

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Молекулярная физика Б1.Б.10.2**

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Недопекин О.В.

**Рецензент(ы):**

Деминов Р.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Таюрский Д. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 665919

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Недопекин О.В. Кафедра общей физики  
Отделение физики , Oleg.Nedopekin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Б3.Б.2 "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.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.05.01 Астрономия и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина Б3.Б2 "Молекулярная физика" входит в профессиональный цикл (блок Б3) бакалавров по направлению 011200.62 - "Физика" и является обязательной для изучения.

Изучение данной дисциплины базируется на подготовке по физике и математике в рамках Государственного стандарта общего образования, дисциплин подготовки бакалавров по направлению 011200.62 - "Физика": Б3.Б.1 "Механика", Б2.Б.1 "Математический анализ".

Дисциплина является составной частью курса общей физики и служит основой для последующего изучения дисциплин курса общей физики (Б3.Б.3 "Электричество и магнетизм", Б3.Б.4 "Оптика", Б3.Б.5 "Атомная физика", Б3.Б.6 "Физика атомного ядра и элементарных частиц"), для выполнения лабораторных работ в рамках занятий по дисциплине Б3.Б.7 "Общий физический практикум", а также изучения дисциплин Б3.Б.11 "Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика" и Б3.Б.14 "Физика конденсированного состояния".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки);

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- физические основы явлений, связанных с атомарно-корпускулярным строением вещества;
- основные классические и современные экспериментальные результаты в области тепловых явлений, явлений переноса, фазовых переходов;
- основные законы термодинамики, методы термодинамического и статистического описания многочастичных систем;
- принципы работы и устройство современной экспериментальной аппаратуры для исследования тепловых явлений, явлений переноса, фазовых переходов.

2. должен уметь:

- применять статистические и термодинамические методы к описанию явлений, связанных с атомарно-корпускулярным строением вещества;
- использовать методы физических исследований для изучения термодинамических процессов;
- устанавливать взаимосвязь молекулярных явлений с другими разделами физики, и особо, в пограничных областях - физической химии и химической физики;
- использовать современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний

3. должен владеть:

- навыками расчетов в рамках термодинамического и статистического методов описания;
- навыками работы с простейшей измерительной аппаратурой;
- навыками работы с учебной и научной литературой.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- к решению задач, связанных с атомарно-корпускулярным строением вещества
- эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование
- работать с современными образовательными и информационными технологиями

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);  
 55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);  
 54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. ВВЕДЕНИЕ	2	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Термодинамический метод - I	2	2	4	2	0	
3.	Тема 3. Основные параметры молекул и молекулярного движения	2	1	0	2	0	
4.	Тема 4. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики.	2	2,3	4	2	0	
5.	Тема 5. Статистический метод	2	4	4	4	0	
6.	Тема 6. Статистический метод Тепловой контакт между системами	2	5,6,7	4	6	0	
7.	Тема 7. Статистический метод распределения Максвелла, Больцмана	2	7,8,9,10	4	4	0	
8.	Тема 8. Первое начало термодинамики	2	9	2	4	0	
10.	Тема 10. Законы идеального газа	2	10	2	2	0	
11.	Тема 11. Начала термодинамики	2	11-13	4	8	0	
12.	Тема 12. Уравнение Ван дер Вальса Реальные газы	2	13	4	4	0	
13.	Тема 13. Фазовые переходы	2	14	4	4	0	
14.	Тема 14. Жидкости	2	15	4	2	0	
15.	Тема 15. Твердые тела	2	16	2	2	0	
16.	Тема 16. Броуновское движению Кинематические характкристики	2	17	2	4	0	
17.	Тема 17. Явления переноса	2	18	2	4	0	
.	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	Экзамен
	Итого			48	54	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### 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 - I**

### **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.

### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

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.

### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

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.

### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

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.

### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

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.

### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

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.

### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Задачи на первое начало термодинамики, 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.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Задачи на законы идеального газа

**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.

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

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

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

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.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

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.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

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.

#### практическое занятие (2 часа(ов)):

Кристаллическая структура твердых тел

### Тема 16. Броуновское движение 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.

#### практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач на нахождение кинематических характеристик

### 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.

#### практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач на теплопроводность, диффузию, вязкость

## 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. ВВЕДЕНИЕ	2	1	работа с литературой, решение задач	1	устный опрос
2.	Тема 2. Термодинамический метод - I	2	2	работа с литературой, решение задач	2	устный опрос
3.	Тема 3. Основные параметры молекул и молекулярного движения	2	1	работа с литературой, решение задач	1	устный опрос
4.	Тема 4. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики.	2	2,3	работа с литературой, решение задач	2	устный опрос

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Статистический метод	2	4	работа с литературой, решение задач	4	устный опрос
6.	Тема 6. Статистический метод Тепловой контакт между системами	2	5,6,7	работа с литературой, решение задач	4	устный опрос
7.	Тема 7. Статистический метод распределения Максвелла, Больцмана	2	7,8,9,10	работа с литературой, решение задач	4	устный опрос
8.	Тема 8. Первое начало термодинамики	2	9	работа с литературой, решение задач	2	устный опрос
10.	Тема 10. Законы идеального газа	2	10	работа с литературой, решение задач	2	устный опрос
11.	Тема 11. Начала термодинамики	2	11-13	работа с литературой, решение задач	6	контрольная работа
12.	Тема 12. Уравнение Ван дер Вальса Реальные газы	2	13	работа с литературой, решение задач	3	устный опрос
13.	Тема 13. Фазовые переходы	2	14	работа с литературой, решение задач	3	устный опрос
14.	Тема 14. Жидкости	2	15	работа с литературой, решение задач	2	устный опрос
15.	Тема 15. Твердые тела	2	16	работа с литературой, решение задач	2	устный опрос
16.	Тема 16. Броуновское движение Кинематические характеристики	2	17	работа с литературой, решение задач	2	устный опрос
17.	Тема 17. Явления переноса	2	18	работа с литературой, решение задач	2	контрольная работа
	Итого				42	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие формы учебной работы: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

Лекционные занятия сопровождаются демонстрационными опытами, что позволяет студентам пронаблюдать и проанализировать изучаемые явления. Лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, также позволяющего наглядно получать студентам всю необходимую информацию. Материалы курса лекций, список контрольных вопросов, задания для практических занятий и самостоятельной работы, а также методические материалы в форме ЭОР размещены в интернете на сайте Института Физики. Консультации проводятся в обозначенное в расписании время и в режиме "online".

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

### **Тема 1. ВВЕДЕНИЕ**

устный опрос, примерные вопросы:

Предмет молекулярной физики. Агрегатные состояния и фазы вещества. Методы описания явлений (динамический, статистический, термодинамический).

### **Тема 2. Термодинамический метод - I**

устный опрос, примерные вопросы:

Стационарные и равновесные состояния. Термодинамические параметры. Тепловой контакт между системами ? термодинамическое рассмотрение.

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

устный опрос, примерные вопросы:

Число Авогадро. Размеры и массы молекул.

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

устный опрос, примерные вопросы:

Биномиальное распределение

### **Тема 5. Статистический метод**

устный опрос, примерные вопросы:

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

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

устный опрос, примерные вопросы:

Тепловой контакт между системами ? статистическое рассмотрение. Статистическое определение температуры

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

устный опрос, примерные вопросы:

Распределение Больцмана. Средние значения скорости

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

устный опрос, примерные вопросы:

Теплоемкость, внутренняя энергия идеального газа. Теплоёмкость идеального газа.

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

устный опрос, примерные вопросы:

Уравнение Менделеева-Клайперона

### **Тема 11. Начала термодинамики**

контрольная работа, примерные вопросы:

Вариант задания. 1. Первое начало термодинамики. Квазистатические изопроцессы. Уравнение политропического процесса. Зависимость внутренней энергии от температуры и объема. 2. Рассмотрим вертикальный столб воздуха бесконечной высоты и постоянного сечения. Вычислить его теплоемкость, считая воздух идеальным газом, находящимся в постоянном гравитационном поле.

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

устный опрос, примерные вопросы:

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

### **Тема 13. Фазовые переходы**

устный опрос, примерные вопросы:

Фазовые переходы первого и второго рода

### **Тема 14. Жидкости**

устный опрос, примерные вопросы:

Поверхностное натяжение

### **Тема 15. Твердые тела**

устный опрос, примерные вопросы:

Кристаллическая структура

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

устный опрос, примерные вопросы:

Уравнение Эйнштейна

### **Тема 17. Явления переноса**

контрольная работа, примерные вопросы:

Вариант задания 1. Свойства вещества в критическом состоянии. Вычисление параметров критического состояния для газа Ван дер Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван дер Ваальса. 2. Гей-Люссак произвел измерения температуры газа, испытывающего свободное расширение в вакуум. Записать уравнение, определяющее изменение температуры  $dT$  при свободном расширении газа от объема  $V$  до  $V+dV$ .

### **Итоговая форма контроля**

экзамен (в 2 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

#### **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. Кинематические характеристики молекулярного движения.

БИЛЕТ ♦ 13

1. Метод термодинамических потенциалов, преобразование Лежандра.
2. Общее определение и виды процессов переноса. Эмпирические законы.

БИЛЕТ ♦ 14

1. Термодинамическая устойчивость. Принцип Ле Шателье-Брауна.
2. Процессы переноса в жидкостях и твёрдом теле.

БИЛЕТ ♦ 15

1. Молекулярно-кинетическая теория. Принцип детального равновесия. Основное уравнение кинетической теории. Закон Дальтона.
2. Броуновское движение. Случайные блуждания.

БИЛЕТ ♦ 16

1. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда-Джонса.
2. Определение фазы. Равновесие фаз. Классификация Эренфеста фазовых переходов. Правило Гиббса.

БИЛЕТ ♦ 17

1. Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Вириальное уравнение состояния.
2. Полиморфизм и полиморфные превращения. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Сверхтекучесть и сверхпроводимость.

БИЛЕТ ♦ 18

1. Теоретические изотермы Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Метастабильные состояния.
2. Классификация кристаллов. Кристаллические классы и физические типы кристаллов.

БИЛЕТ ♦ 19

1. Эффект Джоуля-Томсона. Методы сжижения газов. Получение сверхнизких температур. Метод адиабатического размагничивания
2. Система в контакте с термостатом. Каноническое распределение Гиббса.

БИЛЕТ ♦ 20

1. Поверхностные явления.
2. Отрицательные температуры.

БИЛЕТ ♦ 21

1. Система в контакте с термостатом. Каноническое распределение Гиббса.
2. Броуновское движение.

БИЛЕТ ♦ 22

1. Неравенство Клаузиуса. Термодинамическое определение энтропии.
2. Жидкие растворы. Осмос.

БИЛЕТ ♦ 23

1. Термодинамическая устойчивость.
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.

**7.1. Основная литература:**

1. Кикоин, А.К. Молекулярная физика. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. - Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2008. ? 480 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/185> ? Загл. с экрана.
2. Иродов, И.Е. Физика макросистем. Основные законы: учебное пособие / И.Е. Иродов. - 6-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 210 с. - Текст: электронный♦// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/84090>
3. Савельев, И.В. Курс общей физики : учебное пособие: в 5 томах / И.В. Савельев. - 5-е изд. - Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. - Том 3: Молекулярная физика и термодинамика - 2011. - 224 с. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/706>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Кузнецов С. И. Физика: Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика: Учебное пособие / С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 248 с.- <http://znanium.com/bookread2.php?book=412940>
2. Иродов, И.Е. Физика макросистем. Основные законы. [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 210 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/84090> ? Загл. с экрана.
3. Телеснин, В.Р. Молекулярная физика. [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2009. ? 368 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/391> ? Загл. с экрана.
4. Лабораторные работы общего физического практикума. Раздел. Молекулярная физика и термодинамика / Казан. гос. ун-т, Физ. фак.; [сост.: Волошин А. В., Еремина Р. М., Захаров Ю. А. (отв. сост.) и др.]- Казань: [Казан. гос. ун-т], 2008.- 127 с.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Академия Хана - <https://ru.khanacademy.org/>

Еремина Р.М., Мутыгуллина А.А., Аганов А.В. МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ТЕМЕ ?ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ? - <http://kpfu.ru/docs/F1428869461/termodinamika.doc>

Термодинамика и молекулярная физика - <https://openedu.ru/course/mipt/TERMDY/>

Физика в опытах -

[https://www.coursera.org/learn/molekulyarnaya-fizika?recoOrder=22&utm\\_medium=email&utm\\_source=ref](https://www.coursera.org/learn/molekulyarnaya-fizika?recoOrder=22&utm_medium=email&utm_source=ref)

Физический практикум молекулярная физика - <http://kpfu.ru/docs/F1032268798/FPmol.pdf>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Молекулярная физика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Аудитория с мультимедийным оборудованием, демонстрационный кабинет, аудитория для практических занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации не предусмотрено .

Автор(ы):

Недопекин О.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.