

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА**

Кафедра Общей физики

Образовательная программа бакалавриата  
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

Направленность(профиль) программы:  
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Форма обучения:  
очная

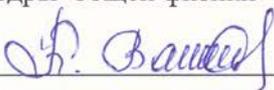
Статус дисциплины:  
*Входит в обязательную часть*

Махачкала, 2022 год

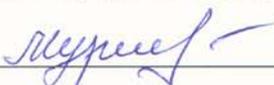
Рабочая программа дисциплины «Молекулярная физика» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника от 19 сентября 2017 г. N 927 (Редакция с изменениями №1456 от 26.11.2020 г.).

Разработчик(и): кафедра общей физики, Абрамова Б.А., кф.-м-н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры общей физики от « 15 » марта 2022г., протокол № 2

Зав. кафедрой  Курбанисмаилов В.С.

На заседании Методической комиссии Физического факультета от « 23 » марта 2022 г., протокол №7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

« 31 » марта 2022г.  
Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины.

Дисциплина «Молекулярная физика» является составной частью курса общей физики.

Дисциплина «Молекулярная физика» входит в обязательную часть ОПОП *бакалавриата* по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Дисциплина читается в 2-ом семестре 1-ого курса и базируется на знаниях, полученных в школе и читаемых параллельно дисциплинах.

Дисциплина реализуется на физическом факультете ДГУ кафедрой общей физики.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-1, ОПК-2.

При изучении дисциплины применяются следующие формы занятий: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа, консультации и образовательные технологии;

объяснительно-иллюстративные, проблемно-поисковые, активные и интерактивные, информационные, компьютерные, мультимедийные и другие.

При изучении дисциплины применяются следующие формы занятий:

- лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа, консультации и образовательные технологии;
- объяснительно-иллюстративные, проблемно-поисковые, активные и интерактивные, информационные, компьютерные, мультимедийные и другие.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов: контроля успеваемости в форме – *контроля текущей успеваемости, контрольная работа, коллоквиум и пр.)* и промежуточный контроль в форме *экзамена*.

Объем дисциплины 6 зачетных единиц, в том числе 216 в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		всего	из них						
	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации				
2	216	98	32	34	32			82/36	экзамен

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) «Молекулярная физика» являются:

- ознакомление студентов с современной физической картиной мира;
- приобретения навыков экспериментального исследования физических явлений и процессов;
- изучения теоретических методов анализа физических явлений;
- обучения грамотному применению положений фундаментальной физики к научному анализу ситуаций, с которыми бакалавру придется сталкиваться в профессиональной деятельности;
- выработки у студентов основ естественнонаучного мировоззрения и ознакомления с историей развития физики и основных её открытий.

#### **Задачи дисциплины:**

- раскрыть содержание основных законов молекулярной физики;
- сформировать у студентов умение самостоятельно строить модели простейших физических процессов, самостоятельно решать конкретные физические задачи и анализировать экспериментальные результаты;
- дать студентам базовую фундаментальную подготовку для изучения специальных курсов, входящих в план подготовки бакалавра физики;
- освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в природе, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных профессиональных задач;
- ознакомление студентов с историей и логикой развития физики и основных её открытий;
- содействие становлению профессиональной компетентности будущего педагога через усвоение студентами научных знаний по дисциплине,
- овладение навыками в решении физических задач, теоретическими и экспериментальными методами исследований,
- формирование у студентов целостного представления об основных явлениях и законах молекулярной физики и термодинамики, о роли данного раздела физики в образовательном процессе.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата.**

Дисциплина «Молекулярная физика» входит в обязательную часть ОПОП бакалавриата по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

К исходным требованиям, необходимым для изучения дисциплины «Молекулярная физика», относятся знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин: Введение в информационные технологии», «Информационные технологии и программирование», «Математический анализ», «Экология», «Механика».

Дисциплина «Молекулярная физика» является основой для изучения дисциплин: «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Атомная и ядерная физика», «Практикум по решению физических задач», «Физика конденсированного состояния», «Квантовая механика и статистическая физика», а также для прохождения учебной и производственной практик.

**3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения и процедура освоения).**

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
<p>ОПК-1</p> <p>Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Анализирует и обрабатывает научно-техническую информацию по естественным наукам и математике для решения поставленной инженерной задачи</p>	<p><b><u>Знает:</u></b> - основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности .</p> <p><b><u>Умеет:</u></b> - применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера <b><u>Владеет:</u></b> - навыками находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p>	<p>Устный и письменный опрос</p>
	<p>ОПК-1.2. Использует положения законы и методы естественных наук и математики для решения поставленной инженерной задачи</p>	<p><b><u>Знает:</u></b> - основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</p> <p><b><u>Умеет:</u></b> - применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера</p> <p><b><u>Владеет:</u></b> - навыками находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p>	<p>Устный и письменный опрос</p>
<p>ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и</p>	<p>ОПК-2.1. Планирует экспериментальные исследования для решения поставленной задачи</p>	<p><b><u>Знает:</u></b> - методы планирования эксперимент для решения поставленной задачи.</p> <p><b><u>Умеет:</u></b> - рассматривать</p>	<p>Устный и письменный опрос</p>

использовать основные приемы обработки и представления полученных данных		возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки. <b>Владеет:</b> - навыками формулировать в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.	
	ОПК-2.2. Самостоятельно проводит экспериментальные исследования, использует основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	<b>Знает:</b> - основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации - основные приемы обработки и представления экспериментальных данных <b>Умеет:</b> - выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования - использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных <b>Владеет:</b> - проведения экспериментальных исследований для решения поставленных инженерных задач - способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	Устный и письменный опрос  <i>Теоретические основы электротехники Схемотехника Материалы электронной техники Физические основы электроники Метрология, стандартизация и технические измерения Нанoeлектроника Компоненты электронно</i>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет  6  зачетных единиц,  216  академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/ п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточно й аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Самостоятельн ая работа в т.ч. экзамен	
<b>Модуль 1. Введение. Молекулярно-кинетическая теория</b>								
1	Основные понятия молекулярной физики. Элементы кинетической теории	2	1	1	2		2	Устный опрос; тестирование
2	Уравнения состояния (термическое и калорическое). Идеальный и неидеальный газы.	2	2	1	2		2	Устный и письменный опрос; тестирование
3	Законы идеальных газов. Уравнения состояния идеального газа		2	2	2		2	
4	Основные понятия теории вероятности. Плотность вероятности. Биномиальное распределение. Дисперсия. Распределение Пуассона. Распределение Гаусса.	2	1	2			2	Устный опрос; тестирование
4	Распределение Максвелла. Распределение молекул по компонентам скорости.	2	1	1			4	Устный опрос; тестирование
5	Распределение Больцмана. Распределение молекул в поле сил тяжести.	2	1	1			2	Устный опрос; тестирование
<b>Итого за 1 модуль</b>		<b>2</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>		<b>14</b>	
<b>Модуль 2. Термодинамика. Термодинамический метод</b>								
1	Молекулярно-кинетические характеристики газов,	2	1	1				Устный и письменный опрос;

	жидкостей и твердых тел.							тестирование
2	Явления переноса	2	2	1	4		4	Тестирование. Контрольная работа
3	Термодинамические системы. Первоначало термодинамики. Работа, теплота, внутренняя энергия. Функции состояния. Термическое и калорическое уравнения состояния.	2	2	2	2		4	Устный и письменный опрос; тестирование.
4	Циклические процессы. Работа прициклическом процессе.	2	1	1			2	Устный опрос; тестирование.
5	Классическая теория теплоёмкостей. Закон равном распределения энергии теплового движения по степеням свободы. Элементы квантовой теории теплоёмкостей.	2	2	1	2		4	Устный опрос; тестирование. Коллоквиум
	<b>ИТОГО: за 2 модуль</b>		<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>		<b>14</b>	
<b>Модуль 3. Второе начало термодинамики. Энтропия. Реальный газ. Жидкости.</b>								
1	Второе начало термодинамики. Энтропия. Формулировки второго начала. Тепловая машина. Определение КПД тепловой машины. Цикл Карно. Теорема Карно. Неравенство Клаузиуса.	2	2	4	4		6	
2	Реальные газы. Газ Ван-дер-Ваальса как модель реального газа.	2	2	2			6	Устный опрос; тестирование.
3	Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томсона	2	2	2			6	Устный опрос, проверка домашнего задания, самостоятельная работа, контрольная работа, коллоквиум
	<b>ИТОГО за 3 модуль:</b>	2	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>4</b>		<b>18</b>	
<b>Модуль 4. Фазовые переходы</b>								
1	Фазовые переходы I и II рода. Химический потенциал.	2	2	1	2		10	Устный и письменный опрос,

2	Кривая фазового равновесия. Условие равновесия фаз.	2	2	1	2		10	Тестирование Устный опрос, коллоквиум
3	Уравнение Клапейрона–Клаузиуса		2	2	2			
	<b>ИТОГО по модулю 4</b>		<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>20</b>	
<b><i>Модуль 5. Поверхностные явления. Твердые тела.</i></b>								
	Термодинамика поверхности. Свободная энергия поверхности. Краевые углы. Смачивание и несмачивание. Формула Лапласа.	2	2	3	6		8	Устный опрос; тестирование.
	Теплофизические свойства твёрдых тел. Термодинамика деформации твёрдых тел..	2	2	3	4		8	Устный опрос; тестирование. Контрольная работа
	<b>Итого по модулю 5</b>		<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>		<b>16</b>	
<b><i>Модуль 6. Подготовка к экзаменам</i></b>							<b>36</b>	
	<b>Итого</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>34</b>		<b>118</b>	<b><i>Экзамен</i></b>

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

#### **Модуль 1. Введение. Молекулярно-кинетическая теория.**

Тема 1. Основные понятия молекулярной физики. Элементы кинетической теории.

Содержание темы.

Основные понятия молекулярной физики и термодинамики: предмет исследования, его характерные особенности. Задачи молекулярной физики. Макроскопические параметры. Агрегатные состояния вещества.

Тема 2. Уравнения состояния (термическое и калорическое).

Содержание темы.

Идеальный и неидеальный газы. Давление идеального газа как функция кинетической энергии молекул. Соотношение между температурой идеального газа и кинетической энергией его молекул. Законы идеальных газов. Уравнения состояния идеального газа. Термодинамическая система. Термодинамические параметры. Нулевое начало термодинамики. Определение температуры идеального газа. Равновесное и неравновесное состояния. Квасистатические, обратимые и необратимые термодинамические процессы.

**Тема 3. Основные понятия и элементы теории вероятности.**

Содержание темы.

Условие нормировки. Плотность вероятности. Средние величины и дисперсия. Биномиальный закон распределения. Распределение Пуассона. Распределение Гаусса. Распределения Максвелла и Больцмана.

#### **Тема 4. Распределения Максвелла.**

Содержание темы.

Распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости. Доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости. Распределения Максвелла по энергиям. Среднее число ударов молекул, сталкивающихся в единицу времени с единичной площадкой.

Средняя энергия молекул, вылетающих в вакуум через малое отверстие в сосуде.

#### **Тема 5. Распределение Больцмана.**

Содержание темы.

Распределение Больцмана в однородном поле сил. Барометрическая формула. Распределение Максвелла–Больцмана.

### **Модуль 2. Термодинамика. Термодинамический метод.**

#### **Тема 1. Молекулярно-кинетические характеристики газов, жидкостей и твердых тел.**

Содержание темы.

Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение. Длина свободного пробега. Распределение молекул по длинам свободного пробега. Число столкновений молекул между собой.

#### **Тема 2. Явления переноса.**

Содержание темы.

Диффузия: закон Фика. Внутреннее трение (перенос импульса): закон Ньютона-стокса.

Теплопроводность: закон Фурье. Уравнение переноса. Явление переноса в газах. Связь коэффициентов переноса с молекулярно-кинетическими характеристиками газа.

#### **Тема 3. Термодинамическая система. Термодинамические функции и их свойства.**

Содержание темы.

Термодинамические параметры. Определение температуры идеального газа. Равновесное и неравновесное состояния. Квазистатические, обратимые и необратимые термодинамические процессы. Первое начало термодинамики. Работа, теплота, внутренняя энергия. Функции состояния. Термическое и калорическое уравнения состояния.

#### **Тема4.Теплоёмкость.**

Содержание темы.

Теплоёмкость идеальных газов при постоянном объёме и постоянном давлении, уравнение Майера. Адиабатический и политропический процессы. Уравнения адиабаты и политропы для идеального газа. Независимость внутренней энергии идеального газа от объёма. Классическая теория теплоёмкостей. Закон о равном распределении энергии теплового движения по степеням свободы. Теплоёмкость кристаллов (закон Дюлонга–Пти). Элементы квантовой теории теплоёмкостей. Характеристические температуры. Зависимость теплоёмкости от температуры.

#### **Модуль3. Второе начало термодинамики. Энтропия. Реальный газ. Жидкости.**

##### **Тема1.Второе начало термодинамики.**

Содержание темы.

Формулировки второго начала. Содержание темы. о начала. Тепловая машина. Определение КПД тепловой машины. Цикл Карно. Теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Максимальность КПД цикла Карно по сравнению с другими термодинамическими циклами. Холодильная машина. Эффективность холодильной машины. Тепловой насос. Эффективность теплового насоса, работающего по циклу Карно. Связь между коэффициентами эффективности теплового насоса и холодильной машины.

##### **Тема2.Энтропия.**

Содержание темы.

Термодинамическое определение энтропии. Закон возрастания энтропии. Энтропия идеального газа. Энтропия в обратимых и необратимых процессах. Адиабатическое расширение идеального газа в вакуум. Объединённое уравнение первого и второго начал термодинамики.

Третье начало термодинамики. Теорема Нернста. Изменение энтропии и теплоёмкости при приближении температуры к абсолютному нулю.

##### **Тема3 . Газ Ван-дер-Ваальса как модель реального газа.**

Содержание темы.

Уравнение адиабаты газа Ван-дер-Ваальса. Правило Максвелла и правило рычага. Критические параметры и приведённое уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.

##### **Тема 4. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса.**

Содержание темы.

Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томсона. Адиабатическое расширение газа Ван-дер-Ваальса в вакуум. Энтропия газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля–Томсона. Адиабатическое расширение, дросселирование.

#### **Модуль 4. Фазовые переходы**

Содержание темы

##### **Тема1**

Фазовые переходы I и II рода. Химический потенциал. Условие равновесия фаз. Кривая фазового равновесия.

##### Тема2.

Уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Диаграмма состояния двух фазной системы «жидкость–пар». Зависимость теплоты фазового перехода от температуры. Критическая точка. Тройная точка.

##### Тема3

Диаграмма состояния «лёд–вода–пар». Метастабильные состояния. Перегретая жидкость и переохлаждённый пар.

#### **Модуль5. Поверхностные явления. Теплофизические свойства твёрдых тел**

##### **Тема 1. Поверхностные явления.**

Содержание темы.

Поверхностные явления. Термодинамика поверхности. Свободная энергия поверхности. Краевые углы. Смачивание и несмачивание. Формула Лапласа. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Кипение. Роль зародышей при образовании новой фазы. Поверхностное натяжение. Свободная поверхностная энергия. Условие равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость - твердое тело. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления. Поверхностно-активные вещества.

##### **Тема 2. Твёрдые тела. Теплофизические свойства твёрдых тел.**

Содержание темы.

Твёрдые тела. Кристаллические и аморфные твёрдые тела. Симметрия твёрдых тел. Элементы симметрии. Точечные группы симметрии. Кристаллическая решетка. Примитивная решетка. Базис примитивной решетки. Трансляционная симметрия. Пространственные группы. Элементы симметрии решетки. Кристаллические классы и решетки Бравэ. Кристаллографические системы координат. Обозначения атомных плоскостей и направлений.

Дефекты кристаллической решетки (точечные и линейные) и их влияние на механические свойства твёрдых тел. Кристаллизация и плавление. Кристаллизация и сублимация. Фазовые диаграммы. Аномальные вещества. Фазовые переходы первого и

второго рода. Основные количественные сведения о сплавах, твердых растворах и полимерах. Фазовые диаграммы сплавов и твердых растворов. Макромолекулы. Классификация макромолекул. Кристаллическая структура полимеров.

#### 4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

Модуль 1		
Название темы	Содержание темы	Объем в часах
Основные понятия молекулярной физики. Элементы кинетической теории Распределение Максвелла. Распределение Больцмана	<u>Законы идеальных газов</u> ([1]). Задачи: №6.1- 6.10 ([2]); Задачи: №5.1-5.17([3]);  Распределения Максвелла по энергиям([1]). Распределение Больцмана в однородном поле сил([1]). Задачи: №6.14.1-6.20([2]); Задачи: №5.70-5.86([3]);	8
Модуль 2		
Явления переноса. Первое начало термодинамики. Работа, теплота, внутренняя энергия. Функции состояния Теплоёмкость	<u>1-е начало термодинамики</u> ([1]). Задачи: №6.25.1-6.45([2]); Задачи: №5.70-5.86([3]); <u>Теплоемкость.</u> Задачи: №6.32-6.42([2]); Задачи: №5.163-5.171([3]);	6
Модуль 3		
Второе начало термодинамики. Энтропия..	<u>2.-е начало термодинамики</u> ([1]). Задачи: №6.137 - 6.147([2]); Задачи: №5.177-5.195([3]); <u>Энтропия.</u> Задачи: №6.156-6.173([2]); Задачи: №5.197-5.216([3]);	8
Модуль 4		
Реальный газ Фазовые переходы	<u>Реальный газ</u> ([1]). Задачи: №6.1.- 6.25([3]);	4
Модуль 5		
Поверхностные явления. Термодинамика твердых тел	<u>Жидкости. Капиллярные явления</u> ([1]). Задачи: №6.297-6.312([2]); Задачи: №7.43-7-58[3]; №7-72-7-75 <u>Твердое тело</u> Задачи: №6.248-6.254([2]); Задачи: №5.197-5.216([3]);	6

1.Савельев И.В. Курс общей физики : в 3-х т. Т.1 : Механика. Молекулярная физика /. - 10-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2008. - 432 с.

2.Иродов И.Е. Задачи по общей физике. Учебное пособие для вузов. 4-е изд., исправленное, - М.: Лаборатория Базовых знаний, 2001 – 432с.

3.Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики..Изд. 3-е, исправленное и доп. – СПб., : Книжный мир 2007. -328с.

### 4.3.3. Содержание лабораторных занятий по дисциплине. Модуль 1. Название модуля

Лабораторные занятия по дисциплине «Молекулярная физика» проводятся в специально оборудованных в двух лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследования, методических пособий, компьютерных средств обработки результатов измерений. Вместимость каждой лаборатории составляет 14 студентов.

Главные задачи практикума:

1. Научить студентов применять теоретический материал программного курса к анализу эксперимента;
2. Ознакомить с приборами и измерительной аппаратурой;
3. Привить практические навыки с измерительной аппаратурой и экспериментальными установками, ознакомить с техникой безопасности при проведении эксперимента;
4. Обладать культурой записи полученной информации, правильным представлением полученных результатов в виде графиков, схем и таблиц. В ходе выполнения работы студент должен научиться:
  1. Планировать эксперимент так, чтобы точность измерений соответствовала поставленной цели;
  2. Учитывать возможность систематических ошибок и принимать меры для их устранения;
  3. Анализировать результаты проведенного эксперимента и делать правильные выводы;
  4. Вести запись результатов измерений аккуратно, грамотно и кратко. Работой студенческой группы в лаборатории руководят преподаватели. Ко всем лабораторным работам имеются методические указания.

#### Перечень лабораторных работ по молекулярной физике

№и названия разделов и тем	Цель и содержание лабораторной работы	Результаты лабораторной работы
<b>Модуль 1.</b>		
<b>Лабораторная работа №1.</b> Определение коэффициента вязкости воздуха капиллярным методом	Изучение внутреннего трения – вязкости воздуха, как одного из явлений переноса в газах	Численно вычислить вязкость воздуха в лаборатории
<b>Лабораторная работа №2.</b> Определение коэффициента теплопроводности методом нагретой нити.	Изучение теплопроводности воздуха как одного из явлений переноса воздуха	Найти численное значение теплопроводности воздуха в лаборатории
<b>Модуль 2.</b>		
<b>Лабораторная работа №3.</b> Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара.	Изучение диффузии как одного из явлений переноса	Вывод расчетной формулы для определения коэффициента взаимной диффузии. Найти численное значение коэффициента взаимной диффузии.
<b>Лабораторная работа №4.</b>	Определение отношения	Вывести формулу для опре

Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме.	$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$	деления $\gamma$ и вычислить экспериментально.
<b>Модуль 3.</b>		
<b>Лабораторная работа №5.</b> Получение и измерение высокого вакуума.	Изучить принцип работы вакуумной установки (форвакуумной и диффузионной) и приборов для изучения вакуума	Получить вакуум $\sim 10^{-4}$ мм.рт.ст. Определить скорость откачки
<b>Лабораторная работа №6.</b> Определение теплоемкости твердых тел.	Определение теплоемкости образцов различных металлов колориметрическим методом	Вывести формулу для экспериментального определения теплоемкости ТТ и экспериментально найти зависимость теплоемкости от температуры
<b>Лабораторная работа №7.</b> Определение теплоты парообразования воды.	Определение удельной и молярной теплоты парообразования воды	Вывести основную рабочую формулу, используемую в данной работе и вычислить теплоту парообразования воды и насыщенного пара
<b>Модуль 4.</b>		
<b>Лабораторная работа №8.</b> Определение изменения энтропии при нагревании и плавлении олова.	Ознакомление с понятием энтропии	Измерить изменения энтропии при увеличении температуры. Вывести расчетную формулу изменения $\Delta S$ и объяснить.
<b>Лабораторная работа №9.</b> Определение молярной массы и плотности газа методом откачки.	Ознакомление с методом определения молярной массы и плотности газа	Вывести расчетную формулу для определения молярной массы методом взвешивания
<b>Лабораторная работа 10.</b> Определение скрытой теплоты кристаллизации и плавления вещества.	Ознакомиться с определением удельной скрытой теплоты кристаллизации	Вывести формулу измерения удельной открытой теплоты кристаллизации и вычислить эту величину для олова
<b>Модуль 5.</b>		
<b>Лабораторная работа 11.</b> Определение термодинамического коэффициента давления с помощью газового термометра	Определение термического коэффициента давления и абсолютной температуры таящего льда	Вывести формулу для определения термического коэффициента давления при любой температуре на этом основании найти абсолютную температуру таящего льда.
<b>Лабораторная работа 12.</b> Измерение коэффициента поверхностного натяжения.	Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости	Найти жидкость с наименьшим коэффициентом поверхностного натяжения.

## 5 Образовательные технологии

### 5.1. Форма проведения лекционных занятий:

- чтение лекций в традиционной форме;
- интерактивные лекции с применением мультимедиа-технологий (электронные презентации);
- показ слайдов, фрагментов диафильмов и видеофильмов по различным темам;
- показ демонстрационного эксперимента.

### 5.2. Форма проведения практических занятий:

- разбор и численное решение типовых задач и задач повышенной сложности по основным разделам дисциплины «молекулярная физика»;
- проведение самостоятельных работ;
- проведение контрольных работ;
- проверка и разбор домашних заданий.

### 5.3. Форма выполнения самостоятельной работы:

- изучение дополнительных тем по рекомендуемой литературе;
- решение задач домашнего задания.

По всему лекционному материалу должен быть подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для выполнения физического практикума и подготовке к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки по курсу молекулярной физики, которая в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках *лабораторного практикума* используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты приобретают навыки, опыт общения с ЭВМ и использования статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Для формирования навыков самостоятельной познавательной деятельности необходимо использовать различные формы самостоятельной

работы: работу с учебной литературой, ответы на вопросы и задания для самоконтроля, выполнение самостоятельного решения задач. При работе с учебной литературой рекомендуется использовать различные приемы работы с текстом.

1. Конспектирование – краткая запись, краткое изложение содержания прочитанного. Различают сплошное, выборочное, полное, краткое конспектирование. Конспектировать можно от первого лица или от третьего лица. Предпочтительнее конспектировать от первого лица, т.к. в этом случае лучше развивается самостоятельность мышления.

2. Тестирование – краткое изложение основных идей в определенной последовательности.

3. Реферирование – обзор одного или ряда источников. Контроль за результатами работы осуществляется в виде ответов на вопросы выполнения заданий для самоконтроля и решение задач. Если в процессе самостоятельной работы возникают затруднения (непонимание отдельных положений дисциплины, трудности в решении задач и др.), обучающемуся следует обратиться за консультацией на кафедру к преподавателю, ведущему занятия в соответствующей группе. Основная форма контроля знаний по окончании изучения дисциплины – это экзамен.

Студентам предоставляется раздаточный материал: тезисы лекций, перечень обязательных задач, методическое пособие, методическое пособие подготовленное сотрудниками, указанное в дополнительной литературе.

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по практическим занятиям, охватывающий базовые вопросы курса: в конце семестра.

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
<b>Модуль 1. Введение. Молекулярно-кинетическая теория</b>			
1. Элементы кинетической теории газов	проработка учебного материала, решение задач, доклад, контрольная работа подготовка к сдаче экзамена	6	Устный опрос, проверка решения задач

2. Статистические распределения	<i>проработка учебного материала, решение задач, контрольная работа подготовка к сдаче зачету и экзамена.</i>	8	<i>Устный опрос, решение задач. Реферат..</i>
<b>Итого за 1 модуль</b>		<b>14</b>	
<b>Модуль 2. Термодинамика. Термодинамический метод.</b>			
1. Явления переноса	<i>проработка учебного материала, решение задач, контрольная работа подготовка к сдаче зачету и экзамена.</i>	4	<i>Устный опрос, реферат, решение задач</i>
1-начала термодинамики. Циклические процессы.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена .</i>	<b>6</b>	<i>Устный опрос, реферат, решение задач</i>
3. Классическая теория теплоемкости.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена.</i>	<b>4</b>	<i>Устный опрос, реферат, решение задач</i>
<b>Итого за 2 модуль</b>		<b>14</b>	
<b>Модуль3. Модуль 3. Второе начало термодинамики. Энтропия. Реальный газ. Жидкости.</b>			
4. 2-начала термодинамики. Энтропия.	<i>проработка учебного материала, решение задач, контрольная работа подготовка к сдаче экзамена.</i>	<b>6</b>	<i>Устный опрос, реферат, решение задач тестирование</i>
5 Реальные газы и жидкости.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена</i>	<b>6</b>	<i>Устный опрос, реферат, решение задач тестирование</i>
6.Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томсона	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена</i>	<b>6</b>	
<b>Итого за 3 модуль</b>		<b>18</b>	
<b>Модуль 4. Фазовые переходы</b>			

7.Фазовые переходы Фазовые переходы I и II рода	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена</i>	10	Устный опрос, <i>решения задач, реферат</i>
8.Кривая фазового равновесия. Условие равновесия фаз. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена</i>	10	Устный опрос, <i>решения задач, реферат</i>
<b>Итого за 4 модуль</b>		20	
<b>Модуль 5. Поверхностные явления. Свойства твердых тел.</b>			
10. Термодинамика поверхности.	проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена.	8	Устный опрос, <i>реферат, экзамен.</i>
10. Теплофизические свойства твёрдых тел.	проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена.	8	Устный опрос, <i>реферат, экзамен.</i>
<b>Итого за 5 модуль</b>		16	

**7. Фонд оценочных средств для проведения текущего  
контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам  
освоения дисциплины**

**7.1. Типовые контрольные задания.**

**7.1.1. Вопросы к коллоквиумам**

**Вопросы к коллоквиуму №1**

1. Агрегатные состояния вещества. Основные признаки агрегатных состояний. Модель идеального газа.
2. Методы рассмотрения систем многих частиц: динамический, статистический, термодинамический.
3. Основные математические понятия теории вероятностей. Случайное событие, достоверное и невозможное, несовместимые события, противоположные события. Сумма и произведение событий. Полная группа событий. Вероятность случайного события. Частотное и классическое определение вероятности. Основные свойства вероятностей, вероятность достоверного и невозможного события, нормировка вероятностей. Сложение вероятностей независимых случайных событий. Умножение вероятностей случайных событий. Условная вероятность.
4. Случайные величины: дискретные и непрерывные. Плотность вероятности непрерывного случайного события. Закон распределения случайной величины.
5. Характеристики распределений. Среднее значение и математическое ожидание. Свойства математического ожидания. Средний квадрат случайной величины. Дисперсия. Среднее по времени и среднее по ансамблю.
6. Биномиальный закон распределения случайных величин.

7. Среднее число частиц в выделенном объеме.
8. Понятие флуктуации. Абсолютная и относительная флуктуация среднего числа частиц в выделенном объеме.
9. Распределение молекул идеального газа по компонентам скорости.
10. Постулат равновероятности и эргодическая гипотеза.
11. Понятие о макрораспределении, микрораспределении и способе подсчета числа микрораспределений. Расчет вероятностей макросостояния.
12. Распределение Максвелла. Распределение молекул идеального газа по абсолютным значениям скоростей.
13. Характерные скорости распределения Максвелла: средняя, средняя квадратичная и наименее вероятная скорости.
14. Экспериментальная проверка распределения Максвелла.
15. Функция распределения в сферических координатах.
16. Распределения Больцмана. Распределение молекул идеального газа в однородном поле тяготения.
17. Распределение Больцмана для смеси газов.
18. Распределение Максвелла – Больцмана.
19. Барометрическая формула. Атмосфера планет.
20. Броуновское движение. Теория Эйнштейна – Смолуховского.
21. Опыты Перрена по определению числа Авогадро.
22. Среднее число ударов молекул о стенку сосуда.
23. Давление газа. Основное уравнение кинетической теории идеального газа. Уравнение Клайперона-Клаузиуса и основные газовые законы. Измерение давления.
24. Температура. Термометрические тела. Эмпирическая шкала температур. Нуль Кельвина.

## **Вопросы к коллоквиуму № 2.**

1. Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул газа, зависимость ее от давления и температуры газа.
2. Рассеяние молекулярного пучка в газе. Формула Клаузиуса.
3. Экспериментальное определение средней длины свободного пробега молекул.
4. Теплопроводность, внутреннее трение и самодиффузия в газах.
5. Общая теория процессов переноса в газах. Вычисление коэффициентов переноса, связь между этими коэффициентами.
6. Взаимная (концентрационная) диффузия.
7. Физические явления в вакууме. Вакуумные насосы. Измерение молекул давлений.
8. Течение газа через отверстие при малых давлениях. Эффузия.
9. Основные термодинамические понятия: термодинамическая

- система, параметры состояния системы, процесс, стационарные и равновесные состояния, равновесный процесс, обратимые процесс.
10. Работа расширения системы в изопроцессах.
  11. Принцип эквивалентности между теплотой и работой.
  12. Внутренняя энергия термодинамической системы.
  13. Первое начало термодинамики.
  14. Понятие теплоемкости. Теплоемкость системы при постоянном объеме и теплоемкости при постоянном давлении.
  15. Теплоемкость идеального газа. Уравнение Р.Майера.
  16. Классическая теория теплоемкости газов.
  17. Зависимость теплоемкости газов от температуры. Характеристические температуры.
  17. Давление газа. Основное уравнение кинетической теории идеального газа. Уравнение Клайперона-Клаузиуса и основные газовые законы. Измерение давления.
  18. Адиабатный процесс, уравнение Пуассона; работа при адиабатном изменении объема газа.
  19. Политропный процесс. Изопроцессы как частный случай политропного процесса.
  20. Невозможность вечного двигателя 1-го рода. 21. Циклические процессы. КПД цикла.
  22. Цикл Карно, его КПД.
  23. Тепловая и холодильная машины. Формулировка второго начала термодинамики по Кельвину и Клаузиусу.
  24. Теоремы Карно.
  25. Приведенная теплота. Теорема Клаузиуса.
  26. Понятие энтропии. Ее физический смысл.
  27. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Основное уравнение термодинамики.
  28. Статистическое определение энтропии. Формула Больцмана.
  29. Направление термодинамических процессов в изолированной системе.
  31. Границы применимости второго закона термодинамики.
  32. Термодинамические потенциалы. Связь между ними.
  33. Отклонение реального газа от идеальности.
  34. Эмпирические изотермы реального газа; фазовый переход; давление насыщенных паров; молярный объем пара и жидкости.
  35. Уравнение состояния реального газа.
  36. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Физический смысл постоянных «а» и «в».
  37. Изотермы Ван-дер-Ваальса, сравнение их с эмпирическими.
  38. Метастабильные состояния.
  39. Критическое состояние. Его параметры.

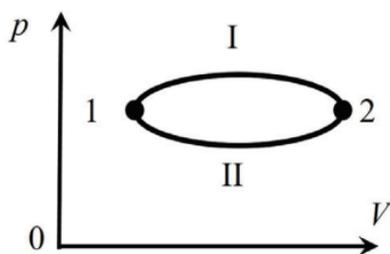
40. Сравнение уравнения Ван-дер-Ваальса с экспериментальными данными. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.

### Вопросы к коллоквиуму № 3.

1. Кристаллизация и плавление. Кристаллизация и сублимация. Фазовые диаграммы. Аномальные вещества. Полиморфизм. Фазовые переходы первого и второго рода.
2. Расширение газа в пустоту. Коэффициент Джоуля.
3. Эффект Джоуля-Томпсона. Температура инверсии.
4. Адиабатное расширение газа с совершением внешней работы.
5. Сжижение газов. Методы Линде и Клода. Свойства вещества вблизи нуля Кельвина.
6. Свойства жидкостей. Испарение и кипение.
7. Структура жидкостей. Жидкие кристаллы.
8. Жидкие растворы. Закон Рауля и Генри.
9. Поверхностные явления. Термодинамика поверхности. Свободная энергия поверхности. Краевые углы. Смачивание и несмачивание. Формула Лапласа.
10. Поверхностное натяжение. Свободная поверхностная энергия. Условие равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость - твердое тело.
11. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления. Поверхностно-активные вещества.
12. Твердые тела. Кристаллические и аморфные твердые тела. Симметрия твердых тел. Элементы симметрии. Точечные группы симметрии. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии решетки. Кристаллические классы и решетки Бравэ.
13. Кристаллографические системы координат. Обозначения атомных плоскостей и направлений. Дефекты кристаллической решетки (точечные и линейные) и их влияние на механические свойства твердых тел. Теплоёмкость твёрдых тел. Закон Дюлонга и Пти. Фононы.
14. Основные количественные сведения о сплавах, твердых растворах и полимерах. Фазовые диаграммы сплавов и твердых растворов. Макромолекулы. Классификация макромолекул. Кристаллическая структура полимеров. Дефекты.

#### 7.1.2. Примерные тесты по молекулярной физике

1. Идеальный газ переводится из состояния 1 в состояние 2 один раз в результате процесса I, а, другой раз посредством процесса II (рис.). В ходе какого процесса количество полученной газом теплоты больше?



2. Определить кинетическую энергию вращательного движения всех молекул в 2 г водорода при температуре  $T = 100$  К.

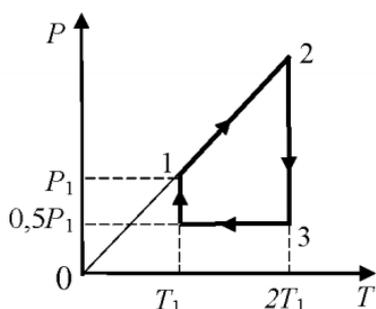
3. Чему равны удельные теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$  некоторого двухатомного газа, если плотность этого газа при нормальных условиях  $\rho_0 = 1,43$  кг/м<sup>3</sup>?

4. Азот занимает объем  $V = 2$  л под давлением  $p = 105$  Па. Какое количество теплоты надо сообщить азоту, чтобы

- а) при  $p = const$  объем увеличить вдвое;
- б) при  $V = const$  давление увеличить вдвое?

5. Удельные теплоемкости некоторого идеального газа при постоянном объеме и при постоянном давлении равны соответственно  $c_v = 733$  Дж/(кг · К) и  $c_p = 1026$  Дж/(кг · К). Определить молярную массу  $\mu$  этого газа и число степеней свободы  $i$  его молекул.

6. На графике изображен цикл с идеальным одноатомным газом неизменной массы в количестве  $\nu = 2$  моля.



Представьте график цикла в координатах  $P—V$  и определите количество теплоты, полученное газом за цикл, если параметры газа в состоянии 1 равны  $T = 300$  К, а давление  $P_1 = 105$  Па.

Определите КПД этого теплового цикла.

7. Масса  $m = 10,5$  г азота изотермически расширяется при температуре

$t = -23^\circ\text{C}$  от давления  $p_1 = 2,5$  атм до  $p = 1$  атм. Найти работу, совершенную газом при расширении.

8. Второе начало термодинамики (формулировка Клаузиуса?)

1. Возможен циклический процесс, единственным результатом которого была бы передача теплоты от менее нагретого тела к более нагретому

2. Возможен циклический процесс, единственным результатом которого была бы передача теплоты от более нагретого тела к менее нагретому

3. Невозможен циклический процесс, единственным результатом которого была бы передача теплоты от более нагретого тела к менее нагретому

4. Возможен циклический процесс, единственным результатом которого была бы передача

теплоты между нагретыми телами

5. Невозможен циклический процесс, единственным результатом которого была бы передача теплоты от менее нагретого тела к более нагретому

9. Какой формуле соответствует показатель адиабаты:

1.  $\gamma = \frac{C_{мр}}{C_{мв}}$ ;    2)  $\gamma = \frac{C_{м} - C_{мр}}{C_{м} - C_{мв}}$ ;    3)  $\gamma = \frac{C_{м} + C_{мр}}{C_{м} - C_{мв}}$ ;    4)  $\gamma = \frac{C_{мв}}{C_{мр}}$ ;

5)  $\gamma = \frac{C_{м} + C_{мр}}{C_{м} + C_{мв}}$ .

10. Вычислить удельные теплоемкости  $c_{v}$  и  $c_{p}$  смеси газов, состоящей из  $m_1 = 9$  г водяного пара ( $H_2O$ ) и  $m_2 = 16$  г кислорода ( $O_2$ ), при температуре 300 К.

11. Вычислить показатель адиабаты  $\gamma$  для газовой смеси, состоящей из  $\nu_1 = 3,0$  молей водорода и  $\nu_2 = 5,0$  молей аргона, при температуре 300 К.

12. Первоначально КПД цикла Карно равен  $\eta = 40\%$ . Определить КПД после того, как температуру нагревателя увеличили на 20%, а температуру охладителя понизили на 20%.

13. В идеальной тепловой машине из каждого одного джоуля теплоты, получаемой от нагревателя, 0,75 Дж отдается холодильнику. Если температура холодильника 27 °С, то чему равна температура нагревателя (в °С)

14. Расчет изменения энтропии для идеального газа.

Определить изменение энтропии  $\Delta S$  при изотермическом расширении кислорода массой  $m = 10$  г от объема  $V_1 = 25$  л до объема  $V_2 = 100$  л.

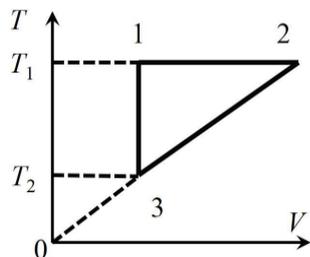
15. Молярная теплоемкость идеального газа в политропическом процессе равна  $C = 2R$ . Показатель политропы  $n = 3$ . Процесс проходит при температурах, близких к комнатной. Определить количество степеней свободы у молекулы газа.



16. U-образная трубка, один конец которой запаян, а другой открыт, заполнена жидкостью (см. рис.). В запаянной части трубки над жидкостью находится идеальный газ. При начальной температуре его объем равен  $V_0$ , а уровни жидкости в левой и правой частях трубки совпадают. Наружное давление равно  $p_0$ . Газ в левой части трубки начинают медленно нагревать. Найти уравнение процесса. Будет ли этот процесс политропическим?

17. В результате изотермического расширения  $\nu = 5$  молей метана при температуре  $T = 273$  К давление газа уменьшилось от  $p_1 = 10 \cdot 10^5$  Па до  $p_2 = 1 \cdot 10^5$  Па. Определить количество полученной газом теплоты  $Q$ .

18. Тепловая машина с одним молеми идеального газа в качестве рабочего идеального газа в качестве рабочего вещества совершает цикл, показанный



на рис. Изобразить этот цикл на  $(p-V)$ -диаграмме. Какая работа совершается газом за цикл?

Известные параметры состояний указаны на рисунке.

19. Масса  $m = 10,5$  г азота изотермически расширяется при температуре

$t = -23^\circ\text{C}$  от давления  $p_1 = 2,5$  атм до  $p = 1$  атм. Найти работу, совершенную газом при расширении.

20. Какой формуле соответствует показатель адиабаты:

1)  $\gamma = \frac{C_{mP}}{C_{mV}}$ ; 2)  $\gamma = \frac{C_m - C_{mP}}{C_m - C_{mV}}$ ; 3)  $\gamma = \frac{C_m + C_{mP}}{C_m - C_{mV}}$ ; 4)  $\gamma = \frac{C_{mV}}{C_{mP}}$ ;

5)  $\gamma = \frac{C_m + C_{mP}}{C_m + C_{mV}}$ .

21. Какой формуле соответствует уравнение Ван-дер-Ваальса для моля реального газа.

1)  $\left(p + \frac{a}{V_m}\right)(V_m - b) = RT$ ; 2)  $\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT$ ; 3)  $\left(p - \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT$ ;

4)  $\left(p + \frac{a}{V_m}\right)(V_m + b) = T$ ; 5)  $\left(p + \frac{a}{V_m}\right)(V_m + b) = T$ .

22. Найти давление водорода по уравнению Ван-дерВаальса при температуре 300 К и молярном объеме  $10^{-3}$  м<sup>3</sup> моль, а также при температуре 35 К и молярном объеме  $10^{-4}$  м<sup>3</sup> моль.

23. Вычислить постоянные  $a$  и  $b$  в уравнении Ван-дерВаальса для азота, если известны критические температура  $T_{кр} = 126$  К и давление  $P_{кр} = 3,39$  МПа.

24. Кислород массой  $m = 8$  г занимает объем  $V = 20$  см<sup>3</sup> при температуре  $T = 300$  К. Определить внутреннюю энергию  $U$  кислорода.

**25.** Известны постоянные Ван-дер-Ваальса и индивидуальная газовая постоянная водного пара вблизи критического состояния:

$$a = 0,199 \text{ Па} \cdot \text{мб}^2 / \text{моль}^2; b = 1,83 \times 10^{-5} \text{ м}^2 / \text{моль}; R = 5,008 \text{ Дж} \cdot (\text{моль} \cdot \text{К}).$$

Найти параметры критического состояния.

### **Перечень вопросов к экзамену.**

1. Предмет молекулярной физики. Основные положения молекулярно-кинетической теории.
2. Опыты Перрена по определению числа Авогадро.
3. Броуновское движение. Формула Эйнштейна.
4. Силы межмолекулярного взаимодействия. Потенциал Леннарда-Джонса.
5. Идеальный газ. Равновесное пространственное распределение частиц идеального газа. Флуктуации плотности идеального газа.
6. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Уравнение Клапейрона–Менделеева.
7. Понятия равновесного состояния и температуры. Термометрическое тело и термометрическая величина. Эмпирические шкалы температур. Газовый термометр. Идеально-газовая шкала температур
8. Статистический подход к описанию молекулярных явлений. Понятие о статистических закономерностях.
9. Распределение Пуассона как предельный случай биномиального распределения. Примеры его применения.
10. Распределение молекул газа по скоростям. Распределение Максвелла. Принцип детального равновесия.
11. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости молекул газа.
12. Распределение Гаусса как предельный случай биномиального распределения. Примеры его применения.
13. Распределение молекул газа по скоростям. Распределение Максвелла. Принцип детального равновесия..
14. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
15. Микро- и макросостояния системы. Термодинамическая вероятность. Статистическая трактовка энтропии. Формула Больцмана.
16. Опыты, подтверждающие распределения Максвелла и Больцмана.
17. Столкновения молекул в газе. Длина свободного пробега. Частота соударений. Газокинетический диаметр молекул.
18. Явления переноса. Диффузия; закон Фика. Внутреннее трение; закон Ньютона – Стокса. Теплопроводность; закон Фурье.
19. Теплоемкость системы. Теплоемкость идеального газа. Связь теплоемкости газа с числом степеней свободы молекул. Уравнение Майера.

20. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Примеры ее применения.
21. Классическая теория теплоемкости твердых тел. Закон Дюлонга и Пти. Зависимость теплоемкости твердых тел от температуры. Температура Дебая.
22. Политропический процесс. Уравнение политропы и его частные случаи.
23. Термодинамический подход к описанию молекулярных явлений. Понятие термодинамического равновесия. Квазистатические процессы. Обратимые и необратимые процессы. Первое начало термодинамики.
24. Первое начало термодинамики. Его применение к процессам в идеальном газе (изотермический, изохорический, изобарический и адиабатический процессы)
25. Преобразование теплоты в работу. Циклические процессы. Тепловой двигатель. Коэффициент полезного действия. Цикл Карно. КПД цикла Карно.
26. Молекулярно-кинетические характеристики воздуха при нормальных условиях.
27. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы.
28. Третье начало термодинамики. Методы получения низких температур.
29. Теплоемкость системы. Теплоемкость идеального газа. Связь теплоемкости газа с числом степеней свободы молекул. Уравнение Майера.
30. Политропический процесс. Уравнение политропы и его частные случаи.
31. Классическая теория теплоемкости твердых тел. Закон Дюлонга и Пти. Зависимость теплоемкости твердых тел от температуры. Температура Дебая.
32. Две теоремы Карно.
33. Равенство Клаузиуса. Энтропия как функция состояния.
34. Второе начало термодинамики. Формулировки Клаузиуса и Томсона (Кельвина). Их эквивалентность.
35. Закон возрастания энтропии. Изменение энтропии идеального газа при его адиабатическом расширении в пустоту.
36. Микро- и макросостояния системы. Термодинамическая вероятность. Статистическая трактовка энтропии. Формула Больцмана.
37. Фазы вещества. Фазовые переходы первого и второго рода. Испарение и конденсация. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
38. Плавление и кристаллизация. Возгонка. Фазовые диаграммы. Тройная точка.
39. Учет сил взаимодействия молекул газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Вывод выражения для внутренней энергии газа Ван-дер-Ваальса. Расширение газа (идеального, Ван-дер-Ваальса) в пустоту (процесс Джоуля-Гей-Люссака).
40. Процесс Джоуля-Томсона. Энтальпия.

41. Реальные газы. Изотермы реального газа. Область двухфазных состояний. Метастабильные состояния (перегретая жидкость, переохлажденный пар).
42. Критические параметры газа Ван-дер-Ваальса. Закон соответственных состояний.
43. Силы межмолекулярного взаимодействия. Потенциал Леннарда-Джонса. Эффект Джоуля – Томсона. Температура инверсии.
44. Поверхностные явления. Коэффициент поверхностного натяжения. Краевой угол. Смачивание и несмачивание.
45. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капиллярные явления.
46. Кристаллы. Симметрия кристаллов. Элементы точечной симметрии: ось симметрии, плоскость симметрии, центр инверсии, зеркально-поворотная ось симметрии.
47. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Трансляция и трансляционная симметрия. Кристаллические системы.
48. Решетки Браве. Обозначение плоскостей и направлений в кристалле. Индексы Миллера. Дефекты в кристаллах.

**7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

**Критерии оценок на курсовых экзаменах**

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

**Лекции - Текущий контроль включает:**

- посещение занятий **\_\_3\_\_ бал.**
- активное участие на лекциях **\_\_5\_\_ бал.**
- устный опрос, тестирование, коллоквиум **\_\_27\_\_ бал.**
- и др. (доклады, рефераты) **\_\_5\_\_ бал.**

**Практика (р/з) и семинар - Текущий контроль включает:**

- посещение занятий **\_\_3\_\_ бал.**
- активное участие на практических занятиях **\_\_5\_\_ бал.**
- выполнение домашних работ **\_5\_\_ бал.**
- выполнение самостоятельных работ **\_7\_\_ бал.**
- выполнение контрольных работ **\_10\_\_ бал.**

**Физический практикум - Текущий контроль** включает:

- посещение занятий и наличие конспекта 3 бал.
- получение допуска к выполнению работы 5 бал.
- выполнение работы и отчета к ней 10 бал.
- защита лабораторной работы 12 бал.

**8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.**

а) адрес сайта курса

**б) основная литература:**

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Т. I. Механика. : учебное пособие : Для вузов. /Сивухин Д. В. - 4-е изд., стереот. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 560 с. - ISBN 5-9221-0225-7. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL :<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922102257.html>
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. :учебное пособие : Для вузов. / Сивухин Д. В. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 544 с.ISBN 5-9221-0601-5. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106015.html>.
3. Кикоин А.К., Кикоинт И.К. - Изд. 3-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2008,2007. - 480 с. : ил. - (Классическая учебная литература по физике)(Учебники для вузов.Специальная литература). - Допущено МО РФ. ISBN 978-5-8114-0737-8 : 330-00. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Учеб.пособие для физ. специальностей вузов: В 5- ти т. Т.2: Термодинамика и молекулярная физика -4-е изд., стер. - М.: ФИЗМАТЛИТ; МФТИ, 2003. - 575 с. : ил. - ISBN 5-9221-0226-5: 239-00.Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.
5. Магомедов Х. А. Опорный конспект по молекулярной физике, 2005г.9221-0226-5: 239-00.Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.
6. Савельев И.В. Курс общей физики : в 3-х т. Т.1 : Механика. Молекулярная физика /. - 10-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2008. - 432 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). – Допущено МО РФ. - ISBN 978-5-8114-0629-6 : 350-02 Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.

**б) дополнительная литература:**

1. Стрелков, С. П. Сборник задач по общему курсу физики. В 5 кн. Кн. I. Механика /Стрелков С. П. , Сивухин Д. В. , Угаров В. А. , Яковлев И. А. ; Под ред. И. А. Яковлева.- 5-е изд. , стер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 240 с. - ISBN 5-9221-0602-3. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL:<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106023.html> (дата обращения: 07.09.2022).
2. Гинзбург, В. Л. Сборник задач по общему курсу физики. Книга II. Термодинамика и молекулярная физика / Гинзбург В. Л. , Левин Л. М. , Сивухин Д. В. , Яковлев И. А. ;Под ред. Д. В. Сивухина. - 5-е изд. , стер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 176 с. -ISBN 5-9221-0603-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. -URL :<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html> (дата обращения: 07.09.2022).
3. Обвинцева Н.Ю., Рычкова О.В. Физика. Молекулярная физика и термодинамика [Электронный ресурс] : сборник задач — Электрон.текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2016. — 65 с.— 978-5-87623-988-Режим доступа:<http://www.iprbookshop.ru/64209.html> (дата обращения: 07.09.2022).
4. Никеров В.А. Физика для вузов. Механика и молекулярная физика [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Никеров. — Электрон.текстовые данные. — М. : Дашков и К, 2015. — 136 с. — 978-5-394-00691-3. — Режим доступа:<http://www.iprbookshop.ru/14630.html> (дата обращения: 07.09.2022).
5. Гираев М.А., Магомедов Х.А.. Механика и молекулярная физика :опорные конспекты, тесты, задачи: [учеб.- метод. пособие] /. - [Махачкала : ИПЦ ДГУ, 2005]. - 318 с. - ISBN 5-7788-0002-9 : 150-00.Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.
6. Абрамова Б.А. , Гусейханов М.К. , Магомедова У.Г.-Г. Решение типовых задач по молекулярной физике : учеб.-метод. пособие; М-во образования и науки РФ, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ,2011. - 70 с. - 41-50.Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.
7. Коротков П.Ф. -Молекулярная физика и термодинамика: основные положения и решение задач : учеб.пособие /; М-во образования РФ, Моск. физ.-техн. ин-т. - 2-е изд. - М. : Изд-во МФТИ, 2004. - 168 с. – Рекомендовано УМО. - ISBN 5-7417-0229-5 : 128-00. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.
8. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие - 12-е изд., стер. - СПб. : Лань : БИНОМ, 2009, 2007, 2006. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Рекомендовано МО РФ. - ISBN 978-5-8114-0319-6 : 242-00.

9. Щеликов О.Д. и др - Тестовые задания по курсу "Молекулярная физика". Ч.1 : Статистический анализ; М-во образования и науки РФ, Даг. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2011. - 114 с. - 66- 50. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.
10. Магомедов Х.А. и др - Молекулярная физика : метод. пособие к выполнению лаб. работ. Ч.2 Ч.1; Федерал. агентство по образованию, Даг. гос. ун-т. - Махачкала: Изд-во ДГУ, 2010. - 33 с. - 22-00. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.
11. Щеликов О.Д. и др Тестовые задания по курсу "Молекулярная физика" : учеб.-метод. пособие. Ч.2: Термодинамический метод. Первое начало термодинамики; Минобрнауки России, Даг. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2012. - 77 с. - 49-00. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ.
12. Физика: сб. лаб. работ по основам механики, молекулярной физики и термодинамики для инж. спец. / Д. А. Богданова, Л. Н. Вострецова; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2017. - Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/910> (дата обращения: 07.09.2022).
13. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика» : для направлений бакалавриата всех форм обучения / Д. А. Богданова; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/5782> (дата обращения: 07.09.2022).

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks ([www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.
2. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks ([www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)) для лиц с ОВЗ от 02.10.2020.
3. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru). Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020 г. 537 наименований.
4. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>. Договор № СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действия договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023 г.
5. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
6. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной

электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть.

7. **Scopus.** Scopus издательства Elsevier B.V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>
8. **Международное издательство SpringerNature.** Коллекция журналов, книг и баз данных издательства SpringerNature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства SpringerNature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>
9. **Журналы American Physical Society.** Базы данных APS (American Physical Society). Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных AmericanPhysicalSociety в 2022 г. <http://journals.aps.org/about>
10. **Журналы Royal Society of Chemistry.** База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>
11. **Журнал Science (AAAS)** <http://www.sciencemag.org/>
12. **Единое окно** <http://window.edu.ru/>
13. **(интернет ресурс)**
14. **Дагестанский региональный ресурсный центр** <http://rrc.dgu.ru/>
15. **Нэикон** <http://archive.neicon.ru/>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Дидактические материалы могут стать вашим помощником при усвоении основного программного материала по электричеству и магнетизму, при работе с учебником, при подготовке к практическим занятиям, к контрольным работам, семинарским занятиям и экзамену.

Используя дидактические материалы, обратите внимание на следующее:

Внимательно прочтите задание. Найдите в тексте учебника ответы на вопросы, указанные в задании. Для лучшего усвоения и запоминания материала по ходу изучения в своей рабочей тетради запишите:

1. Основные физические идеи, опытные факты, понятия, положения, принципы. Определите величины, формулу для ее расчета, наименование и физический смысл, способ измерения величины. Формулировку законов и их математическое выражение. Основные формулы, уравнения, закономерности. Условия применимости законов и теорий. Примеры учета и практического применения явлений, законов и теорий из своей учебной и профессиональной деятельности.

2. При решении задач запишите основные формулы (уравнения, законы), получите расчетную формулу для неизвестной величины в общем виде, проверьте ее единицу измерения, произведите расчет и сформулируйте ответ.

При решении качественных задач дайте обоснования явлению, свойству или процессу на основе современных физических теорий.

3. При подготовке к контрольной работе или к самостоятельной работе продумайте ответы на указанные вопросы и решите задачи. Контрольные работы и самостоятельная работа выполняйте по указанию преподавателя.

4. Методические указания должны мотивировать студентов к самостоятельной работе и не подменять учебную литературу.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

1. Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, табличный процессор.

2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

3. База данных библиотеки ДГУ, тематические базы данных [www.physics.vir.ru](http://www.physics.vir.ru), [ufn.ru/ru/articles/](http://ufn.ru/ru/articles/), РУБРИКОН, АРБИКОН, Научная электронная библиотека, Университетская информационная система РОССИЯ, Российская государственная библиотека и другие. Учебники, задачки и справочная литература по физике доступна на сайте <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics.htm>. Зарубежные электронные научные информационные ресурсы: TheEuropeanLibrary – доступ к ресурсам 48 Национальных библиотек Европы.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается лабораториями специального физического практикума – 2 лаб. по молекулярной физике.

При проведении занятий используются компьютерный класс, оснащенный современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал на 60 мест ауд 2-58, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской. Комплект мультимедийных слайд-лекций по всем разделам дисциплины. Комплект анимированных интерактивных компьютерных демонстраций по ряду разделов дисциплины.