

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики



Могильная Е.П.
2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА»

По направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль подготовки «Физика»

Луганск 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Молекулярная физика» по направлению подготовки 03.03.02 Физика. – 28 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Молекулярная физика» составлена с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 года №891.

СОСТАВИТЕЛЬ:

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физики Лыштва Е.Ю.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физики
« 18 » 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики  Корсунов К.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Директор института технологий и инженерной механики  Могильная Е.П.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики
« 18 » 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии
института технологий и инженерной механики  Ясуник С.Н.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины «Молекулярная физика» – изучение студентами основных методов и подходов, а также базовых понятиях классической равновесной термодинамики и молекулярной физики; овладение законами молекулярной физики и термодинамики как обобщениями опытных фактов, их математическим выражением и областью применимости.

Задачи изучения дисциплины «Молекулярная физика»:

дать представление о способах оценки физических величин, выбора моделей, постановки и решения задач по молекулярной физике;

помочь овладеть основными средствами обучения: программами, учебниками, дидактическими материалами, оборудованием физического эксперимента;

научить решать широкий класс задач, подготовить понятийную базу для освоения различных курсов теоретической физики, сформировать общекультурные и профессиональные навыки.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Молекулярная физика» дисциплина входит в модуль естественных дисциплин обязательной части учебного плана подготовки студентов по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Механика», «Элементарная математика» и служит основой для освоения дисциплин: «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика», «Введение в физику твердого тела», «Физика конденсированного состояния», «Физика фазовых переходов».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических и (или) естественных наук. ОПК-1.2. Применяет базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения задач профессиональной деятельности.	Знать: основные понятия, модели и законы молекулярной физики и термодинамики; физические принципы работы тепловых и охлаждающих машин, смысл термодинамических потенциалов и условия равновесия фаз, знать основные молекулярные распределения и физические средние, природу теплоемкости и молекулярные основы явлений переноса в плотных и разряженных газах;

		Уметь: понимать, излагать и критически оценивать базовую общефизическую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; составлять уравнения и определять физические характеристики различных термодинамических процессов для различных термодинамических систем; использовать законы молекулярной физики для решения типичных задач и оценивать полученные результаты; использовать различные молекулярные распределения для расчетов равновесных и кинетических параметров молекулярных систем; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике. Владеть: техникой расчета уравнений и физических характеристик (коэффициент полезного действия и холодильный коэффициент, теплоёмкости) термодинамических процессов для различных термодинамических систем; техникой расчёта равновесных и кинетических параметров молекулярных систем на основе молекулярных распределений; физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области тепловых явлений в макросистемах.
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	252 (7 зач. ед)	Не предусмотрена
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	119	-
в том числе:		
Лекции	51	-
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	68	-
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента / форма контактной работы	97 / 36	-
Форма аттестации	экзамен	-

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 2

Тема 1. Молекулярно-кинетическая теория строения вещества. Модель идеального газа.

Введение. Молекулярная физика и термодинамика. Основные положения и понятия. Динамические и статистические закономерности в физике. Статистический и термодинамический методы исследования. Макроскопическое состояние. Термодинамические функции состояния. Уравнение состояния. Внутренняя энергия. Интенсивные и экстенсивные параметры.

Модель идеального газа. Основное уравнение состояния идеального газа. Основные газовые законы. Молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры. Экспериментальное подтверждение молекулярно-кинетической теории газов (опыт Штерна).

Тема 2. Вопросы статистической физики.

Некоторые сведения из теории вероятностей. Распределения Максвелла и Больцмана. Распределение энергии по степеням свободы. Вероятность и флуктуации. Распределение молекул /частиц/ по абсолютным значениям скорости. Распределение Максвелла. Скорости теплового движения частиц. Средняя длина свободного пробега молекул. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Внутренняя энергия и теплоемкости идеального газа. Классическая теория теплоемкостей.

Тема 3. Элементы термодинамики. Термодинамика неравновесных процессов.

Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам в идеальных газах. Обратимые, необратимые и круговые тепловые процессы.

Цикл Карно. Энтропия системы и её свойства. Максимальный КПД тепловой машины. Энтропия системы и её свойства. Определение изменения энтропии системы, совершающей какой-либо изопроцесс.

Третье начало термодинамики. Термодинамические потенциалы. Применение термодинамики.

Термодинамика неравновесных процессов. Закон сохранения массы в термодинамике неравновесных процессов. Закон сохранения импульса в термодинамике неравновесных процессов. Закон сохранения энергии в термодинамике неравновесных процессов. Уравнение баланса энтропии.

Тема 4. Реальные газы.

Реальные газы. Молекулярные силы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса и экспериментальные изотермы реальных газов.

Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона. Сжижение газов.

Тема 5. Фазы и фазовые превращения.

Фазовые равновесия и превращения. Условия равновесия фаз. Фазовые диаграммы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Метастабильные состояния. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода. Метастабильные состояния. Критическая точка. Тройная точка.

Тема 6. Физическая кинетика.

Кинетические явления (явления переноса). Понятие о физической кинетике. Диффузия, теплопроводность в газах, жидкостях и твердых телах. Коэффициенты диффузии и теплопроводности. Вязкость жидкостей и газов. Коэффициент вязкости жидкостей и газов. Динамическая и кинематическая вязкости.

Тема 7. Поверхностные явления.

Поверхностное натяжение. Общие свойства жидкостей и газов. Кинематическое описание движения жидкости. Идеальная и вязкая жидкости. Энергия поверхностного слоя жидкости. Поверхностные явления на границе раздела двух жидкостей или жидкости и твердого тела.

Капиллярные явления. Закон Жюрена. Кинематическое описание движения жидкости.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Молекулярная физика и термодинамика	2	-
2	Модель идеального газа	4	-
3	Некоторые сведения из теории вероятностей. Распределения Максвелла и Больцмана.	4	-
4	Первое начало термодинамики	4	-
5	Цикл Карно. Энтропия системы и её свойства	4	-
6	Третье начало термодинамики	4	-
7	Элементы неравновесной термодинамики	4	-
8	Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса	4	-
9	Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона	4	-
10	Фазовые равновесия и превращения	4	-
11	Метастабильные состояния. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода	3	-
12	Кинетические явления (явления переноса)	4	-
13	Поверхностное натяжение	4	-
14	Капиллярные явления	2	-
Итого:		51	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Молекулярно-кинетическая теория строения вещества.	6	-
2	Законы состояния идеальных газов	4	-
3	Основные понятия теории вероятности	4	-
4	Статистические распределения. Распределение Максвелла.	6	-
5	Распределение Больцмана. Барометрическая формула.	6	-
6	Теорема о распределении энергии по степеням свободы.	6	-
7	Первое начало термодинамики. Теплоемкость	6	-
8	Энтропия. Второе и третье начала термодинамики.	4	-
9	Круговые процессы. Тепловые машины. Обратимые циклы. КПД циклов.	4	-
10	Термодинамические потенциалы	2	-

11	Фазы и фазовые превращения.	4	-
12	Реальные газы. Уравнения Ван дер Ваальса	4	-
13	Внутренняя энергия реальных газов. Эффект Джоуля-Томсона	4	-
14	Явления переноса.	4	-
15	Поверхностные явления	4	-
Итого:		68	-

4.5. Лабораторные работы по дисциплине «Молекулярная физика» не предполагаются учебным планом.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Молекулярно-кинетическая теория строения вещества. Молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры. Экспериментальное подтверждение молекулярно-кинетической теории газов	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	-
2	Законы состояния идеальных газов. Основное уравнение состояния идеального газа.	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	-
3	Основные понятия теории вероятности	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	-
4	Статистические распределения. Распределение Максвелла. Вероятность и флуктуации. Распределение молекул /частиц/ по абсолютным значениям скорости. Распределение Максвелла. Скорости теплового движения частиц. Средняя длина свободного пробега молекул.	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	-
5	Распределение Больцмана. Барометрическая формула	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	-
6	Теорема о распределении энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоемкости идеального газа. Классическая теория теплоемкостей	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	-
7	Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам в идеальных газах. Обратимые, необратимые и круговые тепловые процессы.	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	-
8	Энтропия. Энтропия системы и её свойства. Определение изменения энтропии системы, совершающей какой-либо изопроцесс. Второе и третье начала термодинамики	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	-
9	Круговые процессы. Тепловые машины.	-	6	-

	Обратимые циклы. КПД циклов			
10	Термодинамические потенциалы. Применение термодинамики. Термодинамика неравновесных процессов. Закон сохранения массы в термодинамике неравновесных процессов. Закон сохранения импульса в термодинамике неравновесных процессов. Закон сохранения энергии в термодинамике неравновесных процессов. Уравнение баланса энтропии	-	5	
11	Фазы и фазовые превращения. Условия равновесия фаз. Фазовые диаграммы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Метастабильные состояния. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода. Метастабильные состояния. Критическая точка. Тройная точка	-	6	
12	Реальные газы. Уравнения Ван дер Ваальса. Молекулярные силы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса и экспериментальные изотермы реальных газов	-	6	
13	Внутренняя энергия реальных газов. Эффект Джоуля-Томсона	-	6	
14	Явления переноса. Понятие о физической кинетике. Диффузия, теплопроводность в газах, жидкостях и твердых телах. Коэффициенты диффузии и теплопроводности. Вязкость жидкостей и газов. Коэффициент вязкости жидкостей и газов. Динамическая и кинематическая вязкости.	-	6	
15	Поверхностные явления. Поверхностное натяжение. Общие свойства жидкостей и газов. Кинематическое описание движения жидкости. Идеальная и вязкая жидкости Энергия поверхностного слоя жидкости. Поверхностные явления на границе раздела двух жидкостей или жидкости и твердого тела	-	6	
Итого:			97	-

4.7. Курсовые работы по дисциплине «Молекулярная физика» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Савельев И.В. Курс физики: в 3-х томах. Т. 1. Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев – [15-е изд. стер.] – СПб: Издательство «Лань», 2019. – 432 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2: Термодинамика и молекулярная физика: учеб. пособие / Дмитрий Васильевич Сивухин. – М.: Наука, 1975. – 550 с.
3. Иродов И. Е. Физика макросистем. Основные законы / И. Е. Иродов – [6-е изд.] (электронное) – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 210 с.
4. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб, пособие для вузов. – Изд. 14-е, перераб. и доп. / Т.И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 560 с.
5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: учеб. пособие / Игорь Евгеньевич Иродов – [2-е изд.] – М.: Наука, 1988. – 416 с.
6. Сборник задач по общему курсу физики. Т 2: Термодинамика и молекулярная физика / В. Л. Гинзбург, Л. М. Левин, Д. В. Сивухин, И. А. Яковлев; под ред. Д. В. Сивухина. – [5-е изд.] – М.: ФИЗМАТЛИТ: ЛАНЬ, 2006. – 176 с.

б) дополнительная литература:

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: учеб. пособие / Алексей Николаевич Матвеев. – М.: Высшая школа, 1981. – 400 с.
2. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике: учеб. пособие / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев – [5-е изд.] – М.: Высшая школа, 1988. – 527 с.
3. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика: учеб. пособие / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин. – М.: Наука, 1976. – 480 с.

в) методические указания:

1. Молекулярная физика: учеб. пособие / К.А. Корсунов [и др.]. – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2023. – 136 с.
2. Конспект лекций по дисциплине «Молекулярная физика» Часть 1, для студентов, обучающихся по направлению «Физика», специальность 03.03.02 / Сост.: Г. С. Калюжный, Е.Ю. Лыштван. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 68 с.
3. Конспект лекций по дисциплине «Молекулярная физика» Часть 2, для студентов, обучающихся по направлению «Физика», специальность 03.03.02 / Сост.: Г. С. Калюжный, Е.Ю. Лыштван. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 48 с.
4. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Молекулярная физика» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (в 3-х частях) часть 1. «Молекулярно-

кинетическая теория. Элементы статистической физики» / Сост.: Е.Ю. Лыштва, Е.И. Харченко. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 80 с.

5. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Молекулярная физика» для студентов направления подготовки «Физика» (в 3-х частях), часть 2. «Термодинамика» / Сост.: Корсунов К.А., Лыштва Е.Ю., Харченко Е.И. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля», 2020.

6. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Молекулярная физика» для студентов направления подготовки «Физика» (в 3-х частях), часть 3. «Реальные газы. Кинетика. Поверхностные явления» / Сост.: Е.Ю. Лыштва, Е.И. Харченко Е.И. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля», 2020. – 84 с.

7. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Молекулярная физика» (для студентов направления подготовки «Физика» (в 3-х частях), Часть 2. «Термодинамика» / Сост.: Корсунов К.А., Лыштва Е.Ю. – Луганск: ГОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2022. – 78 с.

8. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Молекулярная физика» (для студентов направления подготовки «Физика» (в 3-х частях), Часть 1. «Молекулярно-кинетическая теория. Элементы статистической физики» / Сост.: Корсунов К.А., Лыштва Е.Ю. – Луганск: ГОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2021. – 44 с.

9. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Молекулярная физика» (для студентов направления подготовки «Физика» (в 3-х частях), Часть 3. «Реальные газы. Кинетика. Поверхностные явления» / Сост.: Корсунов К.А., Лыштва Е.Ю. – Луганск: ГОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023. – 49 с.

г) Интернет-ресурсы:

•Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

•Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

•Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

•Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

•Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

•Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

•Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

•Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

•Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

•Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

- Электронный каталог Научно-технической библиотеки ЮРГПУ (НПИ) – <https://libweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/register>
- Научная электронная библиотека eLibrary – <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Молекулярная физика» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине «Молекулярная физика»

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Молекулярная физика»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Тема 1. Молекулярно-кинетическая теория строения вещества. Модель идеального газа.	2
				Тема 2. Вопросы статистической физики.	2
				Тема 3. Элементы термодинамики. Термодинамика неравновесных процессов	2
				Тема 4. Реальные газы	2
				Тема 5. Фазы и фазовые превращения	2
				Тема 6. Физическая кинетика	2
				Тема 7. Поверхностные явления	2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-1 ОПК-1.1 ОПК-1.2	Знать: основные понятия, модели и законы молекулярной физики и термодинамики; физические принципы работы тепловых и охлаждающих машин, смысл термодинамических потенциалов и условия равновесия фаз, знать основные молекулярные распределения и физические средние, природу теплоемкости и молекулярные основы явлений переноса в плотных и разреженных газах.	Темы 1-7	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы.

		Уметь: понимать, излагать и критически оценивать базовую общефизическую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; составлять уравнения и определять физические характеристики различных термодинамических процессов для различных термодинамических систем; использовать законы молекулярной физики для решения типичных задач и оценивать полученные результаты; использовать различные молекулярные распределения для расчетов равновесных и кинетических параметров молекулярных систем; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике. Владеть: понимать, излагать и критически оценивать базовую общефизическую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; составлять уравнения и определять физические характеристики различных термодинамических процессов для различных термодинамических систем; использовать законы молекулярной физики для решения типичных задач и оценивать полученные результаты; использовать различные молекулярные распределения для расчетов равновесных и кинетических параметров молекулярных систем; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике.		
--	--	---	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»

Вопросы к контрольным работам:

1. МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

2. Почему термодинамический и статистический (молекулярно-кинетический) методы исследования макроскопических систем качественно различны и взаимно дополняют друг друга?

3. Что такое термодинамические параметры? Какие термодинамические параметры известны?

4. Как объяснить закон Бойля–Мариотта с точки зрения молекулярно-кинетической теории? Какими законами описываются изобарные и изохорные процессы? Перечислите основные законы идеальных газов.

5. Каков физический смысл числа Авогадро? числа Лошмидта?

6. При некоторых значениях температуры и давления азот количеством вещества занимает объем 20 л. Какой объем при этих же условиях займет водород количеством вещества 1 моль?

7. В чем заключается молекулярно-кинетическое толкование давления газа? термодинамической температуры?
8. В чем содержание и какова цель вывода основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов?
9. Приведите уравнения состояния идеального газа.
10. Почему динамическое описание системы многих частиц неосуществимо с технической, непригодно с теоретической и бесполезно с практической точек зрения?
11. В чем (в общих чертах) состоит термодинамический метод описания системы многих частиц?
12. Как глубоко нужно нырнуть в озеро, чтобы давление на 50% превысило давление на поверхности?
13. Оцените давление и температуру в центре Юпитера. Его масса $1,9 \cdot 10^{27}$ кг, радиус $7,2 \cdot 10^4$ км.
14. Части массой m и скоростью v падает на стенку под углом 30° как показано на рисунке. Она отскакивает с той же скоростью также под углом 30° . Насколько изменится импульс частицы? Какой импульс получит стенка?
15. В ящике объемом V имеется N частиц, причем средняя кинетическая энергия одной частицы равна E_k . Найдите следующие величины, записав ответ через V, N, E_k и k :
- а) полную кинетическую энергию системы;
 - б) температуру системы;
 - в) давление системы;
 - г) что произойдет с давлением и температурой, если удвоить объем системы, соединив ящик с другим пустым ящиком такого же объема?

2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

1. Сравните скорости движения газовых молекул со скоростью звука.
2. Каковы результаты физического смысла опыта Штерна?
3. Понятие вероятности события.
4. Каков физический смысл функции распределения молекул по скоростям?
5. Каков физический смысл плотности вероятности распределения молекул по скоростям?
6. Проанализирует график функции распределения молекул по скоростям.
7. Как определяется наиболее вероятная скорость? Средняя скорость? Среднеарифметическая скорость?
8. Приведите формулу максвелла для относительных скоростей.
9. Приведите зависимость функции распределения Максвелла от массы молекул и температуры газа.
10. Каков физический смысл распределения молекул по энергиям?
11. Как, зная функцию распределения молекул по скоростям, перейти к функции распределения по энергиям?
12. Во сколько раз и как изменится средняя скорость движения молекул при переходе от кислорода к водороду?
13. Приведите барометрическую формулу.
14. В чем суть распределения Больцмана?

15. Каков физический смысл закона Максвелла–Больцмана?
16. Приведите распределение Бозе–Эйнштейна и Ферми–Дирака.
17. Какие частицы называются бозоны и фермионы?
18. Найти среднюю квадратичную $\langle v_{\text{кв}} \rangle$, среднюю арифметическую $\langle v \rangle$ и наиболее вероятную v_v скорости молекул водорода. Вычисления выполнить для трех значений температуры: 1) $T = 20 \text{ К}$; 2) $T = 300 \text{ К}$; 3) $T = 5000 \text{ К}$
19. Какова вероятность W того, что данная молекула идеального газа имеет скорость, отличную от $1/2 v_v$ не более чем на 1%?
20. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу $m = 10^{-18} \text{ г}$. Во сколько раз уменьшится их концентрация при увеличении высоты на $\Delta h = 10 \text{ м}$? Температура воздуха $T = 300 \text{ К}$.
21. Определить силу F , действующую на частицу, находящуюся во внешнем однородном поле силы тяжести, если отношение n_1/n_2 концентрацией частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на $\Delta z = 1 \text{ м}$, равно e . Температуру T считать везде одинаковой и равной 300 К .
22. На какой высоте h над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на её поверхности? Считать, что температура T воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

3. ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ

1. Перечислите явления переноса, происходящие в газах.
2. В чем сущность явлений переноса? Каковы они и при каких условиях возникают?
3. Дайте определение средней длины свободного пробега.
4. Каков физический смысл эффективного сечения молекул?
5. Зависит ли средняя длина свободного пробега молекул от температуры газа? Почему?
6. Как изменится средняя длина свободного пробега молекул с увеличением давления?
7. Объясните физическую сущность законов Фурье, Фика, Ньютона.
8. Каков физический смысл коэффициентов переноса?
9. Представьте графическую зависимость коэффициентов переноса от давления.
10. Что такое молекулярное течение, эффузия газов?
11. Дайте понятие о вакууме.
12. Дайте определение эффекта Кнудсена.
13. Найти среднюю длину свободного пробега λ молекул водорода при давлении $P = 0,1 \text{ Па}$ и температуре $T = 100 \text{ К}$.
14. При каком давлении P средняя длина свободного пробега λ молекул азота равна 1 м , если температура T газа равна 300 К .
15. Баллон вместимостью $V = 10 \text{ л}$ содержит водород массой $m = 1 \text{ г}$. Определить среднюю длину свободного пробега λ молекул.
16. Средняя длина свободного пробега λ атомов гелия при нормальных условиях равна 200 нм . Определить коэффициент диффузии D гелия.

17. Коэффициент диффузии D кислорода при температуре $T = 0^\circ \text{C}$ равен $0,19 \text{ см}^2/\text{с}$. Определить среднюю длину свободного пробега λ молекул кислорода.

4. ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ. РАБОТА И ТЕПЛОТА

1. Каков физический смысл первого начала термодинамики?
2. Возможен ли процесс, при котором теплота, взятая от нагревателя, полностью преобразуется в работу?
3. Что такое теплоемкость газа? Какая из теплоемкостей – C_V или C_p – больше и почему?
4. Как объяснить температурную зависимость молярной теплоемкости водорода?
5. Что такое внутренняя энергия идеального газа? В результате каких процессов может изменяться внутренняя энергия системы?
6. Приведите уравнение Майера. В чем физический смысл универсальной газовой постоянной?
7. Каковы теплоемкости одноатомных и многоатомных газов?
8. Что такое показатель адиабаты?
9. Что называется числом степеней свободы молекулы?
10. В чем суть закона Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул?
11. Почему колебательная степень свободы обладает вдвое большей энергией, чем поступательная и вращательная?
12. Чему равна работа изобарного расширения 1 моль идеального газа при нагревании на 1 К?
13. Нагревается или охлаждается идеальный газ, если он расширяется при постоянном давлении?
14. Температура газа в цилиндре постоянна. Запишите на основе первого начала термодинамики соотношение между сообщенным количеством теплоты и совершенной работой.
15. Газ переходит из одного и того же начального состояния 1 в одно и то же конечное состояние 2 в результате следующих процессов: а) изотермического; б) изобарного; в) изохорного. Рассмотрев эти процессы графически, покажите: 1) в каком процессе работа расширения максимальна; 2) когда газу сообщается максимальное количество теплоты.
16. Газ переходит из одного и того же начального состояния 1 в одно и то же конечное состояние 2 в результате следующих процессов: а) изобарного процесса; б) последовательных изохорного и изотермического процессов. Рассмотрите эти переходы графически. Одинаковы или различны в обоих случаях: 1) изменение внутренней энергии; 2) затраченное количество теплоты?
17. Почему адиабата более крутая, чем изотерма?
18. Как изменится температура газа при его адиабатном сжатии?
19. Что такое политропический процесс?
20. Показатель политропы $n > 1$. Нагревается или охлаждается идеальный газ при сжатии?

21. Найдите удельную теплоемкость гелия, водорода и азота при постоянном объеме.

22. Вычислите теоретический выигрыш в КПД при увеличении степени сжатия бензинового двигателя от 6 до 8?

5. КРУГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ. ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ

1. Что называется, круговым процессом (циклом)?

2. Проанализируйте прямой и обратный циклы.

23. Чем отличаются обратимые и необратимые процессы? Почему все реальные процессы необратимы? Дайте понятие тепловой машины, чем отличается тепловой двигатель от холодильной машины?

3. Для чего необходим холодильник тепловой машине?

4. Возможен ли процесс, при котором теплота, взятая от нагревателя, полностью преобразуется в работу?

5. Сформулируйте теорему Карно.

6. Проанализируйте P, V диаграмму цикла Карно.

7. Представив цикл Карно на диаграмме P, V графически, укажите, какой площадью определяется: 1) работа, совершенная над газом; 2) работа, совершенная самим расширяющимся газом.

8. Как вычисляется работа и КПД цикла Карно?

9. Чем определяется КПД цикла Карно? Какие машины обладают максимальным КПД?

10. Кроме холодильных машин, обратный цикл Карно положен в основу действия тепловых насосов. Поясните как это происходит?

11. Холодильник Карно предназначен для хранения газообразного гелия до температуры 4 К. Сколько джоулей механической энергии требуется для того, чтобы изъять 1 Дж тепла из гелия, находящегося при этой температуре? (Температура горячего резервуара комнатная).

12. Решите предыдущее упражнение для случая, когда температура образца гелия не 4 К, а 0,1 К.

13. Холодильник, основанный на цикле Карно), извлекает из охлаждаемого тела 140 Дж тепла. Это тепло передается теплообменнику, имеющему температуру 27°C . Среднюю температуру тела в процессе охлаждения можно считать равной 7°C . Сколько работы в джоулях нужно затратить на этот процесс?

6. ЭНТРОПИЯ. ВТОРОЕ И ТРЕТЬЕ НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ

1. Дайте понятие приведенной теплоты и энтропии.

2. Дайте определение, размерность и математическое выражение энтропии для различных процессов.

3. Что такое равенство и неравенство Клаузиуса?

4. Как ведет себя энтропия в процессах изменения агрегатного состояния?

5. Как изменяется энтропия при обратимых и необратимых процессах?

6. Приведите известные вам формулировки второго начала термодинамики.

7. Какой двигатель называется двигателем второго рода?

8. Какой вид имеет первое и второе начало термодинамики в объединенной форме?
9. Возможен ли процесс, при котором теплота, взятая от нагревателя, полностью преобразуется в работу?
10. В каком направлении может изменяться энтропия замкнутой системы? незамкнутой системы?
11. Изобразите в системе координат T, S изотермический и адиабатный процессы.
12. Представьте графически цикл Карно в переменных T, S .
13. Дайте понятие свободной и связанной энергии.
14. Что такое энергетическая потеря в изолированной системе?
15. Каков статистический смысл энтропии?
16. Что такое макросостояние и микросостояние системы?
17. Что такое термодинамическая вероятность или статический вес макросостояния?
18. В каком состоянии энтропия и термодинамическая вероятность максимальны?
19. Какова связь между энтропией и термодинамической вероятностью?
20. Гипотеза Клаузиуса о тепловой смерти вселенной и ее опровержение
21. Каковы недостатки первого и второго начала термодинамики?
22. Сформулируйте теорему Нернста.
23. Сформулируйте третье начало термодинамики.
24. Каково следствие третьего начала термодинамики?

7. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных?
2. Запишите и проанализируйте уравнение Ван-дер-Ваальса для 1 моль газа; для произвольного количества вещества.
3. Каков смысл поправок при выводе уравнения Ван-дер-Ваальса?
4. Из чего складывается межмолекулярное взаимодействие?
5. Какие силы действуют между молекулами?
6. Какое влияние оказывают сила притяжения на уравнения состояния идеального газа?
7. Проанализируйте изотермы уравнения Ван-дер-Ваальса.
8. Почему перегретая жидкость и пересыщенный пар являются метастабильными состояниями?
9. При адиабатном расширении газа в вакууме его внутренняя энергия не изменяется. Как изменится температура, если газ идеальный? реальный?
10. Что такое насыщенный пар?
11. Некоторое количество твердого вещества смешано с тем же веществом в жидком состоянии почему при нагревании этой смеси ее температура не поднимается?
12. Что такое фаза? фазовый переход?
13. Чем отличается фазовый переход I рода от фазового перехода II рода?
14. Что можно «вычитать» из диаграммы состояния, используемой для изображения фазовых превращений?
15. Каков критерий различных агрегатных состояний вещества?

16. Каково принципиальное значение уравнения Ван-дер-Ваальса?
17. В сосуде вместимостью $V = 0,3$ л находится углекислый газ, содержащий количество вещества $\nu = 1$ моль при температуре $T = 300$ К. Определить давление P газа: 1) по уравнению Менделеева – Клапейрона; 2) по уравнению Ван-дер-Ваальса.
18. Критическая температура $T_{кр}$ аргона равна 151 К и критическое давление $P_{кр} = 4,86$ МПа. Определить по этим данным критический молярный объем V_m аргона.
19. Определить внутреннюю энергию U азота, содержащее количество вещества $\nu = 1$ моль, при критической температуре $T_{кр} = 126$ К. Вычисления выполнить для четырех значений объемов V : 1) 20 л; 2) 2 л; 3) 0,2 л; 4) $V_{кр}$.
20. Найти внутреннюю энергию U углекислого газа массой $m = 132$ г при нормальном давлении P_0 и температуре $T = 300$ К в двух случаях, когда газ рассматривают: 1) как идеальный; 2) как реальный.
21. Кислород массой $m = 8$ г занимает объем $V = 20$ см³ при температуре $T = 300$ К. Определить внутреннюю энергию U кислорода.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
хорошо (4)	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
удовлетворительно (3)	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
неудовлетворительно (2)	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Теоретические вопросы

- Основное уравнение МКТ. Следствия из уравнения МКТ.
- Газовые законы.
- Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям.
- Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
- Средняя длина свободного пробега молекул газа.
- Явления переноса.
- Число степеней свободы молекул газа. Закон равномерного распределения молекул по степеням свободы.
- Первое начало термодинамики.
- Работа газа при изменении объема газа.
- Теплоемкость идеальных газов.
- Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.

12. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона.
13. Круговые процессы. Обратимые и необратимые процессы.
14. Энтропия и ее статистическое толкование.
15. II начало термодинамики.
16. Тепловые машины. Цикл Карно.
17. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
18. Внутренняя энергия реальных газов.

Тестовые задания

1. Укажите формулу, по которой можно подсчитать общее количество молекул газа в сосуде.

А) $N = \frac{p}{kT}$; Б) $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$; В) $N = n \cdot \frac{m}{M}$; Г) $N = \frac{m}{M}$.

2. Какими эффектами в газе нужно пренебречь, чтобы газ считать идеальным?

- А) Размерами молекул. Взаимодействием молекул на расстоянии.
- Б) Взаимодействием молекул при столкновении.
- В) Столкновениями молекул.
- Г) Массами молекул.

3. Параметрами состояния макросистемы являются ...

- 1) температура, давление;
- 2) давление;
- 3) число степеней свободы молекулы;
- 4) энтропия.

4. Укажите формулу, которая представляет собой уравнение состояния идеального газа.

А) $p = p_0 e^{\frac{-m_0 g h}{kt}}$; Б) $pV = \frac{m}{M} RT$;

В) $p = \frac{1}{3} n m v_{\text{кв}}^2$; Г) $p = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon \rangle$.

5. Укажите формулу, которая выражает основное уравнение кинетической теории газов (уравнение Клаузиуса).

А) $p = nkT$; Б) $pV = \frac{m}{M} RT$;

В) $p = \frac{1}{3} n m v_{\text{кв}}^2$; Г) $p = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon \rangle$.

6. Укажите формулу, которая описывает распределение молекул газа по модулю скоростей.

А) $p = p_0 e^{\frac{-m_0 g h}{kt}}$; Б) $f(v) = A e^{\frac{-m_0 v^2}{2kT}} \cdot v^2$;

В) $n = n_0 e^{\frac{-m_0 g h}{kt}}$; Г) $E_k = \frac{m_2 v^2}{2}$.

7. В состав внутренней энергии системы входят ...

- А) кинетическая энергия движения системы как целого;
- Б) потенциальная энергия взаимодействия молекул и атомов системы;
- В) потенциальная энергия системы во внешних полях;

Г) кинетическая энергия хаотического движения молекул и атомов системы.

8. Температурой тела называется ...

А) величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы.

Б) мера средней кинетической энергии хаотического движения молекул.

В) характеристика агрегатного состояния вещества.

Г) мера внутренней энергии вещества.

9. Газ нагревают при постоянном давлении. Как изменяется плотность газа с изменением температуры?

А) Пропорционально $\sqrt{T}$;

Б) Пропорционально T ;

В) Обратно пропорционально T ;

Г) Не изменяется.

10. Укажите формулу для вычисления внутренней энергии идеального газа.

А) $U = m \frac{i}{2} RT$;

Б) $U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT$;

В) $U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} N_A T$;

Г) $U = \frac{m}{M} N_A k T$.

11. Как зависит внутренняя энергия идеального газа от температуры?

А) $U \sim T$; Б) $U \sim \sqrt{T}$; В) $U \sim T^2$; Г) $U \sim \frac{1}{T}$.

12. Функцией состояния системы являются ...

А) Совершенная работа;

Б) Внутренняя энергия;

В) количество теплоты;

Г) давление.

13. Укажите одну из формулировок первого начала термодинамики.

А). Энтродия замкнутой системы не может убывать.

Б) Невозможен вечный двигатель второго рода, т.е. такой периодически действующий двигатель, который получал бы тепло от одного резервуара и превращал это тепло полностью в работу.

В) Невозможен процесс, единственным конечным результатом которого была бы совершённая работа за счёт получения количества тепла.

Г) Количество тепла, сообщенное системе, идет на изменение внутренней энергии системы и на совершение системой работы над внешними телами.

14. Укажите формулу, которая является математическим выражением первого начала термодинамики.

А) $S = k \log W$; Б) $Q = \Delta U + A$; В) $dS = \frac{\partial Q}{T}$; Г) $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

15. Молярная теплоемкость идеального газа при постоянном объеме равна ...

А) $C_v = \frac{i}{2} R$; Б) $C_v = \frac{i+2}{i} R$; В) $C_v = \frac{i+2}{2} R$; Г) $C_v = 0$.

16. Уравнением Майера называют соотношение ...

А) $C_p - C_v = R$; Б) $Q = \Delta U + A$; В) $C_p = \frac{i+2}{i} R$; Г) $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$.

17. Для какого из процессов при $m = \text{const}$ выполняется равенство $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$?
 А) Изобарного; Б) Адиабатного; В) Изотермического; Г) Изохорного.
18. Для какого из процессов при $m = \text{const}$ выполняется равенство $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$?
 А) Изотермического; Б) Адиабатного; В) Изохорного; Г) Изобарного.
19. Для какого из процессов при $m = \text{const}$ выполняется равенство $p_1 V_1 = p_2 V_2$?
 А) Изотермического; Б) Адиабатного; В) Изохорного; Г) Изобарного.
20. Для какого из процессов при $m = \text{const}$ выполняется равенство $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$?
 А) Изотермического; Б) Адиабатного; В) Изохорного; Г) Изобарного.
21. Работа, совершаемая газом при изобарном процессе равна ...
 А) $A = p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$; Б) $A = 0$; В) $A = \frac{m}{M} C_v (T_1 - T_2)$; Г) $A = p(V_2 - V_1)$.
22. Работа, совершаемая газом при изохорном процесс равна...
 А) $A = p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$; Б) $A = 0$; В) $A = \frac{m}{M} C_v (T_1 - T_2)$; Г) $A = p(V_2 - V_1)$.
23. Работа, совершаемая газом при изотермическом процесс равна...
 А) $A = p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$; Б) $A = 0$; В) $A = \frac{m}{M} C_v (T_1 - T_2)$; Г) $A = p(V_2 - V_1)$.
24. Работа, совершаемая газом при адиабатном процесс равна...
 А) $A = p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$; Б) $A = 0$; В) $A = \frac{m}{M} C_v (T_1 - T_2)$; Г) $A = p(V_2 - V_1)$.
25. Адиабатным процессом называют ...
 А) процесс, происходящий при постоянном объеме;
 Б) процесс, происходящий при постоянном давлении;
 В) процесс, происходящий при постоянной температуре;
 Г) процесс, происходящий без теплообмена с окружающей средой.
26. Укажите формулу, которая определяет КПД любой тепловой машины (в том числе с необратимым циклом).
 А) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$; Б) $\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$; В) $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$; Г) $\eta = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$.
27. КПД обратной тепловой машины зависит ...
 А) от химической природы рабочего вещества.
 Б) от конструкции машины.
 В) от температуры нагревателя и холодильника (теплоприемника).
28. Укажите, какая физическая величина «переносится» при теплопроводности
 А) Кинетическая энергия молекул.
 Б) Масса.
 В) Импульс хаотически движущихся молекул.
 Г) Импульс направленно движущихся молекул.
29. Укажите, какая физическая величина «переносится» при внутреннем трении
 А) Кинетическая энергия молекул.

- Б) Масса.
 - В) Импульс хаотически движущихся молекул.
 - Г) Импульс направленно движущихся молекул.
30. Укажите, какая физическая величина «переносится» при диффузии
- А) Кинетическая энергия молекул.
 - Б) Масса.
 - В) Импульс хаотически движущихся молекул.
 - Г) Импульс направленно движущихся молекул.
31. Причиной процесса теплопроводности является ...
- А) неоднородность плотности.
 - Б) неоднородность температуры.
 - В) неоднородность скорости упорядоченного движения молекул.
 - Г) неоднородность скорости хаотического движения молекул.
32. Вакуумом называется ...
- А) пространство, в котором нет молекул.
 - Б) состояние газа, при котором средняя длина свободного пробега молекул соизмерима с размерами сосуда.
 - В) состояние газа, при котором отсутствует взаимодействие молекул.
 - Г) состояние газа, при давлении газа менее 133,3 Па (1 мм. рт. ст.).

Практические задания

Задачи

1. При некоторых значениях температуры и давления азот количеством вещества занимает объем 20 л. Какой объем при этих же условиях займет водород количеством вещества 1 моль?
2. Как глубоко нужно нырнуть в озеро, чтобы давление на 50% превысило давление на поверхности?
3. Оцените давление и температуру в центре Юпитера. Его масса $1,9 \cdot 10^{27}$ кг, радиус $7,2 \cdot 10^4$ км.
4. В ящике объемом V имеется N частиц, причем средняя кинетическая энергия одной частицы равна E_k . Найдите следующие величины, записав ответ через V, N, E_k и k :
 5. а) полную кинетическую энергию системы;
 6. б) температуру системы;
 7. в) давление системы;
 8. г) что произойдет с давлением и температурой, если удвоить объем системы, соединив ящик с другим пустым ящиком такого же объема?
9. Найти среднюю квадратичную $\langle v_{\text{кв}} \rangle$, среднюю арифметическую $\langle v \rangle$ и наиболее вероятную v_v скорости молекул водорода. Вычисления выполнить для трех значений температуры: 1) $T = 20$ К; 2) $T = 300$ К; 3) $T = 5000$ К
10. Какова вероятность W того, что данная молекула идеального газа имеет скорость, отличную от $1/2 v_v$ не более чем на 1%?
11. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу $m = 10^{-18}$ г. Во сколько раз уменьшится их концентрация n при увеличении высоты на $\Delta h = 10$ м? Температура воздуха $T = 300$ К.

12. Определить силу F , действующую на частицу, находящуюся во внешнем однородном поле силы тяжести, если отношение n_1/n_2 концентрацией частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на $\Delta z = 1 \text{ м}$, равно e . Температуру T считать везде одинаковой и равной 300 К .

13. На какой высоте h над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на её поверхности? Считать, что температура T воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

14. Найти среднюю длину свободного пробега λ молекул водорода при давлении $P = 0,1 \text{ Па}$ и температуре $T = 100 \text{ К}$.

15. При каком давлении P средняя длина свободного пробега λ молекул азота равна 1 м , если температура T газа равна 300 К .

16. Баллон вместимостью $V = 10 \text{ л}$ содержит водород массой $m = 1 \text{ г}$. Определить среднюю длину свободного пробега λ молекул.

17. Средняя длина свободного пробега λ атомов гелия при нормальных условиях равна 200 нм . Определить коэффициент диффузии D гелия.

18. Коэффициент диффузии D кислорода при температуре $T = 0^\circ \text{ С}$ равен $0,19 \text{ см}^2/\text{с}$. Определить среднюю длину свободного пробега λ молекул кислорода.

19. Газ переходит из одного и того же начального состояния 1 в одно и то же конечное состояния 2 в результате следующих процессов: а) изотермического; б) изобарного; в) изохорного. Рассмотрев эти процессы графически, покажите: 1) в каком процессе работа расширения максимальна; 2) когда газу сообщается максимальное количество теплоты.

20. Газ переходит из одного и того же начального состояния 1 в одно и то же конечное состояние 2 в результате следующих процессов: а) изобарного процесса; б) последовательных изохорного и изотермического процессов. Рассмотрите эти переходы графически. Одинаковы или различны в обоих случаях: 1) изменение внутренней энергии; 2) затраченное количество теплоты?

21. Почему адиабата более крутая, чем изотерма?

22. Как изменится температура газа при его адиабатном сжатии?

23. Что такое политропический процесс?

24. Показатель политропы $n > 1$. Нагревается или охлаждается идеальный газ при сжатии?

25. Найдите удельную теплоемкость гелия, водорода и азота при постоянном объеме.

26. Вычислите теоретический выигрыш в КПД при увеличении степени сжатия бензинового двигателя от 6 до 8?

27. Холодильник Карно предназначен для хранения газообразного гелия до температуры 4 К . Сколько джоулей механической энергии требуется для того, чтобы изъять 1 Дж тепла из гелия, находящегося при этой температуре? (Температура горячего резервуара комнатная).

28. Решите предыдущее упражнение для случая, когда температура образца гелия не 4 К , а $0,1 \text{ К}$.

29. Холодильник, основанный на цикле Карно, извлекает из охлаждаемого тела 140 Дж тепла. Это тепло передается теплообменнику, имеющему температуру 27° С . Среднюю температуру тела в процессе

охлаждения можно считать равной 7°C . Сколько работы в джоулях нужно затратить на этот процесс?

30. В сосуде вместимостью $V = 0,3$ л находится углекислый газ, содержащий количество вещества $\nu = 1$ моль при температуре $T = 300$ К. Определить давление P газа: 1) по уравнению Менделеева – Клайперона; 2) по уравнению Ван-дер-Ваальса.

31. Критическая температура $T_{\text{кр}}$ аргона равна 151 К и критическое давление $P_{\text{кр}} = 4,86$ МПа. Определить по этим данным критический молярный объем V_m аргона.

32. Определить внутреннюю энергию U азота, содержащее количество вещества $\nu = 1$ моль, при критической температуре $T_{\text{кр}} = 126$ К. Вычисления выполнить для четырех значений объемов V : 1) 20 л; 2) 2 л; 3) 0,2 л; 4) $V_{\text{кр}}$.

33. Найти внутреннюю энергию U углекислого газа массой $m = 132$ г при нормальном давлении P_0 и температуре $T = 300$ К в двух случаях, когда газ рассматривают: 1) как идеальный; 2) как реальный.

34. Кислород массой $m = 8$ г занимает объем $V = 20$ см³ при температуре $T = 300$ К. Определить внутреннюю энергию U кислорода.

Тестовые задания

Вопрос №1.

Найдите внутреннюю энергию 10 моль одноатомного газа при температуре 300 К.

А) 37,4 кДж; Б) 37,4 Дж; В) 62,3 кДж; Г) 50,67 Дж.

Вопрос №2.

Найдите внутреннюю энергию гелия, заполняющего аэростат объемом $V = 60$ м³ при давлении $p = 100$ кПа.

А) $9 \cdot 10^6$ Дж; Б) 90,0 Дж; В) $6 \cdot 10^3$ Дж; Г) 50 Дж.

Вопрос №3.

В цилиндре при $t = 20^{\circ}\text{C}$ находится 2 кг воздуха под давлением $p = 9,8 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$.

. Найдите работу воздуха при его изобарном нагревании на $\Delta t = 100^{\circ}\text{C}$, молярная масса воздуха $M = 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

А) $57,3 \cdot 10^3$ Дж; Б) $213,8 \cdot 10^3$ Дж; В) $12 \cdot 10^3$ Дж; Г) 0,5 Дж.

Вопрос №4.

Найдите давление одноатомного газа, занимающего объем 2 л, если его внутренняя энергия равна 200 Дж?

А) 66,7 кПа; Б) 15 кПа; В) $2,0 \cdot 10^5$ Па; Г) 1,2 Па.

Вопрос №5.

Найдите увеличение внутренней энергии 4 кг водорода при повышении его температуры на 5 К. $c_p = 14 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$, $M = 2,0 \cdot 10^{-3}$ кг/моль?

А) $107 \cdot 10^3$ Дж; Б) $197 \cdot 10^3$ Дж; В) $1,7 \cdot 10^3$ Дж; Г) 197 Дж.

Вопрос №6.

Гелий нагревался при постоянном давлении. При этом ему сообщили 20 кДж теплоты. Определите изменение внутренней энергии газа и совершенную им работу.

- А) $\Delta U = 12 \text{ кДж}$, $A = 8 \text{ кДж}$; Б) $\Delta U = 2 \text{ кДж}$, $A = 8 \text{ кДж}$; В) $\Delta U = 120 \text{ кДж}$, $A = 5 \text{ кДж}$; Г) $\Delta U = 1,2 \text{ кДж}$, $A = 0,8 \text{ кДж}$.

Вопрос №7.

Два моля газа находятся в баллоне, объем которого 35л под давлением 1 атмосфера. Какова температура газа?

- А) 421K; Б) 2,11K; В) 211K; Г) 102K.

Вопрос №8.

Разность удельных теплоемкостей $c_p - c_v$ некоторого двухатомного газа равна

$260 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$. Найти молярную массу М и его удельные теплоемкости c_v и c_p .

- А) $0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; $650 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$; $910 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$;

- Б) $0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; $350 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$; $910 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$;

- В) $0,082 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; $650 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$; $910 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$;

- Г) $0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; $150 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$; $710 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$.

Вопрос №9.

Найдите давление газа, концентрация которого при температуре 300K равна 10^{24} м^{-3} .

- А) 4,1кПа; Б) 11кПа; В) $6 \cdot 10^5 \text{ Па}$; Г) 3,2Па.

Вопрос №10.

На сколько изменится внутренняя энергия 200 г гелия при увеличении его температуры на 20K?

- А) 12,5 кДж; Б) 15 кДж; В) 1,25 кДж; Г) 100 кДж.

Вопрос №11.

При протекании изотермического процесса величиной, равной нулю, является

- А) ΔU ; Б) Q; В) A; Г) PV.

Вопрос №12.

Причиной процесса теплопроводности является ...

- А) неоднородность температуры.
 Б) неоднородность плотности.
 В) неоднородность скорости упорядоченного движения молекул.
 Г) неоднородность скорости хаотического движения молекул.

Вопрос №13.

Температура газа повысилась в 4 раза. Как изменяется величина наиболее вероятной скорости молекул?

- А). Уменьшится в 2 раза. Б). Останется неизменной.
 В). Увеличится в 2 раза. Г). Увеличится в 4 раза.

Вопрос №14.

Определить среднюю длину свободного пробега молекул воздуха при н. у. Эффективный диаметр молекулы считать равным $d=3 \times 10^{-10}$ м.

- А) $9,52 \cdot 10^{-8}$ м; Б) $9,52 \cdot 10^{-3}$ м; В) $3,8 \cdot 10^{-6}$ м; Г) $5 \cdot 10^{-1}$ м.

Вопрос №15.

Средняя квадратичная скорость молекул кислорода при 293К?

- А). 480 м/с; Б) 120 м/с; В) 180 м/с ; Г) $48 \cdot 10^6$ м/с .

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)