па/К. Чему равен объем газа?

Ответ: **а) 22 л ;** б) 1 л; в) 0,4 л; г) 4 л

10. При нагревании газа его внутренняя энергия увеличилась от 300 до 700 Дж. Какая работа была совершена газом, если на его нагревание было затрачено 1000 Дж теплоты?  
Ответ: а) 200 б)300 в)500 **г) 600**

11. Если в некотором процессе газу сообщено 900 Дж теплоты, а газ при этом совершил работу 500 Дж, то внутренняя энергия газа:

1) увеличилась на 1400 Дж.

2) уменьшилась на 400 Дж.

**3) увеличилась на 400 Дж.**

4) уменьшилась на 500 Дж.

Ответ: 3)

12. В изотермическом процессе газ получил 300 Дж теплоты. Какую работу совершил газ?

Ответ: **а) 300 Дж**; б) 0 ; в) 150 Дж

13. В калориметре смешали 2 кг воды при температуре 50 °С и 3 кг воды при температуре 30 °С. Найдите температуру (в °С) смеси.

а) 35 б)36 в)37 **г)38**

14. При отвердевании 100 кг стали при температуре плавления, выделилось 21 МДж теплоты. Какова удельная теплота плавления (в кДж/кг) стали?

а) 180 **б) 210** в) 300

15. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1=400$  К, температура холодильника  $T_2=300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ: Дж **а) A=630 Дж**; б) A=640 Дж; в) A=650 Дж; г) A=660;

## **2) задачи:**

1. Кислород, масса которого 10 г, находится при давлении 300 кПа и температуре 10 °С. После нагревания при  $p=\text{const}$  газ занял объем  $V=10$  л. Найти количество теплоты  $Q$ , полученное газом.

Ответ:  $Q=7,92$  кДж **2 балла**

2. До какой температуры охладится воздух, находящийся при температуре  $t_1=0$  °С, если он расширяется адиабатически от объема  $V_1$  до  $V_2=2V_1$ ? Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma=1,4$ .

Решение:

Уравнение адиабаты

$$V_1^{\gamma-1} \cdot T_1 = V_2^{\gamma-1} \cdot T_2$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{2^{\gamma-1}} = \frac{T_1}{2^{0,4}}$$

$$T_2 = 207 \text{ К}$$

Ответ:  $T_2=207$  К **5 баллов**

3. Для нагревания воды, взятой при температуре 20 °С, и обращения ее в пар израсходовано 2596 кДж энергии. Определите массу воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды 2,26 МДж/кг.

Ответ: 1 кг **2 балла**

4. В цилиндре под поршнем находится некоторая масса газа при температуре 300 К, занимающая при давлении 0,1 МПа объем 6 л. На сколько градусов надо охладить газ при неизменном давлении, чтобы при этом была совершена работа 50 Дж по его сжатию?

Ответ: 25 К    **2 балла**

5. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, а водорода 2 кг/кмоль?

Ответ: 16    **2 балла**

6. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на  $\Delta T = 72$  К, сообщив ему количество тепла  $Q = 1,60$  кДж. Найти приращение его внутренней энергии.

Решение:

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = Q - A$$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

$$\Delta U = Q - 1R\Delta T = 1,0 \text{ кДж}$$

Ответ:  $\Delta U = Q - R\Delta T = 1,00$  кДж.    **5 баллов**

7. Найти среднюю квадратичную  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  скорость молекул водорода. Вычисления выполнить для температуры  $T = 5000$  К, при которой около 95% молекул водорода диссоциированы на атомы.

Ответ:  $\langle v_{\text{кв}} \rangle = 7900$  м/с.    **2 балла**

8. Какова должна быть степень сжатия воздуха  $V_1/V_2$ , чтобы его температура возросла с  $15^\circ\text{C}$  до  $700^\circ\text{C}$ ? Сжатие считать адиабатным. Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma = 1,4$ .

Ответ:  $V_1/V_2 = 21$ ;    **5 баллов**

9. При изотермическом расширении водорода массой 1 г объем газа увеличился в 2 раза. Определить работу расширения, совершенную газом, если температура газа  $15^\circ\text{C}$ . Молярная масса водорода

$$M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

Ответ:  $A = 829$  Дж;    **5 баллов**

10. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1 = 2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1 = 400$  К, температура холодильника  $T_2 = 300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ:  $A = 630$  Дж;    **2 балла**

### Код и наименование компетенции:

Период окончания формирования компетенции: 4 семестр

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

• Дисциплины (модули) (блок 1):

- Б1.О.11 Молекулярная физика (2 семестр)

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

#### 1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):

1. Найти энергию теплового движения молекул кислорода, имеющего массу  $m=1$  кг при температуре  $T=400$  К.

Ответ: а)  $U=2,6$  Дж; б)  $U=26 \cdot 10^5$  Дж; в)  $U=3,6 \cdot 10^5$  Дж;

г)  $U=2,6 \cdot 10^5$  Дж.

2. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода будет равна  $450$  м/с?

Ответ: а)  $T=360$  К; б)  $T=260$  К; в)  $T=410$  К; г)  $T=310$  К;

3. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода  $32$  кг/кмоль, а водорода  $2$  кг/кмоль?

Ответ: а) 5; б) 16; в) 10 г) 8;

4. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа при увеличении абсолютной температуры в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится

5. Какова средняя квадратичная скорость атомов гелия в атмосфере Солнца? Температура поверхности Солнца  $6000$  °С. Гелий – атомарный,  $M=4$  г/моль.

Ответ: а)  $6250$  м/с; б)  $1600$  м/с; в)  $4500$  м/с

6. Газ изотермически расширили так, что его давление уменьшилось в 4 раза. Во сколько раз и как изменился его объем?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; г) увеличится в 4 раза

7. Во сколько раз изменится давление разреженного одноатомного газа, если при увеличении концентрации молекул газа в 3 раза его абсолютная температура увеличится в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; г) увеличится в 6 раз

8. Концентрацию молекул одноатомного идеального газа уменьшили в 5 раз.

Одновременно в 2 раза увеличили среднюю энергию хаотичного движения молекул газа. Чему равно отношение конечного давления к начальному?

Ответ: а) 5 ; б) 1; в) 0,4; г) 4

9. В сосуде находится 1 моль некоторого газа. Известно, что отношение давления газа к его температуре равно  $371$  Па/К. Чему равен объем газа?

Ответ: а)  $22$  л ; б)  $1$  л; в)  $0,4$  л; г)  $4$  л

10. При нагревании газа его внутренняя энергия увеличилась от  $300$  до  $700$  Дж. Какая работа была совершена газом, если на его нагревание было затрачено  $1000$  Дж теплоты?



Ответ: а) 200 б)300 в)500 **г) 600**

11. Если в некотором процессе газу сообщено 900 Дж теплоты, а газ при этом совершил работу 500 Дж, то внутренняя энергия газа:

1) увеличилась на 1400 Дж.

2) уменьшилась на 400 Дж.

**3) увеличилась на 400 Дж.**

4) уменьшилась на 500 Дж.

Ответ: 3)

12. В изотермическом процессе газ получил 300 Дж теплоты. Какую работу совершил газ?

Ответ: **а) 300 Дж**; б) 0 ; в) 150 Дж

13. В калориметре смешали 2 кг воды при температуре 50 °С и 3 кг воды при температуре 30 °С. Найдите температуру (в °С) смеси.

а) 35 б)36 в)37 **г)38**

14. При отвердевании 100 кг стали при температуре плавления, выделилось 21 МДж теплоты. Какова удельная теплота плавления (в кДж/кг) стали?

а) 180 **б) 210** в) 300

15. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1=400$  К, температура холодильника  $T_2=300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ: Дж **а) A=630 Дж**; б) A=640 Дж; в) A=650 Дж; г) A=660;

## 2) задачи:

1. Кислород, масса которого 10 г, находится при давлении 300 кПа и температуре 10 °С. После нагревания при  $p=\text{const}$  газ занял объем  $V=10$  л. Найти количество теплоты  $Q$ , полученное газом.

Ответ:  $Q=7,92$  кДж **2 балла**

2. До какой температуры охладится воздух, находящийся при температуре  $t_1=0$  °С, если он расширяется адиабатически от объема  $V_1$  до  $V_2=2V_1$ ? Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma=1,4$ .

Решение:

Уравнение адиабаты

$$V_1^{\gamma-1} \cdot T_1 = V_2^{\gamma-1} \cdot T_2$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{2^{\gamma-1}} = \frac{T_1}{2^{0,4}}$$

$$T_2 = 207 \text{ К}$$

Ответ:  $T_2=207$  К **5 баллов**

3. Для нагревания воды, взятой при температуре 20 °С, и обращения ее в пар израсходовано 2596 кДж энергии. Определите массу воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг.К), удельная теплота парообразования воды 2,26 МДж/кг.

Ответ: 1 кг **2 балла**

4. В цилиндре под поршнем находится некоторая масса газа при температуре 300 К, занимающая при давлении 0,1 МПа объем 6 л. На сколько градусов надо охладить газ при неизменном давлении, чтобы при этом была совершена работа 50 Дж по его сжатию?

Ответ: 25 К    **2 балла**

5. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, а водорода 2 кг/кмоль?

Ответ: 16    **2 балла**

6. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на  $\Delta T=72$  К, сообщив ему количество тепла  $Q = 1,60$  кДж. Найти приращение его внутренней энергии.

Решение:

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = Q - A$$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

$$\Delta U = Q - 1R\Delta T = 1,0 \text{ кДж}$$

Ответ:  $\Delta U=Q-R\Delta T=1,00$  кДж.    **5 баллов**

7. Найти среднюю квадратичную  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  скорость молекул водорода. Вычисления выполнить для температуры  $T=5000$  К, при которой около 95% молекул водорода диссоциированы на атомы.

Ответ:  $\langle v_{\text{кв}} \rangle = 7900$  м/с.    **2 балла**

8. Какова должна быть степень сжатия воздуха  $V_1/V_2$ , чтобы его температура возросла с 15°C до 700 °C? Сжатие считать адиабатным. Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma=1,4$ .

Ответ:  $V_1/V_2=21$ ;    **5 баллов**

9. При изотермическом расширении водорода массой 1 г объем газа увеличился в 2 раза. Определить работу расширения, совершенную газом, если температура газа 15 °C. Молярная масса водорода

$$M=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

Ответ:  $A=829$  Дж;    **5 баллов**

10. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1=400$  К, температура холодильника  $T_2=300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ:  $A=630$  Дж;    **2 балла**

**Код и наименование компетенции:**

**Период окончания формирования компетенции:** 4 семестр

**Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:**

- Дисциплины (модули) (блок 1):
  - Б1.О.11 Молекулярная физика (2 семестр)

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

**1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):**

1. Найти энергию теплового движения молекул кислорода, имеющего массу  $m=1$  кг при температуре  $T=400$  К.

Ответ: а)  $U=2,6$  Дж; б)  $U=26 \cdot 10^5$  Дж; в)  $U=3,6 \cdot 10^5$  Дж;

**г)  $U=2,6 \cdot 10^5$  Дж.**

2. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода будет равна 450 м/с?

Ответ: а)  $T=360$  К; **б)  $T=260$  К;** в)  $T=410$  К; г)  $T=310$  К;

3. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, а водорода 2 кг/кмоль?

Ответ: а) 5; **б) 16;** в) 10 г) 8;

4. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа при увеличении абсолютной температуры в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; **б) увеличится в 2 раза;** в) не изменится

5. Какова средняя квадратичная скорость атомов гелия в атмосфере Солнца? Температура поверхности Солнца 6000 °С. Гелий – атомарный,  $M = 4$  г/моль.

Ответ: **а) 6250 м/с;** б) 1600 м/с; в) 4500 м/с

6. Газ изотермически расширили так, что его давление уменьшилось в 4 раза. Во сколько раз и как изменился его объем?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; **г) увеличится в 4 раза**

7. Во сколько раз изменится давление разреженного одноатомного газа, если при увеличении концентрации молекул газа в 3 раза его абсолютная температура увеличится в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; **г) увеличится в 6 раз**

8. Концентрацию молекул одноатомного идеального газа уменьшили в 5 раз. Одновременно в 2 раза увеличили среднюю энергию хаотичного движения молекул газа. Чему равно отношение конечного давления к начальному?

Ответ: а) 5 ; б) 1; **в) 0,4;** г) 4

9. В сосуде находится 1 моль некоторого газа. Известно, что отношение давления газа к его температуре равно 371 Па/К. Чему равен объем газа?

Ответ: **а) 22 л ;** б) 1 л; в) 0,4 л; г) 4 л

10. При нагревании газа его внутренняя энергия увеличилась от 300 до 700 Дж. Какая работа была совершена газом, если на его нагревание было затрачено 1000 Дж теплоты?

Ответ: а). 200 б)300 в)500 **г) 600**

11. Если в некотором процессе газу сообщено 900 Дж теплоты, а газ при этом совершил работу 500 Дж, то внутренняя энергия газа:

1) увеличилась на 1400 Дж.

2) уменьшилась на 400 Дж.

**3) увеличилась на 400 Дж.**

4) уменьшилась на 500 Дж.

Ответ: 3)

12. В изотермическом процессе газ получил 300 Дж теплоты. Какую работу совершил газ?

Ответ: **а) 300 Дж**; б) 0 ; в) 150 Дж

13. В калориметре смешали 2 кг воды при температуре 50 °С и 3 кг воды при температуре 30 °С. Найдите температуру (в °С) смеси.

а) 35 б) 36 в) 37 **г) 38**

14. При отвердевании 100 кг стали при температуре плавления, выделилось 21 МДж теплоты. Какова удельная теплота плавления (в кДж/кг) стали?

а) 180 **б) 210** в) 300

15. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1=400$  К, температура холодильника  $T_2=300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ: Дж **а) A=630 Дж**; б) A=640 Дж; в) A=650 Дж; г) A=660;

## 2) задачи:

1. Кислород, масса которого 10 г, находится при давлении 300 кПа и температуре 10 °С. После нагревания при  $p=\text{const}$  газ занял объем  $V=10$  л. Найти количество теплоты  $Q$ , полученное газом.

Ответ:  $Q=7,92$  кДж **2 балла**

2. До какой температуры охладится воздух, находящийся при температуре  $t_1=0$  °С, если он расширяется адиабатически от объема  $V_1$  до  $V_2=2V_1$ ? Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma=1,4$ .

Решение:

Уравнение адиабаты

$$V_1^{\gamma-1} \cdot T_1 = V_2^{\gamma-1} \cdot T_2$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{2^{\gamma-1}} = \frac{T_1}{2^{0,4}}$$

$$T_2 = 207 \text{ К}$$

Ответ:  $T_2=207$  К **5 баллов**

3. Для нагревания воды, взятой при температуре 20 °С, и обращения ее в пар израсходовано 2596 кДж энергии. Определите массу воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг.К), удельная теплота парообразования воды 2,26 МДж/кг.

Ответ: 1 кг **2 балла**

4. В цилиндре под поршнем находится некоторая масса газа при температуре 300 К, занимающая при давлении 0,1 МПа объем 6 л. На сколько градусов надо охладить газ при неизменном давлении, чтобы при этом была совершена работа 50 Дж по его сжатию?

Ответ: 25 К **2 балла**

5. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, а водорода 2 кг/кмоль?

Ответ: 16      **2 балла**

6. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на  $\Delta T=72$  К, сообщив ему количество тепла  $Q = 1,60$  кДж. Найти приращение его внутренней энергии.

Решение:

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = Q - A$$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

$$\Delta U = Q - 1R\Delta T = 1,0 \text{ кДж}$$

Ответ:  $\Delta U=Q-R\Delta T=1,00$  кДж.      **5 баллов**

7. Найти среднюю квадратичную  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  скорость молекул водорода. Вычисления выполнить для температуры  $T=5000$  К, при которой около 95% молекул водорода диссоциированы на атомы.

Ответ:  $\langle v_{\text{кв}} \rangle = 7900$  м/с.      **2 балла**

8. Какова должна быть степень сжатия воздуха  $V_1/V_2$ , чтобы его температура возросла с  $15^\circ\text{C}$  до  $700^\circ\text{C}$ ? Сжатие считать адиабатным. Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma=1,4$ .

Ответ:  $V_1/V_2=21$ ;      **5 баллов**

9. При изотермическом расширении водорода массой 1 г объем газа увеличился в 2 раза. Определить работу расширения, совершенную газом, если температура газа  $15^\circ\text{C}$ . Молярная масса водорода

$$M=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

Ответ:  $A=829$  Дж;      **5 баллов**

10. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1=400$  К, температура холодильника  $T_2=300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ:  $A=630$  Дж;      **2 балла**

**Код и наименование компетенции:**

**Период окончания формирования компетенции:** 4 семестр

**Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:**

- Дисциплины (модули) (блок 1):
  - Б1.О.11 Молекулярная физика (2 семестр)

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

**1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):**

1. Найти энергию теплового движения молекул кислорода, имеющего массу  $m=1$  кг при температуре  $T=400$  К.

Ответ: а)  $U=2,6$  Дж; б)  $U=26 \cdot 10^5$  Дж; в)  $U=3,6 \cdot 10^5$  Дж;

г)  $U=2,6 \cdot 10^5$  Дж.

2. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода будет равна 450 м/с?

Ответ: а)  $T=360$  К; б)  $T=260$  К; в)  $T=410$  К; г)  $T=310$  К;

3. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, а водорода 2 кг/кмоль?

Ответ: а) 5; б) 16; в) 10 г) 8;

4. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа при увеличении абсолютной температуры в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится

5. Какова средняя квадратичная скорость атомов гелия в атмосфере Солнца? Температура поверхности Солнца 6000 °С. Гелий – атомарный,  $M = 4$  г/моль.

Ответ: а) 6250 м/с; б) 1600 м/с; в) 4500 м/с

6. Газ изотермически расширили так, что его давление уменьшилось в 4 раза. Во сколько раз и как изменился его объем?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; г) увеличится в 4 раза

7. Во сколько раз изменится давление разреженного одноатомного газа, если при увеличении концентрации молекул газа в 3 раза его абсолютная температура увеличится в 2 раза?

Ответ: а) увеличится в 5 раз; б) увеличится в 2 раза; в) не изменится; г) увеличится в 6 раз

8. Концентрацию молекул одноатомного идеального газа уменьшили в 5 раз. Одновременно в 2 раза увеличили среднюю энергию хаотичного движения молекул газа. Чему равно отношение конечного давления к начальному?

Ответ: а) 5 ; б) 1; в) 0,4; г) 4

9. В сосуде находится 1 моль некоторого газа. Известно, что отношение давления газа к его температуре равно 371 Па/К. Чему равен объем газа?

Ответ: а) 22 л ; б) 1 л; в) 0,4 л; г) 4 л

10. При нагревании газа его внутренняя энергия увеличилась от 300 до 700 Дж. Какая работа была совершена газом, если на его нагревание было затрачено 1000 Дж теплоты?

Ответ: а). 200 б)300 в)500 г) 600

11. Если в некотором процессе газу сообщено 900 Дж теплоты, а газ при этом совершил работу 500 Дж, то внутренняя энергия газа:

- 1) увеличилась на 1400 Дж.
- 2) уменьшилась на 400 Дж.
- 3) увеличилась на 400 Дж.**
- 4) уменьшилась на 500 Дж.

Ответ: 3)

12. В изотермическом процессе газ получил 300 Дж теплоты. Какую работу совершил газ?

Ответ: **а) 300 Дж**; б) 0 ; в) 150 Дж

13. В калориметре смешали 2 кг воды при температуре 50 °С и 3 кг воды при температуре 30 °С. Найдите температуру (в °С) смеси.

- а) 35 б) 36 в) 37 **г) 38**

14. При отвердевании 100 кг стали при температуре плавления, выделилось 21 МДж теплоты. Какова удельная теплота плавления (в кДж/кг) стали?

- а) 180 **б) 210** в) 300

15. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1=400$  К, температура холодильника  $T_2=300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ: Дж **а) A=630 Дж**; б) A=640 Дж; в) A=650 Дж; г) A=660;

## 2) задачи:

1. Кислород, масса которого 10 г, находится при давлении 300 кПа и температуре 10 °С. После нагревания при  $p=\text{const}$  газ занял объем  $V=10$  л. Найти количество теплоты  $Q$ , полученное газом.

Ответ:  $Q=7,92$  кДж **2 балла**

2. До какой температуры охладится воздух, находящийся при температуре  $t_1=0$  °С, если он расширяется адиабатически от объема  $V_1$  до  $V_2=2V_1$ ? Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma=1,4$ .

Решение:

Уравнение адиабаты

$$V_1^{\gamma-1} \cdot T_1 = V_2^{\gamma-1} \cdot T_2$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{2^{\gamma-1}} = \frac{T_1}{2^{0,4}}$$

$$T_2 = 207 \text{ К}$$

Ответ:  $T_2=207$  К **5 баллов**

3. Для нагревания воды, взятой при температуре 20 °С, и обращения ее в пар израсходовано 2596 кДж энергии. Определите массу воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг.К), удельная теплота парообразования воды 2,26 МДж/кг.

Ответ: 1 кг **2 балла**

4. В цилиндре под поршнем находится некоторая масса газа при температуре 300 К, занимающая при давлении 0,1 МПа объем 6 л. На сколько градусов надо охладить газ при неизменном давлении, чтобы при этом была совершена работа 50 Дж по его сжатию?

Ответ: 25 К **2 балла**

5. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода и кислорода. Во сколько раз давление, производимое водородом на стенки баллона, будет больше, чем давление кислорода, если молярная масса кислорода 32 кг/кмоль, а водорода 2 кг/кмоль?

Ответ: 16      **2 балла**

6. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на  $\Delta T=72$  К, сообщив ему количество тепла  $Q = 1,60$  кДж. Найти приращение его внутренней энергии.

Решение:

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = Q - A$$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

$$\Delta U = Q - 1R\Delta T = 1,0 \text{ кДж}$$

Ответ:  $\Delta U=Q-R\Delta T=1,00$  кДж.      **5 баллов**

7. Найти среднюю квадратичную  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  скорость молекул водорода. Вычисления выполнить для температуры  $T=5000$  К, при которой около 95% молекул водорода диссоциированы на атомы.

Ответ:  $\langle v_{\text{кв}} \rangle=7900$  м/с.      **2 балла**

8. Какова должна быть степень сжатия воздуха  $V_1/V_2$ , чтобы его температура возросла с  $15^\circ\text{C}$  до  $700^\circ\text{C}$ ? Сжатие считать адиабатным. Показатель адиабаты для воздуха  $\gamma=1,4$ .

Ответ:  $V_1/V_2=21$ ;      **5 баллов**

9. При изотермическом расширении водорода массой 1 г объем газа увеличился в 2 раза. Определить работу расширения, совершенную газом, если температура газа  $15^\circ\text{C}$ . Молярная масса водорода

$$M=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

Ответ:  $A=829$  Дж;      **5 баллов**

10. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1=400$  К, температура холодильника  $T_2=300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

Ответ:  $A=630$  Дж;      **2 балла**