

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. проректора по учебной работе

Ф.Д. Кодзоева

« 30 » июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.О.07.02 Молекулярная физика**

( индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки – **03.03.02 Физика**

(код, наименование)

Направленность: **Физика**

Квалификация выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения **Очная**

г. Магас, 2022

### Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Б1.О.07.02 "Молекулярная физика" являются знакомство с физическими явлениями, обусловленными атомарно-корпускулярным строением вещества, формирование у студентов представлений об понятиях, законах и методах молекулярной физики, навыков простейших практических расчетов, а также экспериментальной работы в лаборатории. В курсе излагаются основные закономерности тепловых явлений, рассматриваются термодинамический и статистический методы описания, формулируются законы термодинамики и статистические постулаты, изучаются физические свойства систем атомов и молекул на основе модельных представлений, даются понятия физики пограничных явлений и фазовых переходов, физики твердого тела.

№ п/п	Код профессионального стандарта	Наименование области профессиональной деятельности. Наименование профессионального стандарта
01 Образование и наука		
1.	01.001	Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н(зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2013 г., регистрационный №30550), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 августа 2016г.№422н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 23 августа2016г., регистрационный № 43326 )
2.	01.003	Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 мая 2018г. № 298н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28 августа 2018г., регистрационный № 52016

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности	Объекты профессиональной деятельности (или области знания)
01 Образование	Педагогический	Разработка и реализация образовательных программ СПО и программ ДО	Образовательные программы и образовательный процесс в системе СПО и ДО

06 Связь, информационные и коммуникационные технологии	Научно-исследовательский	Исследование, разработка, внедрение и сопровождение информационных технологий и систем	Информационные процессы, технологии, системы и сети, их инструментальное (программное, техническое, организационное) обеспечение, способы и методы проектирования, отладки, производства и эксплуатации информационных технологий и систем в различных областях и сферах цифровой экономики
--	--------------------------	--	---

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1. Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.02 Физика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина Б1.О.07.02 "Молекулярная физика" входит в профессиональный цикл бакалавров и является обязательной для изучения. Изучение данной дисциплины базируется на подготовке по физике и математике в рамках Государственного стандарта общего образования.

### Таблица 2.1.

Связь дисциплины «Молекулярная физика» с предыдущими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Молекулярная физика»	Семестр
Б1.О.07.01	Механика	1
Б1.О.04.01	Математический анализ	1

Таблица 2.2. Связь дисциплины «Молекулярная физика» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Молекулярная физика»	Семестр
Б1.О.07.03	Электричество и магнетизм	3
Б1.О.07.04	Оптика	4
Б1.О.07.05	Атомная физика	
Б1.О.07.06	Физика атомного ядра и элементарных частиц	

## 3. Результаты освоения дисциплины (модуля) «Молекулярная физика»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

### Таблица 3.1.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	<p>УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними;</p> <p>УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта;</p> <p>УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм;</p>	<p><b>Знать</b> теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики;</p> <p><b>Уметь</b> понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию. Пользоваться теоретическими основами, законами и моделями физики;</p> <p><b>Владеть</b> физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области основных разделов физики.</p>
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	<p>ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p>ОПК-1.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней естественнонаучных дисциплин.</p>	<p>Знает физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, основы атомной и ядерной физики, понимает широту и ограниченность применения физики исследованию процессов и явлений в природе и обществе.</p> <p>Умеет использовать теоретические знания при объяснении результатов экспериментов, применять знания в области физики для освоения общепрофессиональных дисциплин и решения профессиональных задач, оценивает достоверность полученного решения задачи.</p> <p>Владеет навыками физических исследований, способен передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах предметной области знания.</p>

ПК -3	Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	<p>ПК-3.1. Понимает физические основы методов и средства преобразования информации, обмена информацией на расстоянии с помощью радиоэлектронных средств и технологий.</p> <p>ПК-3.2. Владеет методологией математического моделирования физических процессов и объектов на базе как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.</p> <p>ПК-3.3. Применяет цифровую технику при обработке данных при соблюдении основных требований информационной безопасности.</p> <p>ПК-3.4. Применяет современные информационные средства при подготовке данных при составлении обзоров, отчетов и научных публикаций.</p>	<p>Владеть: методами нахождения, отбора и объединения различных методов проведения физических исследований.</p> <p>Уметь: осмысленно выбирать научный метод проведения физических исследований.</p> <p>Знать: способы определения видов и типов профессиональных задач, а также методы их решения при проведении физических исследований</p>
-------	---	---	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Молекулярная физика»

##### 4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часа.

*Таблица 4.1.*

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа	Самостоятельная работа	

			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие самостоятельной работы	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	и др.
<b>Раздел 1. .</b>																		
<b>1.1.</b>	ВВЕДЕНИЕ	2	8	2	3	3	-	3	-	2	1	-	1	-	1	-	-	-
<b>1.2.</b>	Термодинамический метод	2	8	2	3	3	-	3	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-
<b>1.3.</b>	Основные параметры молекул и молекулярного движения	2	8	2	3	3	-	3	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-
<b>1.4.</b>	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики.	2	8	2	3	3	-	3	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-
<b>1.5.</b>	Статистический метод	2	8	2	3	3	-	3	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-
<b>Раздел 2</b>																		
<b>2.1.</b>	Статистический метод. Тепловой контакт между системами	2	8	2	3	3	-	3	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-
<b>2.2.</b>	Статистический метод распределения Максвелла, Больцмана	2	8	2	3	3	-	3	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-
<b>2.3.</b>	Первое начало термодинамики	2	8	2	3	3	-	3	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-
<b>2.4.</b>	Законы идеального газа	2	8	2	3	3												
<b>2.5.</b>	Начала термодинамики	2	8	2	3	3												
<b>2.6.</b>	Уравнение Ван дер Вальса Реальные газы	2	8	2	3	3												
<b>2.7.</b>	Фазовые переход	2	8	2	3	3												
<b>2.8.</b>	Жидкости	2	8	2	3	3												
<b>2.9.</b>	Твердые тела	2	8	2	3	3												
<b>2.10.</b>	Броуновское движение. Кинематические характеристики	2	8	2	3	3												

## 4.2. Содержание дисциплины (модуля)

### Тема 1. Введение

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Предмет молекулярной физики. Роль молекулярной физики в развитии естествознания и философии. Агрегатные состояния и фазы вещества. Методы описания явлений (динамический, статистический, термодинамический). Определение микро- и макросостояния.

### Тема 2. Термодинамический метод

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Стационарные и равновесные состояния. Термодинамические параметры. Тепловой контакт между системами - термодинамическое рассмотрение. Термодинамическое определение температуры. Термометрическое тело, эмпирические температурные шкалы. Понятие температуры

### **Тема 3. Основные параметры молекул и молекулярного движения**

*практическое занятие (2 часа(ов)):*

Нахождение размеров молекул, их количества

### **Тема 4. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики.**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Вероятность. Условная вероятность. Независимые события. Плотность вероятности. Биноминальное распределение. Средние значения. Дисперсия. Вычисление вероятности и средних значений

### **Тема 5. Статистический метод**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Микро- и макроскопические состояния системы. Постулат равновероятности и эргодическая гипотеза. Вероятность макросостояния. Число возможных микроскопических состояний, его зависимость от энергии системы. Флуктуации. Различные распределения, флуктуации

### **Тема 6. Статистический метод Тепловой контакт между системами**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Тепловой контакт между системами статистическое рассмотрение. Статистическое определение температуры. Система в контакте с термостатом. Каноническое распределение Гиббса. Тепловое равновесие. Распределение Гиббса

### **Тема 7. Статистический метод распределения Максвелла, Больцмана**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Свойства распределения Максвелла. Вычисление средних значений с помощью распределения Максвелла. Распределение Больцмана Барометрическая формула Кинетические характеристики молекулярного движения. Распределение энергии по степеням свободы. Броуновское движение. Случайные блуждания. Распределение Максвелла-Больцмана. Нахождение средних значений молекулярного движения

### **Тема 8. Первое начало термодинамики**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Первое начало термодинамики. Функции состояния. Обратимые и необратимые процессы. Теплоемкость.

### **Тема 10. Законы идеального газа**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Изотермический и изобарический процессы в разреженных газах. Термодинамическое определение модели идеального газа. Квазистатические изопроцессы. Уравнение политропического процесса. Адиабатический процесс.

### **Тема 11. Начала термодинамики**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Циклические процессы и тепловые (холодильные) машины. Принципы построения тепловых машин. КПД. Цикл Карно и его КПД. Второе начало термодинамики (формулировка Клаузиуса и Кельвина). Построение абсолютной термодинамической шкалы температур Неравенство Клаузиуса. Термодинамическое определение энтропии. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Статистическое определение энтропии. Энтропия как мера беспорядка. Связь между статистическим и термодинамическим определениями энтропии. Статистическая формулировка II начала термодинамики. Теорема Нернста (III начало термодинамики). Метод термодинамических потенциалов, преобразование Лежандра. Термодинамическая устойчивость. Принцип Ле Шателье-Брауна. Молекулярно-кинетическая теория. Принцип детального равновесия. Основное уравнение кинетической теории. Молекулярно-кинетический смысл температуры. Закон Дальтона. Теплоемкость, внутренняя

энергия идеального газа. Теплоемкость идеального газа. Общие положения квантовой теории теплоемкости газа. Нахождение параметров циклов, энтропии

## **Тема 12. Уравнение Ван дер Ваальса Реальные газы**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда-Джонса. Особенности поведения реальных молекул (изотермическое сжатие, длина свободного пробега, отклонения от уравнения Клапейрона-Менделеева). Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Вириальное уравнение состояния. Экспериментальные изотермы Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Сжижение газов. Пример фазового перехода газ-жидкость. Теоретические изотермы Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния. Критические параметры. Эффект Джоуля-Томсона. Расчет дифференциального и интегрального эффектов Джоуля-Томсона. Методы сжижения газов. Получение сверхнизких температур. Метод адиабатического размагничивания. Решение задач для газов Ван дер Ваальса

## **Тема 13. Фазовые переходы**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Определение фазы. Равновесие фаз. Классификация Эренфеста фазовых переходов. Правило Гиббса. Тройная точка. Полиморфизм и полиморфные превращения. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Сверхтекучесть и сверхпроводимость. Решение задач на фазовые переходы

## **Тема 14. Жидкости**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Основные свойства и характеристики жидкостей. Структура жидкостей. Модель жидкости Френкеля. Поверхностные явления. Свободная энергия поверхности. Поверхностное натяжение на границе жидкость-пар, жидкость-жидкость, жидкость-твердое тело. Краевые углы, смачивание и несмачивание Капиллярные явления. Поверхностно-активные вещества. Жидкие растворы (растворимость, теплоты растворения). Закон Рауля и закон Генри для идеальных растворов. Свойства бинарных смесей. Осмос. Решение задач на поверхностное натяжение

## **Тема 15. Твердые тела**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Признаки кристаллического состояния (анизотропия физических свойств, дальний порядок, фазовые переходы). Симметрия и элементы симметрии. Кристаллическая решетка и ее симметрия. Классификация кристаллов. Кристаллические классы и физические типы кристаллов. Тепловые свойства твердых тел. Теплоемкость, модель Эйнштейна, Эйнштейна-Дебая. Теорема Дебая. Тепловое расширение. Уравнения состояния. Кристаллическая структура твердых тел

## **Тема 16. Броуновское движению Кинематические характеристики**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Кинематические характеристики молекулярного движения (эффективное сечение рассеяния, длина свободного пробега). Общее определение и виды процессов переноса. Эмпирические законы для газов (закон Фика для диффузии, Ньютона для внутреннего трения, закон Фурье для теплопроводности). Процессы переноса в жидкостях и твердом теле. Броуновское движение. Случайные блуждания.

## **Тема 17. Явления переноса**

*Лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Кинематические характеристики молекулярного движения (эффективное сечение рассеяния, длина свободного пробега). Общее определение и виды процессов переноса. Эмпирические законы для газов (закон Фика для диффузии, Ньютона для внутреннего трения, закон Фурье для теплопроводности). Процессы переноса в жидкостях и твердом теле.

<b>Итого аудиторных часов: <u>134</u></b>
<b>Самостоятельная работа студента: <u>19</u></b>
<b>Всего часов на освоение учебного материала: <u>180</u></b>

## ПРОГРАММА ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА ПО КУРСУ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА»

Изучение молекулярной физики немыслимо без лабораторных занятий. Поэтому физический практикум является важной составной частью в университетской подготовки специалистов – физиков высокой квалификации. Главные задачи практикума следующие:

1. Научить студентов применять теоретический материал программного курса к анализу конкретных физических ситуаций; экспериментально изучать основные физические закономерности, определять точность и степень достоверности результатов эксперимента.

2. Ознакомить с основными экспериментальными методами получения из опыта физической информации. Научить измерять важнейшие физические константы и величины, ознакомить с последними достижениями современной физики в точности их определения.

3. Ознакомить с современными приборами и другой измерительной аппаратурой, с принципами их действия, дать общие сведения об областях их применения, сложности проведения измерений, точности полученных величин и источниках вероятных ошибок.

4. Дать практические навыки в обращении с измерительной аппаратурой и экспериментальными установками. Ознакомить с правилами техники безопасности при проведении экспериментальных исследований.

5. Научить применять современные методы статистической обработки экспериментальных результатов, в том числе с применением ЭВМ.

В соответствии с этими задачами формируются лабораторные работы и описания к ним.

В каждой лабораторной работе должна быть сформирована цель работы. Это позволит студенту четко уяснить, что является главным, на чем надо акцентировать внимание. Описания лабораторных работ, как правило, включает в себя также теорию вопроса, теорию применяемого метода измерений, описание экспериментальной установки, задания контрольные вопросы и рекомендуемую литературу.

В общем физическом практикуме ИнГГУ студенты первого курса, во втором семестре выполняют по разделу «Молекулярная физика» 12 лабораторных работ, причем 9 работ из них являются обязательными для всех студентов, а остальные распределяются преподавателем по своему усмотрению с учетом пожеланий студентов.

### Перечень лабораторных работ по разделу «Молекулярная физика».

№	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
I	Вводное занятие	2
	1. Изучение постоянной Больцмана.	4
	2. Определение отношения теплоемкостей газов.	3
	3. Определение молекулярной газовой постоянной методом изохорического нагревания.	6
	4. Определение вязкости и основных характеристик молекулярного движения газов.	4
	5. Определение вязкости жидкости методом Стокса.	4
II	6. Определение поверхностного натяжения методом отрыва капель.	6
	7. Исследования зависимости поверхностного натяжения жидкости от температуры.	4
	8. Определение поверхностного натяжения	3

	методом отрыва кольца.	
	9. Изучение изменения энтропии в неизолированной системе.	4
	10. Изучение теплового расширения твердых тел.	4
	Зачетное занятие.	6

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Молекулярная физика» используются следующие виды учебных занятий: консультации, практические занятия, рефераты, самостоятельные работы. – консультация преподавателя;

–самостоятельная работа студентов, которая включает освоение теоретического материала, подготовку к практическим занятиям. При реализации программы «Экспериментальные методы исследований» используются следующие образовательные технологии:

– внеаудиторная работа в форме обязательных консультаций и индивидуальных занятий со студентами (помощь в понимании тех или иных методов исследования материалов, в подготовке рефератов и тезисов для студенческих конференций и т.д.).

Для получения глубоких и прочных знаний, твердых навыков и умений, необходима систематическая самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа нужна как для проработки лекционного (теоретического) материала, так и для подготовки к лабораторным работам и практическим занятиям.

Основательная самостоятельная работа необходима и при подготовке к контрольным мероприятиям. На лекциях особое внимание следует уделять на основные понятия и основные физические закономерности. Дополнить конспект лекций, выделить главное студент должен самостоятельно, пользуясь учебными пособиями, размещенными на сайте кафедры. Индивидуальный сайт кафедры крайне необходим для успешного выполнения рабочей программы и учебного плана, в целом. По всему лекционному материалу 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.

**Практические занятия** способствуют активному усвоению теоретического материала, на этих занятиях студенты учатся применять физические законы и закономерности для решения конкретных практических задач и грамотную обработку их результатов, включая. Итоговым контрольным мероприятием (аттестацией) является зачет.

Вопросы к зачету являются конкретными по соответствующим темам и доступными через сайт кафедры. Для успешного результата на зачете студентам рекомендуется ответы на них продумывать, готовить заранее и систематически по мере изучения соответствующих тем.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

*Таблица 6.1.*

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вид самостоятельной работы	Формы контроля	Количество часов
-------	--	----------------------------	----------------	------------------

1.	Основные параметры молекул и молекулярного движения	1. Работа с учебной литературой. 2. Выполнение домашнего задания 3. Решение задач	устный опрос	1
2.	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики..	1. Работа с учебной литературой. 2. Выполнение домашнего задания 3. Решение задач	устный опрос	1
3.	Статистический метод Тепловой контакт между системами	1. Работа с учебной литературой. 2. Выполнение домашнего задания 3. Решение задач	устный опрос	1
4.	Статистический метод распределения Максвелла, Больцмана	1. Работа с учебной литературой. 2. Выполнение домашнего задания 3. Решение задач	устный опрос	1
5.	Начала термодинамики	1. Работа с учебной литературой. 2. Выполнение домашнего задания 3. Решение задач	устный опрос	1
6.	Уравнение Ван дер Вальса Реальные газы	1. Работа с учебной литературой. 2. Выполнение домашнего задания 3. Решение задач	устный опрос	1
7.	Фазовые переходы	1. Работа с учебной литературой. 2. Выполнение домашнего задания 3. Решение задач	устный опрос	1

8.	Броуновское движение. Кинематические характеристики.	1. Работа с учебной литературой. 2. Выполнение домашнего 3. Решение задач	устный опрос	1
----	---	---	--------------	---

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Учебным планом направления подготовки 03.03.02. Физика по дисциплине «Молекулярная физика» предусматривается самостоятельная работа студента, которая выполняется следующими видами самостоятельной работы: написание контрольной работы по дисциплине, сдача коллоквиума.

### Виды самостоятельной работы магистров:

- изучение теоретического материала по конспектам лекций и рекомендованным учебным пособиям, монографической учебной литературе;
- самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, выделенных в программе дисциплины, нерассмотренных на лекциях;
- выполнение комплекса заданий теоретического характера, расчетных и графических по всем разделам дисциплины;

### Порядок выполнения и контроля самостоятельной работы магистров:

- предусмотрена еженедельная самостоятельная работа обучающихся по изучению теоретического лекционного материала; контроль выполнения этой работы предусмотрен на практических занятиях по данной дисциплине;
- самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, выделенных в программе дисциплины и нерассмотренных на лекциях предусматривается по мере изучения соответствующих разделов, в которых выделены эти вопросы для самостоятельного изучения; контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен в рамках промежуточного контроля – зачет по данной дисциплине;
- выполнение и письменное оформление комплекса заданий теоретического характера,
- контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен при завершении изучения дисциплины по представленному в печатном виде отчету по этому виду самостоятельной работы;
- контроль выполнения этой работы предусмотрен на практических занятиях;

### *Промежуточный контроль.* В течение семестра студенты выполняют:

- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- коллоквиум по контрольным вопросам, охватывающим базовые вопросы курса

### *Итоговый контроль.* Зачет в конце семестра, включающий проверку теоретических знаний и по всему пройденному материалу.

- письменная контрольная работа – 10 баллов,
- тестирование- 10 баллов.

## 6.3. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОМУ КОНТРОЛЮ. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ.

Тестовые задания.

1. Какими параметрами определяется состояние вещества? Какие из этих параметров можно назвать статистическими и почему?
2. Какие две идеализации являются основой определения понятия идеального газа?

3. Какой процесс изменения состояния идеального газа называется изотермическим. И каков его график?
4. Какой процесс изменения состояния идеального газа называется изобарическим и каков его график?
5. Выразите изобарический закон как через  $t$  (температура в градусах Цельсия), так и через  $T$  (в Кельвинах).
6. Какой процесс изменения состояния идеального газа называется изохорическим и каков его график?
7. Выразите изохорический закон как через  $t$  (температура в градусах Цельсия), так и через  $T$  (в Кельвинах).
8. Что называется молекулярной массой?
9. Что такое один моль вещества?
10. Как рассчитать молярную массу вещества, молекулы которого состоят из нескольких атомов?
11. Сформулируйте и запишите закон Авогадро.
12. сформулируйте и запишите закон Дальтона.
13. В каких значениях и в каких параметрах определяют выражение «нормальные условия»?
14. Получите уравнение состояния идеального газа. Напишите этот закон для одного моль идеального газа и для любого количества газа.
15. Как выводится универсальная газовая постоянная  $R$  при выводе закона Клайперона-Менделеева? Чему равна величина  $R$  в системе СИ.
16. Объясните, почему частички краски опыте Броуна движется хаотически.
17. Выведите основное уравнение кинетической теории газов, определяющее величину давления молекул идеального газа на стенку сосуда.
18. Какие единицы измерения давления вы знаете?
19. Получите, как средняя кинетическая энергия одноатомной молекулы идеального газа связан с абсолютной температурой газа.
20. Что называется постоянной Больцмана? Чему она равна?
21. Опишите опыт Штерна и получите формулу для определения скорости  $\bar{v}$  молекул газа.
22. Запишите формулу распределения молекул газа по скоростям (распределение Максвелла).
23. Нарисуйте график распределения Максвелла.
24. каков физически смысл площади под кривой распределения Максвелла?
25. Как изменяется распределение Максвелла с ростом температуры?
26. Как зависит от температуры средняя квадратичная скорость движения молекул?
27. Что называется наиболее вероятной скоростью молекул газа?
28. Какая связь существует между распределением Максвелла и распределением Гаусса?
29. Выведите барометрическую формулу.
30. Что такое внутренняя энергия? Какие виды энергии молекул тела входят в его внутреннюю энергию?
31. Как определяется и чем измеряется количество теплоты, переданной телу?
32. Как выражается работа, производимая телом над внешними телами при малом изменении объема этого тела?
33. Как записывается и читается первое начало термодинамики?
34. При каких условиях дифференциальная форма является полным дифференциалом и что такое функция состояния?
35. Каково самое важное свойство функции состояния?
36. Что называется числом степеней свободы тела?
37. Объясните, сколько и почему степеней свободы имеет одноатомная, двухатомная, трех – (более) атомная молекула газа.

38. Как получить выражение для внутренней энергии моля идеального газа, молекул которого имеют  $i$  степеней свободы?
39. Что называется удельной теплоемкостью вещества? Теплоемкость? Молярной теплоемкостью?
40. Поясните почему теплоемкости при постоянных давлениях и объемах являются функциями состояния.
41. Из каких физических соображений следует, что теплоемкость идеального газа при постоянном давлении больше, чем при постоянном объеме?
42. Зависит ли теплоемкость газа от поля тяжести в котором он находится?
43. Используя первое начало термодинамики получите выражение для молярной теплоемкости при постоянном объеме идеального газа.
44. Получите уравнение Майера, связывающее молярные теплоемкости идеального газа при постоянном объеме.
45. Каково основное отличие выводов классической и современной квантовой теории теплоемкостей газа?
46. Нарисуйте график зависимости реальной теплоемкости газа от абсолютной температуры этого газа.
47. Как выражается отношение теплоемкостей через число степеней свободы молекул идеального газа.
48. Почему теплоемкости  $C_p$  и  $C_v$  являются функциями состояния?
49. Какой процесс называется адиабатическим?
50. Каковы две реальные возможности получить на опыте процесс близкий к адиабатическому?
51. Покажите с помощью первого начала термодинамики, в каких случаях при адиабатическом процессе происходит нагревание газа.
52. Выведите уравнение адиабатического процесса.
53. Нарисуйте в координатах  $P$ - $V$  изотерму и адиабату. Объясните почему адиабата круче изотермы.
54. Получите выражение для работы, производимой при адиабатическом процессе с идеальным газом.
55. Какова работа газа при изохорическом процессе?
56. Какова работа газа при изобарическом процессе?
57. выведите формулу работы идеального газа при изотермическом изменении его объема.
58. Какие процессы в природе называются необратимыми?
59. Что называется обратимым процессом. Как можно осуществить такой процесс?
60. Объясните почему бесконечно модельный процесс необязательно является равновесным и обратимым.
61. Что такое циклический процесс? Как выражается графически работа прямого, обратимого и всего цикла?
62. Что такое цикл Карно?
63. Получите выражение для коэффициента полезного действия (КПД) цикла Карно.
64. Запишите формулу, в которой энтропия определяется логарифмом числа микросостояний, посредством которых реализуется макросостояние.
65. Энтропию называют функцией состояния, что это значит?
66. Почему в состоянии равновесия энтропия достигает максимума?
67. Чем обусловлено не убывание энтропии в изолированной системе?
68. Приведите различные формулировки второго начала термодинамики.
69. Что такое вероятность состояния? Как формулируется второе начало термодинамики через понятие вероятности состояния системы?
70. Что такое флуктуации? Какие флуктуации чаще встречаются: большие или малые?
71. Покажите, что именно флуктуации ограничивают «снизу» применимость второго начала термодинамики.
72. Чем отличается реальный газ от идеального?

73. При каких давлениях температурах различия между реальным и идеальным газом возрастают?
74. Как выглядит изотерма реальных газа и жидкости?
75. Как связана постоянная  $b$  в уравнении Ван-дер Ваальса с собственным объемом молекул реального газа.
76. Напишите уравнение Ван-дер-Ваальса для одного моля газа и для любого количества газа.
77. Начертите несколько изотерм Ван-дер-Ваальса для различных температур в координатах  $P(V)$ .
78. Чем изотерма Ван-дер-Ваальса отличается от изотермы реального газа?
79. Запишите уравнение Ван-дер-Ваальса по степени объема  $V$ . Сколько корней имеет данное уравнение?
80. Покажите на графике уравнения Ван-дер-ваальса область метастабильных состояний?
81. Какая изотерма Ван-дер-Ваальса называется критической?
82. Получите критические параметры  $P_{кр.}$ ,  $V_{кр.}$ ,  $T_{кр.}$ , путем сравнения коэффициентов в двух уравнениях третьей степени.
83. Каким образом можно превратить в жидкость такие газы, как азот, кислород, водород, гелий?
84. При каких условиях жидкость больше испаряется при данной температуре?
85. Какова разница между испарением и кипением?
86. Как зависит давление насыщенного пара от температуры при постоянном объеме?
87. Чем свойства пара отличается от свойства газа?. При каких условиях можно к пару применять газовые законы?
88. Каков механизм образования переохлажденного пара и перегретой жидкости?
89. почему испарение жидкости сопровождается его охлаждением?
90. Объясните причины возникновения поверхностного натяжения в жидкостях.
91. Дайте определение коэффициента поверхностного натяжения. В каких единицах он измеряется?
92. Выведите формулу Лапласа для дополнительного давления под изогнутой поверхностью жидкостью.
93. На двух концах П - образной стеклянной трубочки висят два мыльных пузыря, один больше другого. Что с ним будет дальше? Почему?
94. Выведите формулу высоты подъема жидкости в капиллярной трубочке.
95. какую форму примет некоторая масса жидкости в условиях невесомости.
96. Какую форму принимает капля масла на поверхности воды?
97. Изменится ли поверхностное натяжение воды, если добавить в воду спирт?
98. Каковы причины смачивания и не смачивания жидкостями поверхностей твердых тел?
99. Что называется краевым углом? Каковы величины краевых углов при смачивании и несмачивании?
100. Объясните поведение смачивающей и несмачивающей жидкости в капиллярах.
101. Какую роль играют капиллярные явления в природе, в технике?
102. Почему в условиях земного притяжения поверхностное натяжение проявляется лишь для малых объектов жидкости, например капель?
103. Почему маленькие капли жидкости имеет шарообразную форму?
104. При каких условиях растворенное вещество концентрируется либо в поверхностном слое, либо внутри жидкости?
105. Почему с увеличением температуры плотность и давление насыщенных паров увеличивается, а поверхностное натяжение уменьшается?
106. Нарисуйте диаграмму состояния некоторого вещества в координатах давление – температуры, содержащей тройную точку.
107. Каков физический смысл тройной точки?
108. Какие виды сил связи между частицами твердого тела вы знаете? Как объясняется возникновение соответствующих сил?

109. Какова разница в атомно-молекулярном строении аморфного и кристаллического тела?
110. Почему температура кристаллического тела в процессе его плавления остается постоянной?
111. Почему при растворении поваренной соли в воде температура раствора понижается?
112. Почему вода при кристаллизации растворяется?
113. Что называется кристаллической анизотропией и каковы ее причины?
114. Получите закон Дюлонга и Пти, определяющей теплоемкость грамм-атома твердого тела.
115. Каким соотношением связаны между собой коэффициенты линейного и объемного расширений твердого тела?
116. В каких единицах выражаются коэффициенты линейного и объемного расширений?
117. Сколько типов кристаллических систем имеется?
118. Сколько имеется типов примитивных параллели Браве? И сколько имеется решеток Браве?
119. Как обозначается направление и плоскости в кристаллах?
120. В чем состоит недостаток модели для теплоемкости твердого тела, предложенной Эйнштейном?
121. Что такое фонон? Какие другие элементарные возбуждения вы знаете?
122. Как температура Дебая связана со средней скоростью звука в веществе?
123. Каковы источники дефектов макромолекулярных кристаллов? Перечислите основные дефекты.
124. Запишите уравнение для трех явлений переноса: диффузии, внутреннего трения, теплопроводности.
125. Запишите формулу средней длины пробега молекулы газа. Как эта величина зависит от давления газа?
126. Получите выражение для среднего числа столкновений в секунду молекулы идеального газа и другими молекулами.
127. Почему динамическая вязкость не зависит от давления и растет, в основном, пропорционально краю корню квадратному из температуры?
128. В чем состоит главное отличие механизма переноса в твердых телах от механизма переноса в газах?
129. Когда движение тела, падающего в жидкости, становится равномерным?

### Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

БИЛЕТ □ 1

1. Предмет молекулярной физики. Агрегатные состояния и фазы вещества. Методы описания явлений (динамический, статистический, термодинамический).
2. Метод термодинамических потенциалов, преобразование Лежандра.

БИЛЕТ □ 2

1. Стационарные и равновесные состояния. Термодинамические параметры. Тепловой контакт между системами - термодинамическое рассмотрение. Термодинамическое определение температуры
2. Тепловые свойства твёрдых тел. Теплоёмкость, модель Эйнштейна, Эйнштейна-Дебая. Теорема Дебая. Тепловое расширение. Уравнения состояния.

БИЛЕТ □ 3

1. Микро- и макроскопические состояния системы. Постулат равновероятности и эргодическая гипотеза. Флуктуации.
2. Теплоемкость, внутренняя энергия идеального газа. Теплоёмкость идеального газа. Общие положения квантовой теории теплоёмкости газа.

БИЛЕТ □ 4

1. Тепловой контакт между системами - статистическое рассмотрение. Статистическое определение температуры.

2. Структура жидкостей. Модель жидкости Френкеля.

БИЛЕТ □ 5

1. Распределение Максвелла и его свойства

2. Первое начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.

БИЛЕТ □ 6

1. Газ во внешнем потенциальном поле. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.

2. Жидкие кристаллы.

БИЛЕТ □ 7

1. Распределение Максвелла-Больцмана. Кинетические характеристики молекулярного движения. Распределение энергии по степеням свободы.

2. Отрицательные температуры.

БИЛЕТ □ 8

1. Изотермический и изобарический процессы в разреженных газах. Термодинамическое определение модели идеального газа. Квазистатические изопроцессы. Уравнение политропического процесса.

2. Основные свойства и характеристики жидкостей. Жидкие растворы. Закон Рауля и закон Генри для идеальных растворов.

БИЛЕТ □ 9

1. Циклические процессы и тепловые (холодильные) машины. Принципы построения тепловых машин. Цикл Карно и его КПД.

2. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда-Джонса.

БИЛЕТ □ 10

1. Второе начало термодинамики. Построение абсолютной термодинамической шкалы температур. Неравенство Клаузиуса.

2. Признаки кристаллического состояния. Симметрия и элементы симметрии.

Кристаллическая решётка. Классификация кристаллов. Кристаллические классы и физические типы кристаллов.

БИЛЕТ □ 11

1. Термодинамическое определение энтропии. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.

2. Полимеры. Общая характеристика и классификация.

БИЛЕТ □ 12

1. Статистическая формулировка II начала термодинамики. Теорема Нернста. Связь между статистическим и термодинамическим определениями энтропии.

2. Микро- и макроскопические состояния системы. Постулат равновероятности и эргодическая гипотеза.

БИЛЕТ □ 24

1. Распределение Максвелла и его свойства

2. Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Вириальное уравнение состояния.

БИЛЕТ □ 25

1. Второе начало термодинамики

2. Тепловые свойства твёрдых тел. Теплоёмкость, модель Эйнштейна, Эйнштейна-Дебая.

### **Критерии оценки промежуточной аттестации в форме экзамена**

**Таблица 6.3.**

<b>Оценка</b>	<b>Характеристика требований к результатам аттестации в форме экзамена</b>
«Отлично»	Теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов, системно и глубоко, необходимые практические навыки работы с

	освоенным материалом сформированы, все предусмотренные рабочей учебной программой учебные задания выполнены безупречно, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимуму.
«Хорошо»	Теоретическое содержание курса освоено в целом без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, предусмотренные рабочей учебной программой учебные задания выполнены с отдельными неточностями, качество выполнения большинства заданий оценено числом баллов, близким к максимуму.
«Удовлетворительно»	Теоретическое содержание курса освоено большей частью, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей учебной программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки.
«Неудовлетворительно»	Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые навыки работы не сформированы или сформированы отдельные из них, большинство предусмотренных рабочей учебной программой учебных заданий не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимуму.

**7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Молекулярная физика»**

№№ п/п	Вид занятия (лк, пр, с.р.)	Наименование необходимой учебной литературы по дисциплине	Автор	Издательство, год издания	Наличие литературы
<b>Основная литература</b>					
1	лк, пр, с/р	Курс общий физики. Т. 1-3	Зисман Г.А, Тодес О.М.	М.: Наука, 1972г	Библиотека ИнГГУ
2	лк, пр, с/р	Общий курс физики. Т. 1-5.	Сивухин Д.В.	М.: Высшая школа, 1996 г.	Библиотека ИнГГУ
3	лк, пр, с/р	Курс общей физики. Т. 1-3	Савельев М..В.	М: Наука, 1989г.	Библиотека ИнГГУ
4	лк, пр, с/р	Молекулярная физика.	Кикоин И.К., Кикоин А.К.	М.: Наука, 1976г.	Библиотека ИнГГУ
5	лк, пр, с/р	Курс общей физики.	Трофимова Т.И.	М.: Высшая школа, 2005 г.	Библиотека ИнГГУ
<b>Дополнительная литература</b>					
1	С/р	Курс физики.	Детлаф А.А., Яворский Б.М.	М.: Высшая школа, 1989.	Библиотека ИнГГУ
2	С/р	Молекулярная физика	Матвеев А.Н.	М.: Высшая школа, 1986г.	Библиотека ИнГГУ
3	С/р	Молекулярная физика	Телеснин Р.В.	М.: Наука, 1976г.	Библиотека ИнГГУ
4	С/р	Статистическая физика	Рейф Ф.	М.: Наука, 1976г.	Библиотека ИнГГУ

### Сборники задач по курсу общей физики

1	Пр, с/р	Сборник задач по общей физике	Волькенштейн Г.С.	М.: Высшая школа, 1986.	Каф. физики
2	Пр, с/р	Задачник по физике	Чертов Л. Г., Воробьев А. А.	М.: Высшая школа, 1986.	Каф. физики .
3	Пр, с/р	Задачи по общей физике.	Иродов И. Е.	М.: Наука, 1998.	Каф. физики .

### 7.2. Интернет-ресурсы

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a>
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информио»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>

### 7.3. Программное обеспечение

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» как на территории университета, так и вне ее.

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система «Консультант»
6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.

7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
10. Программный продукт MATLAB 6.

#### **7.4. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины/модуля «Молекулярная физика»**

**Материально-техническая база университета** позволяет обеспечивать качественное проведение теоретических и практических занятий.

Перечень необходимых технических средств обучения, используемых в учебном процессе для освоения дисциплины «Молекулярная физика»:

- компьютерное и мультимедийное оборудование;
- видео- и аудиовизуальные средства обучения и др.

Используемое общее и специализированное учебное оборудование, наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий с перечнем основного лабораторного оборудования, средств измерительной техники приведены в табл. 7.1.

**Перечень технических средств, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

*Таблица 7.1.*

<b>№ п/п</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
1.	Лаборатории механики и молекулярной физики,
4.	Компьютеры (2 шт.)

Лаборатория молекулярной физики располагает следующим оборудованием:

1. Штангенциркуль
2. Микрометр
3. Металлическая линейка
4. Рычажные весы
5. Секундомер
6. Установка для измерения постоянной Больцмана
7. Установка для определения молярной газовой постоянной методом изохорического нагревания
8. Установка для определения вязкости и основных характеристик молекулярного движения газов
9. Установка для определения отношения теплоемкостей газов
10. Установка для определения вязкости жидкости методом Стокса
11. Установка для исследования зависимости поверхностного натяжения жидкости от температуры методом Ребиндера
12. Установка для определения поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца
13. Установка для определения поверхностного натяжения методом отрыва капель
14. Установка для изучения изменения энтропии в неизолированной системе
15. Установка для изучения теплового расширения твердых тел (прибор Менделеева)

Рабочая программа дисциплины «Молекулярная физика» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от « 07 » августа 2020 г. № 920.

Программу составила: к.ф-м.н., доцент кафедры «Физика» З. С. Торшхоева

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»  
Протокол № 10 от «20» июня 2022 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета  
Протокол № 10 от «22» июня 2022 года

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета  
Протокол № 10 от « 29 » июня 2022 г.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой