**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ФГБОУ ВО «ИГУ»
**Кафедра** теоретической физики
**Кафедра** общей и космической физики

**УТВЕРЖДАЮ**
Декан физического факультета
_____ / Н.М. Буднев
"14" апреля 2025 г.

# Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Наименование дисциплины (модуля)**: Б1.О.12.04 Молекулярная физика

**Направление подготовки**: 03.03.02 Физика

**Направленность (профиль) подготовки**: Фундаментальная физика и физика Космоса

**Квалификация выпускника**: бакалавр

**Форма обучения**: очная

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 49 от « 26 » марта 2025 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор
_____ Н.М. Будне

**Рекомендовано кафедрой:**
общей и экспериментальной физики
**Протокол** № 5
от « 21 » февраля 2025 г.
**Зав. кафедрой** д.ф.-м.н., доцент
_____ А.А. Гаврилюк

**Иркутск 2025 г.**

# Содержание

**I. Цели и задачи дисциплины (модуля)** ..... 3
**II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО** ..... 3
**III. Требования к результатам освоения дисциплины** ..... 4
**IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)** ..... 4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов ..... 5
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине ..... 6
4.3. Содержание учебного материала ..... 7
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ ..... 7
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) ..... 9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов ..... 9
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) ..... 10
**V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)** ..... 11
а) *перечень литературы* ..... 11
б) *периодические издания* ..... 11
в) *список авторских методических разработок* ..... 11
*г*) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы* ..... 11
**VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)** ..... 11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: ..... 11
6.2. Программное обеспечение: ..... 12
6.3. Технические и электронные средства: ..... 12
**VII. Образовательные технологии** ..... 12
**VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации** ..... 12

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины является введение в физику молекулярных систем, рассмотрение методов их изучения и современных достижений. Особенности поведения и сложность в описании состояния молекулярных систем приводят к необходимости использования различных подходов: динамического, статистического и термодинамического. Изучение статистических закономерностей требует включения в курс элементарных математических представлений о вероятности, различных способах ее расчета, понятий математического ожидания и дисперсии, функций распределения. Законы термодинамики рассматриваются расширенно, особое внимание уделяется статистическому обоснованию законов, понятиям энтропии, термодинамической температуры, функциям состояния системы. Вводятся основные парадоксы и новые подходы к исследованию поведения больших систем. Рассмотрение после идеальных газов, реальных систем и фазовых переходов позволяет дать представление об изучении реальных процессов в реальных веществах и усложнении математического описания. Также даются базовые понятия об уравнениях переноса, фазовых переходах, методах исследования молекулярных систем. На практических занятиях студенты учатся применять полученные знания при решениях задач, овладевают основами решения типовых задач. Знания, полученные при изучении курса формируют необходимые навыки и составляют основу для дальнейшего освоения курсов, связанных с изучением свойств сложных молекулярных систем. При изучении дисциплины «Молекулярная физика» решаются следующие задачи:

- изучение и овладение методами теории вероятности и математической статистики
- формирование у студентов умений применения знаний при исследовании и построении математических моделей для явлений молекулярной физики;
- овладение студентами знаний по применению статистики при исследовании поведения скоростей молекул и средних величин;
- формирование у студентов навыков самостоятельного приобретения знаний для обоснований основных закономерностей молекулярной физики;
- овладение практическими навыками и приемами расчетов средних величин при известных функциях распределения; теплоемкостей, КПД, работы, внутренней энергии и приращения энтропии при различных термодинамических циклах; изменений термодинамических величин при изопроцессах в газа;
- формирование у студентов опыта применения знаний при исследовании и построении моделей физических процессов переносов (теплопроводность, вязкость, диффузия) и фазовых переходов в реальных системах;
- усвоение студентами идей единства строения материи и неисчерпаемости процесса ее познания, понимание роли практики в познании.

Программа дисциплины ориентирована на развитие у студентов интереса к познанию характера поведения молекулярных систем в различных термодинамических условиях и на приобретение навыков самостоятельного изучения некоторых разделов теории и их приложений.

## II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Молекулярная физика» входит в модуль Общая физика базовой части Б1.Б.08 математического и естественнонаучного цикла основной образовательной программы по направлению 03.03.02 Физика. При изучении «Молекулярная физика» используются знания, приобретенные при изучении «Механики» и «Математического анализа». Дисциплина «Молекулярная физика» является базовой для изучения таких дисциплин как «Статистическая физика», «Физика твердого тела», а также ряда дисциплин модуля «Теоретическая физика: «Теоретическая механика», « Электродинамика» «Термодинамика и статистическая физика», а также ряда других учебных дисциплин профилей «Физика конденсированного состояния вещества», « Физическая кинетика».

Общая трудоемкость дисциплины – 6 зачетных единиц.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3).

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

| Компетенция | Индикаторы компетенций | Результаты обучения |
|---|---|---|
| *ОПК-1* | *ИДК $_{ОПК.1.3}$*<br>Использует базовые знания в области физики в своей профессиональной деятельности | **Знает:**<br>теоретические основы, основные понятия, законы и модели молекулярной физики<br>**Умеет:**<br>понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики.<br>**Владеет:**<br>навыками использования базовых знаний в области физики в профессиональной деятельности |
| *ОПК-2* | *ИДК $_{ОПК.2.1}$*<br>Знает основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений | **Знает:**<br>основные научные методы теоретического и экспериментального исследования физических объектов, процессом и явлений;<br>**Умеет:**<br>применять теоретические знания к решению практических задач;<br>**Владеет:**<br>методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информацией |

## IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 7 зачетных единицы, 252 часов,

в том числе 132 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭлИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 24 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

| № п/н | Раздел дисциплины/тема | Семестр | Всего часов | Из них практическая подготовка обучающихся | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах) | | | | | Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Контактная работа преподавателя с обучающимися | | | | Самостоятельная работа | |
| | | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Консультации | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | | **8** | **9** | **10** |
| **1** | Тема 1. Введение. | **2** | 28,2 | 4 | 2 | 6 | 4 | 0,2 | 16 | Решение задач, опрос, коллоквиум<br>Отчёт по лабораторной работе, собеседование<br>Отчёт по лабораторной работе, собеседование, Решение задач, опрос, коллоквиум, письменный текущий контроль |
| **2** | Тема 2. Элементы статистической теории и законы распределения случайных величин. | **2** | 32,4 | 2 | 4 | 4 | 8 | 0,4 | 16 | |
| **3** | Тема 3. Распределения в молекулярной физике. | **2** | 38,4 | 4 | 8 | 6 | 8 | 0,4 | 16 | |
| **4** | Тема 4. Основные законы термодинамики. | **2** | 34,2 | 4 | 8 | 6 | 4 | 0,2 | 16 | |
| **5** | Тема 5. Циклические процессы в газах. | **2** | 16,2 | 2 | 4 | 6 | | 0,2 | 6 | |
| **6** | Тема 6. Реальные газы и жидкости, твердые тела. | **2** | 40,4 | 4 | 8 | 4 | 12 | 0,4 | 16 | |
| **7** | Тема 7. Процессы переноса в газах и жидкостях. | **2** | 26,2 | 4 | 6 | 8 | 4 | 0,2 | 8 | |
| КОнтроль | | | **10** | | | | | | | |
| КСР | | | | | | | | | | |
| Экзамен | | | **26** | | | | | | | |
| **Итого часов** | | | **252** | **24** | **40** | **40** | **40** | **2** | **94** | |

**4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

| Семестр | Название раздела, темы | Самостоятельная работа обучающихся | | | Оценочное средство | Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Вид самостоятельной работы | Сроки выполнения | Трудоемкость (час.) | | |
| 2 | Все темы | самостоятельное решение задач на практических занятиях | В течение семестра | 16 | Контрольная работа | И. В. Савельев Курс общей физики И.Е. Иродов, «Задачи по общей физике» |
| 2 | Все темы | Работа с учебником, решение домашних задач | В течение семестра | 16 | Контрольная работа | |
| 2 | Темы 1-7 | - изучение теоретической части лабораторной работы;<br>-оформление отчета;<br>- подготовка к отчёту | В течение семестра | 44 | Отчёт, ответы на контрольные вопросы | Вся рекомендуемая литература |
| 2 | Все темы | Закрепление лекционного материала для работы на практических занятиях | В течение семестра | 12 | Опрос | |
| 2 | Все темы | Подготовка к экзамену | К концу семестра | 6 | Экз.вопросы | |
| Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) | | | | 94 | | |

**4.3. Содержание учебного материала**

Содержание разделов и тем дисциплины

***Тема 1***. *Введение.*

*Динамический, термодинамический и статистический подходы к изучению молекулярных систем. Связь структуры и свойств, аллотропные формы углерода. Объекты исследования, цели, методы молекулярной физики.*

***Тема 2.*** *Элементы статистической теории и законы распределения случайных величин.*

*Основы теории вероятности и статистики закономерности. Статистическая обработка результатов измерений в ходе экспериментов. Математическое ожидание и дисперсия дискретной и непрерывной случайной величины. Модель идеального газа. Плотность вероятности и функция распределения непрерывной случайной величины.. Нормальное распределение случайной величины (распределение Гаусса). Биноминальное распределение. Экспериментальная проверка биноминального, нормального распределений.*

***Тема 3.*** *Распределения в молекулярной физике.*

*Статистический ансамбль, понятие среднего по времени и среднего по ансамблю. Эргодическая гипотеза и постулат равновероятности. Распределение молекул по компонентам скорости и модулю скорости (распределение Максвелла). Характерные скорости распределения. Распределение Максвелла по энергии. Характерные энергии распределения. Парадоксы распределений. Экспериментальная проверка биноминального, нормального и распределения Максвелла по скоростям молекул. Понятие макро- и микросостояния, принцип равновероятности микросостояний. Тепловое и термодинамическое равновесие, приближение к равновесию. Принцип детального равновесия. Энтропия и число возможных состояний системы. Теорема о равнораспределении энергии по степеням свободы молекул. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле (распределение Больцмана). Барометрическая формула. Распределение Максвелла-Больцмана. Понятие флуктуации, среднее число частиц, зависимость флуктуаций от числа частиц в системе.*

***Тема 4.*** *Основные законы термодинамики.*

*Объяснение законов термодинамики на основе статистической теории. Первое начало термодинамики. Теплота, работа, энергия, энтропия. Функции состояния системы. Работа и энтропия в изопроцессах. Классическая теория теплоемкости. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Теплоемкость молекулярного водорода. Основы квантовой теории теплоемкости. Второе и третье начала термодинамики. Термодинамический подход (формулировки Клаузиса и Кельвина) и статистический подход. Теоремы Карно. Неравенство Клаузиса. Изменение энтропии в изопроцессах. Поведение энтропии в обратимых и необратимых процессах.*

***Тема 5.*** *Циклические процессы в газах.*

*Изопроцессы в идеальном газе. Уравнение Пуассона для адиабатного процесса. Работа и энтропия при адиабатическом процессе. Политропный процесс. Уравнение политропы. Изопроцессы, как частные случаи политропного процесса. Энтропия, статистический и термодинамический подходы к изучению. Обратимые и необратимые процессы в термодинамике. Циклические процессы в газах. Изменение энтропии в изопроцессах. КПД тепловой машины. Энтропия цикла Карно.*

***Тема 6.*** *Реальные газы и жидкости, твердые тела.*

*Силы межмолекулярного взаимодействия, агрегатные состояния вещества. Потенциал Леннарда-Джонса. Переход вещества из газообразного состояния в жидкое. Изотермы реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода.*

***Тема 7.*** *Процессы переноса в газах и жидкостях.*

*Виды процессов переноса - теплопроводность, вязкость, диффузия. Определение длины свободного пробега. Коэффициенты теплопроводности, внутреннего трения и диффузии. Общее уравнение переноса.*

**4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

| № п/п | № раздела и темы дисциплины | Наименование семинаров, практических и лабораторных работ | Трудоемкость | Оценочные средства | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | (ч.) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| 1 | **1** | Основное уравнение МКТ. | 4 | Тест, проверка задач | ОПК 1 |
| 2 | **2** | Элементы теории вероятности и статистической теории, распределения в физике | 4 | Тест, проверка задач | ОПК 1 |
| 3 | **3** | Распределение Максвелла по компонентам скорости и модулю скорости, распределение по энергии. Характерные скорости и энергии распределения. | 4 | Тест, проверка задач контрольная работа | ОПК 1 |
| 4 | **4** | Первое и второе начала термодинамики. | 4 | Тест, проверка задач | ОПК 1 |
| 5 | **4** | Внутренняя энергия и энтропия | 4 | Тест, проверка задач | ОПК 1 |
| 6 | **4** | Уравнение политропы и адиабаты. | 4 | Тест, проверка задач коллоквиум | ОПК 1 |
| 7 | **5** | Расчет теплоты, работы при изопроцессах . | 6 | Тест, проверка задач | ОПК 1 |
| 8 | **5** | КПД различных циклов | 4 | Тест, проверка задач | ОПК 1 |
| 9 | **6** | Уравнение Ван-Дер-Ваальса, расчет параметров газа. | 4 | Тест, проверка задач | ОПК 1 |
| 10 | **7** | Уравнение переноса | 2 | Тест, проверка задач | ОПК 1 |

| № п/п | **№ раздела и темы дисциплины (модуля)** | **Наименование семинаров, практических и лабораторных работ** | **Трудоемкость (часы)** | **Оценочные средства** | **Формируемые компетенции** |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| 1 | **Молекулярная физика.** Тема 6. Статистическая теория в экспериментах и задачах | Вводное занятие | 2 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |
| | | Лабораторная работа 2-1. Статистический подход к эксперименту. | 4 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |
| 2 | **Молекулярная физика.** Тема 7. Статистические распределения Гаусса и Максвелла | Лабораторная работа 2-2. Распределение термоэлектронов по скоростям. | 8 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |
| 3 | **Молекулярная физика.** Тема 8. Основы молекулярно-кинетической теории газов. | Лабораторная работа 2-3. Молекулярное строение жидкостей и методы определения коэффициента поверхностного натяжения. | 4 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |
| | | Лабораторная работа 2-5. Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул газа. | 4 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | **Молекулярная физика.** Тема 9. Тепловые процессы в газах. | Лабораторная работа 2-8. Определение отношения удельных теплоемкостей воздуха. | 8 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |
| 5 | **Молекулярная физика.** Тема 10. Процессы переноса в газах и жидкостях. | Лабораторная работа 2-6. Определение коэффициента вязкости жидкости. | 2 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |
| | | Лабораторная работа 2-9. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел, слабо проводящих тепло. | 2 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |
| | | Лабораторная работа 2-11. Теплопроводность газов. | 2 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |
| 6 | **Молекулярная физика.** Тема 11. Фазовые переходы | Лабораторная работа 2-7. Изучение фазовых переходов первого рода. | 4 | Допуск к экзамену | ОПК-2 |

**4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)**

| № нед. | Тема | Вид самостоятельной работы | Задание | ИДК |
|---|---|---|---|---|
| **1.** | Все темы | самостоятельное решение задач на практических занятиях | Решить задачу | ОПК-1 |
| **2.** | Все темы | Решение домашних задач | Решить задачу | ОПК-1 |
| **2.** | Все темы | Закрепление лекционного материала для работы на практических занятиях | Вопросы для текущего контроля | ОПК-1 |
| | Темы 1,2,6,9 | Выполнение лабораторной работы | - изучение теоретической части лабораторной работы;<br>-оформление результатов эксперимента;<br>- подготовка к отчёту | ОПК-2 |

**4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-

технической справочной литературой. Каждый студент должен быть готов к показательному решению задачи у доски.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала, полученного на лекциях и на каждом практическом занятии, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Методические указания к выполнению лабораторных работ:

- подробное описание проведения эксперимента, знакомство с описанием лабораторной работы.
- при получении допуска преподаватель обращает внимание на требования к отчетному материалу.
- библиографические справки на источники информации и справочный материал.
- чередование творческой работы на занятиях с заданиями во внеаудиторное время.
- во время допуска дается четкий инструктаж по выполнению самостоятельных заданий, указываются цель, условия выполнения, объем работы и сроки выполнения.
- при отчете лабораторной работы осуществляется текущий учет и контроль за самостоятельной работой студентов.
- дается оценка работы, обобщается уровень усвоения навыков самостоятельной и творческой работы.

Также может быть проведено тестирование по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не предусмотрены

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) *перечень литературы*

*основная литература*


1. *Г. А. Зисман, О. М. Тодес. Курс общей физики [Электронный ресурс] : в 3-х т. / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. - СПб. : Лань, 2007- - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=151. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN RU\BSU\TEST\10250 Т. 1 : Механика, молекулярная физика, колебания и волны. - Москва : Лань, 2007. - 352 с. : ил., табл. - ). - ISBN 978-5-8114-0752-1 : Б. ц.*
2. *И. В. Савельев. Курс физики [Электронный ресурс] : учебное пособие для студ. вузов (гриф Пр.) : в 3 т.. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=347. – Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. Т.1 : Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев. - Москва : Лань, 2008. - 352 с. : ил. - ). - ISBN 978-5-8114-0684-5 : Б. ц.*
3. *А.К. Кикоин, А. К., И. К. Кикоин Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин . - Москва : Лань, 2008. - 480 с. : ил. ; 21 см. - (Лучшие классические учебники) (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0737-8 : Б. ц. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=185*

4. *Молекулярная физика [Текст] : лабораторный практикум / Иркутский гос. ун-т ; ред. И. Г. ; сост. И. Г. Просекина [и др.]. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 183 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 183. – (90 экз.)*


*дополнительная литература*


1. *Сивухин, Д.В.. Общий курс физики [Текст] : учеб. пособие для физ. спец. вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Наука. – Т. 2 : Термодинамика и молекулярная физика. - 1990. - 591 с. : ил. - ISBN 5-02-014187-9. – (42 экз.)*
2. *Иродов, И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] / И. Е. Иродов. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань", 2018. - 416 с. : ил., табл. - (Классические задачники и практикумы) (Учебники для вузов. Специальная литература) (Классическая учебная литература по физике / редсов. : Ж.И.Алферов (пред.) [и др.]). - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0319-6 : Б. ц.*


б) *периодические издания*

- нет.

в) *список авторских методических разработок*

1. В системе образовательного портала ИГУ (http://educa.isu.ru/) размещены методические материалы и задания по данному курсу

*г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

1) НБ ИГУ http://library.isu.ru/ru
2) ЭЧЗ «Библиотех» https://isu.bibliotech.ru/
3) ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/
4) ЭБС «Руконт» http://rucont.ru
5) ЭБС «Айбукс» http://ibooks.ru

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

**6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Лабораторные стенды, позволяющий провести 10 лабораторных работ по всему курсу "Молекулярной физики".

Для проведения занятий лекционного типа в качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: переносной проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Демонстрации:

- *http://school-collection.iv-edu.ru/catalog/rubr/a127a253-6d4f-431c-9d9e-ce1f86260293/78879/?interface=themcol*

Лабораторный практикум по молекулярной физике в специально подготовленной учебной лаборатории..

**6.2. Программное обеспечение:**

- интерактивные программные комплексы: «Открытая физика, 1.0» (части I и II), «Молекулярная физика», компании “Новый диск” 107005, Москва, а/я 42,тел/факс 147-13-38
- стандартные сервисы глобальной сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и научных публикаций в электронном виде.

**6.3. Технические и электронные средства:**

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска. В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующих программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

## VII. Образовательные технологии

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия,** направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;

**текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

## VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

(могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

**Оценочные средства текущего контроля***: Контрольные работы (1 шт.), Коллоквиум (2 шт.), Проверка задач для самостоятельного решения в письменной форме и проверка понимания решения - в устной форме, постоянно. Проверка и обсуждение отчётов по лабораторному практикуму – индивидуально по каждой работе.*

*Контрольные вопросы:*

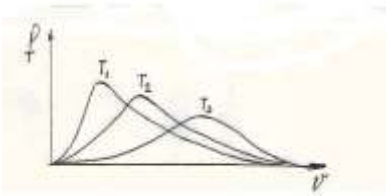
- ✓ *Объекты исследования, цели, методы молекулярной физики.*
- ✓ *Динамический, термодинамический и статистический подходы к изучению молекулярных систем.*
- ✓ *Статистический ансамбль, понятие среднего по времени и среднего по ансамблю.*
- ✓ *Эргодическая гипотеза и постулат равновероятности*
- ✓ *Понятия теории вероятности: случайные события, определение вероятности (классическое, геометрическое, статистическое).*
- ✓ *Теоремы сложения и умножения вероятностей, условная вероятность, нормировка вероятности.*
- ✓ *Плотность вероятности и функция распределения непрерывной случайной величины.*
- ✓ *Распределение молекул газа по объему. Вероятность обнаружения молекулы газа в выделенном объеме, если плотность вероятности постоянна. (показать, что вероятность сводится к соотношению объемов).*
- ✓ *Математическое ожидание, дисперсия. Условие нормировки вероятности.*
- ✓ *Понятие макро- и микросостояния, принцип равновероятности микросостояний, термодинамическое равновесие, приближение к равновесию.*
- ✓ *Понятие идеального газа, теорема о равнораспределении энергии*
- ✓ *Нормальное распределение случайной величины (распределение Гаусса).*
- ✓ *Биномиальное распределение случайных величин.*
- ✓ *Понятие флуктуации, среднее число частиц, зависимость флуктуаций от числа частиц в системе.*
- ✓ *Среднее значение кинетической энергии, основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.*
- ✓ *Удельная теплоемкость идеального газа. Термодинамическая температура. Принцип детального равновесия.*
- ✓ *Распределение молекул по компонентам скорости и модулю скорости (распределение Максвелла)*
- ✓ *Распределение Максвелла по энергии. Характерные скорости и энергии распределения.*
- ✓ *Идеальный газ во внешнем потенциальном поле (распределение Больцмана).*
- ✓ *Барометрическая формула.*
- ✓ *Смесь газов в сосуде – распределение по концентрации.*
- ✓ *Подъемная сила летательных аппаратов с открытой и закрытой оболочками.*
- ✓ *Число степеней свободы молекул, теорема о распределении энергии по степеням свободы.*

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Экзамен в устной форме.

**Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше в п.III:**

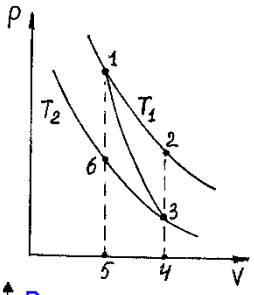
**I.** На рисунке представлена зависимость функции распределения числа частиц по скоростям для трёх значений температур идеального газа (распределение Максвелла). Как соотносятся между собой величины этих температур



**1.** $T_1 > T_2 > T_3$; **2.** $T_1 < T_2 < T_3$;

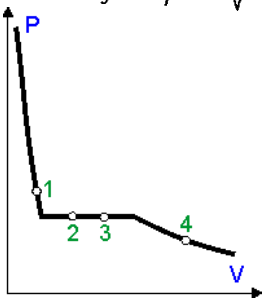
**3.** $T_1 = T_2 = T_3$;

**II.** Площадью какой фигуры на рисунке изображается работа при адиабатном расширении газа?




1. фигура 1-2-3-4-5-6-1;
2. фигура 1-3-4-5-6-1;
3. фигура 1-2-4-5-1;
4. фигура 1-3-4-5-6-1

**III.** На рисунке изображена изотерма пара воды, подвергающегося конденсации. В какой из точек на этой изотерме масса жидкости приблизительно в 2 раза больше массы пара?




1. Точка 1
2. Точка 2
3. Точка 3
4. Точка 4

**IV.** Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатическом увеличении его объема?

1) увеличивается;
2) уменьшается;
3) увеличивается или уменьшается - в зависимости от количества газа;
4) не изменяется.

**V.** Температура 1 моля гелия в запаянном сосуде повысилась с $20\ ^0C$ до $60\ ^0C$, Какое количество теплоты получил гелий? Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31\ \frac{Дж}{К \cdot моль}$

1) 500 Дж
2) 600 Дж
3) 1 кДж
4) 37,4 кДж

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

**Разработчик:**

к.ф-м.н., доцент А.Б. Танаев

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«21» февраля 2025 г.
Протокол № 5
Зав. кафедрой _____ д.ф.-м.н., А.А. Гаврилюк

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**