


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета  
инженерно-физического факультета  
и высоких технологий,  
от «16» июня 2020 г., протокол № 11

Председатель \_\_\_\_\_ / А.М.Хусаинов /  
(подпись, расшифровка подписи)  
«16» июня 2020 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА</b>
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Радиофизики и электроники (РФЭ)
Курс	1

Направление (специальность): **28.03.02 «Наноинженерия» (бакалавриат)**  
(код направления (специальности), полное наименование)

Направленность (профиль/специализация): **Наноинженерия в машиностроении**  
(полное наименование)


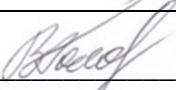
Форма обучения: **очная**  
(очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются))


Дата введения в учебный процесс УлГУ: **«01» сентября 2020 г.**

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.  
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Гадомский Олег Николаевич	Радиофизики и электроники	д.ф.-м.н., профессор

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой РФЭ, реализующей дисциплину Н.Т.Гурин	Заведующий выпускающей кафедрой ФМ В.Н. Голованов
 / Гурин Н.Т. _____ / Подпись                                  ФИО «05» июня 2020 г.	(  / Голованов В.Н. / Подпись                                  ФИО «05» июня 2020 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Целью освоения дисциплины является подготовка физика к деятельности в области разработки и исследования новых материалов и устройств

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение основных принципов термодинамики и статистической физики;
- ознакомление с математическими методами описания движения атомов и молекул в веществе;
- формирование у студентов навыков исследования внутреннего строения вещества.


## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина “МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА” относится к основной части Б1 профессиональной образовательной программы (ОПОП) бакалавров по направлению 28.03.02 «Наноинженерия», преподается в 2-м семестре 1-ого курса бакалаврам очной формы обучения и базируется на следующих курсах

- История мировых открытий в области науки и техники
- История развития технологий
- Механика
- Начертательная геометрия
- Химия
- Экология
- Аналитическая геометрия и линейная алгебра
- Математический анализ

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих дисциплин:

- Атомная физика
- Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
- Высоковакуумные технологические процессы в наноинженерии
- Дифференциальные уравнения
- Колебания и волны, оптика
- Кристаллография, рентгенография
- Методы диагностики в нанотехнологиях
- Наноэлектроника
- Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
- Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
- Преддипломная практика
- Прикладная механика
- Применение ЭВМ в инженерных расчетах
- Программные статистические комплексы
- Проектная деятельность
- Системы управления технологическими процессами
- Сопротивление материалов
- Теория вероятностей и математическая статистика
- Технологическая (проектно-технологическая) практика
- Управление стартапами в социальном предпринимательстве
- Управление стартапами в технологическом предпринимательстве

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

- Физика конденсированного состояния вещества
- Физика твердого тела
- Физико-химические основы нанотехнологий
- Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем
- Численные методы и математическое моделирование
- Электричество и магнетизм
- Электротехника и электроника
- Ядерная физика

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ


Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	<p><b>Знать:</b> основы вероятностного и термодинамического методов описания внутреннего строения вещества принципы работы лабораторных установок по молекулярной физике</p> <p><b>Уметь:</b> решать задачи и производить оценку параметров в лабораторных работах определять принципы работы и методы описания результатов измерений.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками решения задач по основным разделам молекулярной физики, проведения физического эксперимента; методологией исследования в области физики навыками решения задач по основным разделам молекулярной физики, проведения физического эксперимента; методологией исследования в области физики</p>

### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего)   5  

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах) 180

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения _ очная _____)		
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам	
		2	

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		


1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	80/80	80/80		
Аудиторные занятия:	112/112	112/112		
лекции	32/32	32/32		
Семинары и практические занятия	16/16	48/48		
Лабораторные работы,	32/32	32/32		
Самостоятельная работа	64/64	104/104		
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, рефераты др. (не менее 2 видов)	Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам	Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам		
Курсовая работа				
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет Экзамен 36/36	Зачет Экзамен 36/36		
Всего часов по дисциплине	180/180	180/180		

- В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения


#### 4.3. Содержание дисциплины (модуля.) Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения \_\_ очная \_\_\_\_\_ \

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практику			

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

				мы	форме		
1	2	3	4	5	6	7	
<i>Раздел 1. Введение.</i>							
1. Введение	2	2					Устный опрос
<i>Раздел 2. Вероятностный (статистический) метод описания</i>							
1. Функция статистического распределения. Энтропия.	18	4	4	4		6	Устный опрос
2. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла	18	6	2			10	Устный опрос
3. Степени свободы атомов и молекул. Распределение Больцмана.	32	6	2	14		10	Устный опрос
<i>Раздел 3. Термодинамический метод описания</i>							
1. Начала термодинамики	16	4	2			10	Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам
2. Газы с межмолекулярным взаимодействием. Жидкости и твердые тела	24	4	2	8		10	Устный опрос

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

3. Фазовые переходы	15	3	2	2		8	Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам
4. Явления переноса	19	3	2	4		10	Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам
Экзамен по дисциплине	<b>36</b>						
<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>32</b>		<b>64</b>	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)


### 1. Элементы кинетической теории газов

Давление идеального газа. Уравнения состояния идеального газа. Внутренняя энергия идеального газа и ее связь с температурой. Фотонный газ.

### 2. Статистические распределения

Статистическое описание системы из большого числа частиц. Статистические законы, средние значения и флуктуации физических величин. Пример - распределение частиц по объему. Распределение молекул газа по скоростям. Равновесное распределение Максвелла (по вектору и модулю скорости) и его свойства, наивероятнейшая, средняя и среднеквадратичная скорости. Распределение Больцмана и примеры его применения.

### 3. Классическая теория теплоемкости

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Теплоемкость газов, теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Недостатки классической теории теплоемкости.

#### **4. Явления переноса**

Средняя длина свободного пробега молекул в газах. Диффузия, внутреннее трение, теплопроводность газов. Особенности ультраразреженных газов. Вычисление среднего квадрата смещения броуновских частиц. Измерение числа Авогадро.

#### **5. Реальные газы и жидкости**

Уравнение Ван-дер-Ваальса и его свойства. Фазовые переходы. Критическая температура, критические параметры.

#### **6. Термодинамический подход к описанию макросистем**

Термодинамическое равновесие, общий принцип термодинамики. Понятие температуры, нулевой принцип термодинамики. Классификация процессов.

#### **7. Первый принцип термодинамики**

Опыты Джоуля, понятие о внутренней энергии. Работа и количество теплоты. Первый принцип термодинамики. Соотношение Майера. Уравнение адиабаты для идеального газа. Внутренняя энергия идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса. Процессы Джоуля-Гей-Люссака и Джоуля-Томпсона.

#### **8. Второй принцип термодинамики**

Проблема превращения теплоты в работу. Формулировки второго принципа термодинамики для тепловых и холодильных машин. Цикл Карно. Теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Приведенное количество теплоты, равенство Клаузиуса для обратимых процессов. Энтропия идеального газа. Основное уравнение термодинамики и некоторые его следствия (соотношения взаимности, термомеханические эффекты, уравнение Клапейрона-Клаузиуса). Необратимые процессы, неравенство Клаузиуса. Возрастание энтропии при необратимых процессах (с примерами). Статистический смысл энтропии и второго принципа термодинамики

### **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

#### **Раздел 1. Уравнение состояния газа. Процессы.**

*Тема 1.* Уравнение состояния идеального газа.

*Тема 2.* Барометрическая формула.

*Тема 3.* Уравнение состояния ван-дер-ваальсовского газа.

#### **Раздел 2. Первое начало термодинамики. Теплоемкость.**

*Тема 1.* Первое начало термодинамики.

*Тема 2.* Работа, совершаемая газом.

*Тема 3.* Внутренняя энергия идеального газа.

*Тема 4.* Внутренняя энергия ван-дер-ваальсовского газа.

#### **Раздел 3. Распределения Максвелла и Больцмана.**


*Тема 1.* Столкновения молекул.

*Тема 2.* Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.

*Тема 3.* Распределение энергии по степеням.

*Тема 4.* Средние значения физических величин и флуктуации

*Тема 5.* Распределение Больцмана.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

#### **Раздел 4. Второе начало термодинамики. Энтропия.**

*Тема 1.* КПД тепловой машины.

*Тема 2.* Приращение энтропии системы.

*Тема 3.* Связь между энтропией и статистическим весом

#### **Раздел 5. Жидкости. Капиллярные явления.**

*Тема 1.* Формула Лапласа.

*Тема 2.* Поверхностное натяжение.

#### **Раздел 6. Фазовые превращения.**

*Тема 2.* Изотермы Ван-дер-Ваальса.

*Тема 3.* Уравнение Клапейрона-Клазиуса.

#### **Раздел 7. Явления переноса.**

*Тема 1.* Кинематические характеристики.

*Тема 2.* Теплопроводность.

*Тема 3.* Диффузия.

### **7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ**

#### **Лабораторная работа №1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ ВОЗДУХА КАПИЛЛЯРНЫМ МЕТОДОМ.**

*Цель работы:* изучение вязкости (внутреннего трения) как одного из явлений переноса в газах, определение коэффициента вязкости воздуха по скорости истечения через капилляр (с использованием формулы Пуазейля), оценка средней длины свободного пробега молекул воздуха.

#### **Лабораторная работа №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ МОЛЯРНЫХ ТЕПЛОЁМКОСТЕЙ ВОЗДУХА ПРИ ПОСТОЯННОМ ДАВЛЕНИИ И ОБЪЁМЕ МЕТОДОМ КЛЕМАНА - ДЕЗОРМА**

*Цель работы:* изучение процессов в идеальных газах, определение отношения теплоёмкостей газа методом адиабатического расширения (Клемана - Дезорма).

#### **Лабораторная работа № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЯРНОЙ МАССЫ И ПЛОТНОСТИ ГАЗА МЕТОДОМ ОТКАЧКИ**

*Цель работы:* ознакомление с одним из методов определения молярной массы и плотности газа.

#### **Лабораторная работа № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ ВИСКОЗИМЕТРОМ ОСТВАЛЬДА**


*Цель работы:* определение кинематической вязкости исследуемых растворов в зависимости от температуры; определение энергии активации молекулы исследуемой жидкости.

#### **Лабораторная работа № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВОБОДНОГО ПРОБЕГА МОЛЕКУЛ ВОЗДУХА**

*Цель работы:* изучение молекулярно-кинетической теории газов и явлений переноса; определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха.

#### **Лабораторная работа №6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ**



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## **ЖИДКОСТИ ПО МЕТОДУ СТОКСА**

*Цель работы:* определение коэффициента вязкости глицерина при различных температурах, определение числа Рейнольдса.

## **Лабораторная работа №7. ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЁМКОСТИ ЖИДКОСТИ**

*Цель работы:* знакомство с методикой измерения теплоёмкости жидкости с использованием адиабатического калориметра.

## **Лабораторная работа №8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЁМКОСТИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ**

*Цель работы* - определение теплоёмкости образцов металлов калориметрическим методом с использованием электрического нагрева.

## **Лабораторная работа № 9. ИЗМЕРЕНИЕ СКРЫТОЙ ТЕПЛОТЫ ПЛАВЛЕНИЯ И УДЕЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ ОЛОВА**

*Цель работы:* проведение калориметрических измерений при плавлении и кристаллизации олова; расчет скрытой теплоты плавления и удельной энтропии.

## **Лабораторная работа № 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТОДОМ НАГРЕТОЙ НИТИ**

*Цель работы:* изучение теплопроводности как одного из явлений переноса в газах, определение коэффициента теплопроводности воздуха.

## **Лабораторная работа №11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ ТОРСИОННЫХ ВЕСОВ**

*Цель работы:* ознакомление с явлением поверхностного натяжения жидкостей, изучение работы торсионных весов; измерение коэффициентов поверхностного натяжения мыльных растворов различной концентрации.

## **Лабораторная работа № 12. ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНО-ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН**

*Цель работы:* изучение поверхностных капиллярно-гравитационных волн, измерение коэффициента поверхностного натяжения воды.

## **Лабораторная работа №13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ПО ВЫСОТЕ ПОДНЯТИЯ ЖИДКОСТИ**


*Цель работы:* изучение капиллярных явлений; ознакомление с устройством катетометра; экспериментальное определение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей.

## **Лабораторная работа № 14. ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРОНОВ ПО СКОРОСТЯМ**

*Цель работы:* экспериментальная проверка закона Ричардсона – Дэшмана для термоэлектронов; определение температуры электронного газа и работы выхода.

## **Лабораторная работа № 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЫ ПАРООБРАЗОВАНИЯ ВОДЫ**

*Цель работы:* определение удельной и молярной теплоты парообразования воды при фазовом переходе первого рода по экспериментально полученной зависимости давления насыщенных паров от температуры.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

### **Лабораторная работа №16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЗАИМНОЙ ДИФФУЗИИ ВОЗДУХА И ВОДЯНОГО ПАРА**

**Цель работы:** изучение диффузии как одного из явлений переноса; определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара по скорости испарения жидкости с капилляра.

### **Лабораторная работа № 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ТЕПЛОЁМКОСТЕЙ ВОЗДУХА ПРИ ПОСТОЯННЫХ ДАВЛЕНИИ И ОБЪЁМЕ РЕЗОНАНСНЫМ МЕТОДОМ**

**Цель работы:** изучение процесса распространения звуковой волны, измерение скорости звука в воздухе резонансным методом и определение отношения теплоёмкостей.

(Методические указания представлены в виде отдельных приложений)


## **8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ**

*Данный вид работы не предусмотрен УП.*

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)**

### **Вопросы к экзамену**


1. Массы атомов и молекул.
2. Количество вещества. Постоянная Авагадро.
3. Агрегатные состояния вещества. Модель идеального газа.
4. Статистический и термодинамический методы.
5. Случайные величины. Вероятность.
6. Фазовое пространство. Фазовая траектория.
7. Сложение вероятностей. Нормировка вероятности.
8. Умножение вероятностей. Статистическая независимость.
9. Среднее значение дискретной физической величины.
10. Среднее значение непрерывной физической величины.
11. Флуктуация
12. Смысл вероятностного(статистического) описания макросистем.
13. Функция статистического распределения.
14. Число микросостояний в идеальном газе. Энтропия.
15. Формула Стирлинга.
16. Распределение Гиббса.
17. Средние значения физических величин в распределении Гиббса.
18. Статистическая сумма.
19. Распределение Максвелла для одной компоненты скорости молекулы.
20. Распределение Максвелла для абсолютного значения скорости молекулы.
21. Средняя кинетическая энергия молекулы. Степень свободы.
22. Закон равнораспределения энергии по степеням свободы.
23. Распределение Больцмана.
24. Барометрическая формула.
25. Давление
26. Уравнение Клапейрона- Менделеева.
27. Закон Дальтона. Парциальное давление.
28. Закон Авагадро. Постоянная Лошмидта.
29. Термодинамическая шкала температур.
30. Термодинамический метод. Работа.
31. Внутренняя энергия.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

32. Первое начало термодинамики
33. Функции процесса и функции состояния.
34. Условия теплового равновесия
35. Обратимые и необратимые процессы
36. Второе начало термодинамики.
37. Теплоемкость
38. Соотношение между теплоемкостями. Формула Майера.
39. Процессы в идеальных газах.
40. Работа при изотермическом процессе
41. Работа при адиабатическом процессе.
42. Циклические процессы. Работа цикла. Цикл Карно.
43. Коэффициент полезного действия цикла Карно.
44. Термодинамические потенциалы.
45. Силы взаимодействия между молекулами.
46. Потенциал Леннарда-Джонса.
47. Экспериментальные изотермы.
48. Правило рычага в двухфазной системе.
49. Фазовые переходы. Скрытая теплота перехода.
50. Уравнение Клапейрона-Клазиуса
51. Уравнение Ван-дер-Ваальса
52. Критические параметры. Закон соответственных состояний.
53. Поверхностное натяжение
54. Условия равновесия на границе двух жидкостей.
55. Давление над искривленной поверхностью. Формула Лапласа.
56. Капиллярные явления.
57. Химический потенциал и равновесие фаз.
58. Процессы переноса. Общее уравнение переноса.
59. Теплопроводность.
60. Диффузия.
61. Вязкость.

### Вопросы к зачету

1. Распределение молекул по объёму сосуда в отсутствие внешних силовых полей. Флуктуации числа молекул.
2. Биномиальное распределение для числа молекул. Предельные переходы к распределениям Гаусса и Пуассона.
3. Распределение Максвелла по вектору скорости.
4. Распределение Максвелла по модулю скорости. Наиболее вероятная, средняя и средняя квадратичная скорости.
5. Барометрическая формула. Распределение Больцмана, распределение Максвелла-Больцмана. Опыт Перрена.
6. Молекулярно-кинетический расчет давления идеального газа. Основное уравнение кинетической теории газов. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева).
7. Классическая теория теплоёмкости газов и её недостатки.
8. Средняя длина свободного пробега молекул газа (вывод формулы, оценки).
9. Диффузия в газах. Закон Фика, расчёт коэффициента диффузии.
10. Внутреннее трение в газах. Формула Ньютона, расчет вязкости.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

11. Теплопроводность газов. Закон Фурье, расчет коэффициента теплопроводности.
12. Броуновское движение. Формула Эйнштейна. Измерение числа Авогадро.
13. Учёт конечности размера и притяжения молекул. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса и реального газа.
14. Изотермы реального газа. Правило рычага. Фазовые превращения в изохорическом процессе. Критическое состояние, критические параметры газа Ван-дер-Ваальса.
15. Общий и нулевой принципы термодинамики. Измерение температуры. Классификация процессов.
16. Первый принцип термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа. Примеры применения: соотношение Майера, уравнение адиабаты для идеального газа.
17. Вывод выражения для внутренней энергии газа Ван-дер-Ваальса. Расширение газа (идеального, Ван-дер-Ваальса) в пустоту (процесс Джоуля-Гей-Люссака).
18. Процесс Джоуля-Томсона. Энтальпия.
19. Второй принцип термодинамики. Формулировки Томсона и Клаузиуса, их эквивалентность.
20. Цикл Карно и его КПД. Первая теорема Карно.
21. Вторая теорема Карно. КПД произвольного обратимого цикла.
22. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса (с примерами применения).
23. Равенство Клаузиуса. Энтропия. Энтропия идеального газа.
24. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния (примеры - идеальный газ, газ Ван-дер-Ваальса).
25. Неравенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии (с примерами).

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

По данной дисциплине организуется и проводится внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Самостоятельная работа по данной дисциплине состоит из следующих модулей:


- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к экзамену.

При подготовке к лабораторным занятиям и контрольным мероприятиям рекомендуется руководствоваться учебниками и учебными пособиями, в том числе и информацией, полученной в Internet.


Студентам рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над темами и подготовки к практическим занятиям:

- ознакомиться с содержанием темы;
- прочитать материал лекций, при этом нужно составить себе общее представление об излагаемых вопросах;
- прочитать параграфы учебника, относящиеся к данной теме;
- перейти к тщательному изучению материала, усвоить теоретические положения и выводы, при этом нужно записывать основные положения темы (формулировки, определения, термины, воспроизводить отдельные схемы и чертежи из учебника и конспекта лекций).

Форма обучения \_\_\_ очная \_\_\_\_\_

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

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>Раздел 2. Вероятностный метод</b>			
1. Функция статистического распределения. Энтропия.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и зачета</i>	6	Устный опрос, экзамен
2. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и зачета</i>	10	Устный опрос, экзамен
3. Степени свободы атомов и молекул. Распределение Больцмана.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и зачета</i>	10	Устный опрос, экзамен
<b>Раздел 3. Термодинамический метод описания</b>			
1. Начала термодинамики	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена и зачета</i>	10	Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам, экзамен
2. Газы с межмолекулярным взаимодействием. Жидкости и твердые тела	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и зачета</i>	10	Устный опрос, экзамен
3. Фазовые переходы	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена и зачета</i>	8	Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам, экзамен
4. Явления переноса	<i>проработка учебного материала,</i>	10	Устный опрос-

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

	<i>подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена и зачета</i>		допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам, экзамен
--	--	--	---

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Список рекомендуемой литературы


#### Основная литература

1. Белов, Г. В. Термодинамика в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для академического бакалавриата / Г. В. Белов. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 264 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05093-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/434445>
2. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для прикладного бакалавриата / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 265 с. — (Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/431054>
3. Барсуков, В. И. Молекулярная физика и начала термодинамики : учебное пособие / В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 128 с. — ISBN 978-5-8265-1390-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63873.html>

#### Дополнительная литература

1. Бухарова, Г. Д. Молекулярная физика и термодинамика. Методика преподавания : учебное пособие для академического бакалавриата / Г. Д. Бухарова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 221 с. — (Образовательный процесс). — ISBN 978-5-534-09388-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/436993>
2. Звездаина, Н. А. Молекулярная физика. Термодинамика : учебно-методическое пособие по выполнению индивидуальных домашних заданий по физике / Н. А. Звездаина, Н. Б. Пушкарева, Г. В. Сакун. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 44 с. — ISBN 978-5-7996-1394-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68260.html>
3. Бармасов, А. В. Лабораторный практикум по дисциплине "Физика". Разделы "Механика", "Молекулярная физика и термодинамика" / А. В. Бармасов, А. М. Бармасова, М. М. Белов. — СПб. : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 119 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/12492.html>
4. Специальный лабораторный практикум по дисциплине "Физика". Раздел



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

4. **Национальная электронная библиотека** [Электронный ресурс]: электронная библиотека. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://нэб.пф>.

5. **Электронная библиотека диссертаций РГБ** [Электронный ресурс]: электронная библиотека / ФГБУ РГБ. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dvs.rsl.ru>.

6. **Федеральные информационно-образовательные порталы:**

6.1. Информационная система [Единое окно доступа к образовательным ресурсам](http://window.edu.ru). Режим доступа: <http://window.edu.ru>

6.2. Федеральный портал [Российское образование](http://www.edu.ru). Режим доступа: <http://www.edu.ru>

7. **Образовательные ресурсы УлГУ:**

7.1. Электронная библиотека УлГУ. Режим доступа : <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>

7.2. Образовательный портал УлГУ. Режим доступа : <http://edu.ulsu.ru>

Согласовано:

*Зам. нач. УИТиТ*      *Ключкова М.А.*      *Т.В.Ш.*  
 \_\_\_\_\_  
 Должность сотрудника УИТиТ      ФИО      подпись      дата

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:


Аудитории для проведения лекций, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

## 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

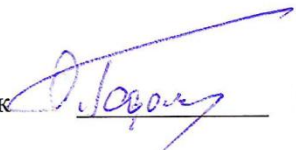
В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик  Зав.кафедрой РФЭ Гурин Н.Т. 