



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики



### Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.В.11 Молекулярная физика**

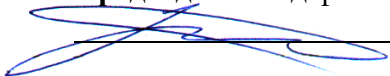
Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**

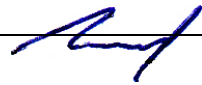
Направленность (профиль) подготовки **Физика – Информатика: углубленная подготовка**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 30 от «31» августа 2021 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор  
 Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:  
общей и экспериментальной физики  
Протокол № 1  
от «30» августа 2021 г.  
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор  
 А.А. Гаврилюк

Иркутск 2021 г.

## Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

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

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

4.3. Содержание учебного материала

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

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

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

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

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

а) основная литература

б) периодические издания

в) список авторских методических разработок Учебное пособие.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

6.2. Программное обеспечение:

6.3. Технические и электронные средства:

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

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 решении 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 В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Молекулярная физика» входит в модуль Общая физика математического и естественнонаучного цикла основной образовательной программы по направлению

03.03.02 Физика. При изучении дисциплины «Молекулярная физика» используются знания, приобретенные при изучении «Механики» и «Математического анализа». Дисциплина «Молекулярная физика» является базовой для изучения таких дисциплин как «Статистическая физика», «Термодинамика», «Физика твердого тела», «Физика фундаментальных взаимодействий», «Физико-химические основы материаловедения» а также ряда дисциплин модуля «Теоретическая физика: «Квантовая теория» «Теория конденсированного состояния», а также ряда учебных дисциплин профилей «теоретическая физика», «физика конденсированного состояния вещества» и других профилей.

### III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
УК-1	<p>УК-1.1. Демонстрирует знание особенностей системного и критического мышления и готовность к нему.</p> <p>УК-1.2. Применяет логические формы и процедуры, способен к рефлексии по поводу собственной и чужой мыслительной деятельности.</p> <p>УК-1.3. Анализирует источник информации с точки зрения временных и пространственных условий его возникновения.</p> <p>УК-1.4. Анализирует ранее сложившиеся в науке оценки информации.</p> <p>УК-1.5. Сопоставляет разные источники информации с целью выявления их противоречий и поиска достоверных суждений.</p> <p>УК-1.6. Аргументированно формирует собственное суждение и оценку информации, принимает обоснованное решение.</p> <p>УК-1.7. Определяет практические последствия предложенного решения</p>	<p>Способен к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>

	задачи.	
<i>ПК-4</i>	<p>ПК-4.1. Умеет: находить с использованием различных источников, научной и учебной литературы, информационных баз данных информацию в области специальных знаний по физике и информатике .</p> <p>ПК-4.2. Владеет: методами анализа специальных знаний с позиций возможного использования их в преподавании физики и информатики.</p> <p>ПК-4.3. Умеет: использовать потенциал вспомогательных дисциплин и специальных знаний в профессиональной педагогической деятельности в предметной области физика и информатика.</p>	<p>Способен осваивать специальные знания в предметной области и использовать их в профессиональной деятельности</p>

#### IV.СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов

Из них 50 часов – практическая подготовка.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

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

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа (в том числе, внеаудиторная СР, КСР)	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		7	216	50	34	100	2	116	
1	Раздел 1. Введение в равновесную термодинамику. Первое начало термодинамики.	7	31	7	5	14	0,3	17	БДЗ, отчет по лабораторным работам/экзамен
2	Раздел 2. Второе начало	7	31	7	5	14	0,3	17	БДЗ, отчет по

	<b>термодинамики. Энтропия.</b>								лабораторным работам/экзамен
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Фазовые переходы.</b>	7	21	5	4	11	0,2	12	БДЗ, отчет по лабораторным работам/экзамен
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Поверхностное натяжение.</b>	7	21	4	2	7	0,1	8	БДЗ, отчет по лабораторным работам/экзамен
<b>5</b>	<b>Раздел 5. Тепловые двигатели.</b>	7	21	5	4	11	0,2	12	БДЗ, отчет по лабораторным работам/экзамен
<b>6</b>	<b>Раздел 6. Основные понятия теории вероятности. Вероятность макросостояния. Флуктуации.</b>	7	21	5	4	11	0,2	12	БДЗ, отчет по лабораторным работам/экзамен
<b>7</b>	<b>Раздел 7. Распределение Максвелла-Больцмана.</b>	7	20	5	4	11	0,2	12	БДЗ, отчет по лабораторным работам/экзамен
<b>8</b>	<b>Раздел 8. Энтропия Больцмана, её связь с информационной энтропией.</b>	7	20	5	4	11	0,2	12	БДЗ, отчет по лабораторным работам/экзамен
<b>9</b>	<b>Раздел 9. Процессы переноса.</b>	7	30	5	4	11	0,2	12	БДЗ, отчет по лабораторным работам/экзамен

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы (в том числе КСР) обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5-й п	<b>Раздел 1. Введение в равновесную термодинамику. Первое начало термодинамики.</b>	Самостоятельное решение задач (БДЗ)	1-я нед.	17	Контрольная работа	Учебная литература из перечня
	<b>Раздел 2. Второе начало термодинамики. Энтропия.</b>		2-3	17		
	<b>Раздел 3. Фазовые переходы.</b>		4-5	12		
	<b>Раздел 4. Поверхностное натяжение.</b>		6	8		
	<b>Раздел 5. Тепловые машины.</b>		7	12		
	<b>Раздел 6. Основные понятия теории вероятности. Вероятность макросостояния. Флуктуации.</b>		8-9	12		
	<b>Раздел 7. Распределение Максвелла-Больцмана.</b>		10-11	12		
	<b>Раздел 8. Энтропия Больцмана, её связь с информационной энтропией.</b>		12-13	12		
	<b>Раздел 9. Процессы переноса.</b>		14	12		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				116		
<b>Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)</b>				0		



### 4.3. Содержание учебного материала

#### **Раздел 1. Введение в равновесную термодинамику. Первое начало термодинамики.**

Тема 1. Термодинамический и статистический подходы к изучению молекулярных систем. Термодинамическая система, термодинамические процессы, термодинамические параметры, функции состояния и функции процессов. Макро- и микросостояния системы.

Тема 2. Нулевое начало термодинамики. Температура как функция состояния. Эмпирическая температура. Калорическое и термическое уравнения состояния термодинамической системы.

Тема 3. Работа газа и количество теплоты как функции процесса. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия как функция состояния. Теплоемкость. Соотношение Майера.

Тема 4. Связь  $C_p$  и  $C_v$  для произвольной термодинамической системы.  $C_p$  для газа Ван-дер-Ваальса.

Тема 5. Изопрцессы в идеальном газе. Уравнение Пуассона для адиабатного процесса. Работа в изопрцессах в идеальном газе. Уравнение адиабаты для газа Ван-дер-Ваальса.

Тема 6. Политропный процесс. Уравнение политропы. Изопрцессы, как частные случаи политропного процесса. Работа в политропных процессах.

#### **Раздел 2. Второе начало термодинамики. Энтропия.**

Тема 7. Энтропия. Второе начало термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Формулировки Клаузиуса и Кельвина. Энтропийная формулировка. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия смешивания для идеального газа, парадокс Гиббса.

Тема 8. Связь калорического и термического уравнений состояния термодинамической системы. Вывод калорического уравнения для идеального газа из уравнения Менделеева-Клапейрона. Закон Джоуля. Внутренняя энергия газа В-д-В.

Тема 9. Термодинамическая температура. Связь между эмпирической и термодинамической температурами.

Тема 10. Термодинамические потенциалы. Соотношения Максвелла. Условия равновесия термодинамических систем.

#### **Раздел 3. Фазовые переходы.**

Тема 11. Понятие фазы. Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов по Эренфесту. Примеры фазовых переходов. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.

Тема 12. Фазовые переходы I рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Скрытая теплота перехода, скачок удельного объема. Фазовая диаграмма. Критическая точка. Критическое состояние вещества.

Тема 13. Изотерма газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы реальных газов. Метастабильные состояния. Правило рычага. Насыщенный пар. Влажность.

#### **Раздел 4. Поверхностное натяжение.**

Тема 14. Свободная энергия приповерхностного слоя жидкости на границе раздела фаз. Коэффициент поверхностного натяжения. Зависимость поверхностного натяжения от температуры. Формула Лапласа. Капиллярные явления. Роль поверхностного натяжения при образовании новой фазы.

## **Раздел 5. Тепловые машины.**

Тема 15. Тепловая машина. КПД тепловой машины. Цикл Карно. Теоремы Карно.

Тема 16. Двигатели внутреннего сгорания, КПД 4-тактного двигателя внутреннего сгорания. Описание тактов.

## **Раздел 6. Основные понятия теории вероятности. Вероятность макросостояния. Флуктуации.**

Тема 17. Основные понятия теории вероятности: случайные, независимые, равновозможные, несовместные, противоположные события. Классическое, статистическое определение вероятности. Полная группа событий. Дискретные и непрерывные случайные величины. Теоремы сложения и умножения вероятностей, условная вероятность, нормировка вероятности.

Тема 18. Математическое ожидание, дисперсия. Плотность вероятности и функция распределения непрерывной случайной величины. Среднее значение непрерывной случайной величины. Условие нормировки вероятности.

Тема 19. Понятия макро и микросостояния. Принцип равновероятности микросостояний. Статистический вес и вероятность макросостояния.

Тема 20. Распределение молекул газа по объему, вероятность обнаружения молекул газа в выделенном объеме. Биномиальное распределение, его предельные формы (Гаусса, Пуассона).

Тема 21. Наиболее вероятное и среднее число молекул газа в выделенном объеме. Размер флуктуации среднего числа молекул в выделенном объеме. Связь величины флуктуации и числа частиц.

## **Раздел 7. Распределение Максвелла-Больцмана.**

Тема 22. Среднее значение кинетической энергии. Число степеней свободы молекулы, распределение энергии по степеням свободы. Связь числа степеней свободы с теплоемкостью. Физический смысл температуры с точки зрения статистической теории.

Тема 23. Нормальное распределение случайной величины (распределение Гаусса).

Тема 24. Распределение молекул по компонентам скорости (как нормальное распределение) и модулю скорости. Распределение молекул по кинетической энергии. Характерные скорости и энергии распределения.

Тема 25. Среднее число ударов молекул о стенку сосуда. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Его вывод на основе статистической теории.

Тема 26. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле (распределение Больцмана). Барометрическая формула.

## **Раздел 8. Энтропия Больцмана, её связь с информационной энтропией.**

Тема 27. Связь вероятности макросостояния с энтропией, формула Больцмана. Равновесное распределение молекул по энергиям. Статистическая сумма. Внутренняя энергия, энтропия, свободная энергия и давление газа, выраженные с помощью статистической суммы.

Тема 28. Элементарные основы теории информации: понятие информации, количество информации, информационная энтропия (Шеннона). Связь энтропий Шеннона и Больцмана. Минимальная энергетическая стоимость одного бита. Избыточность информации и её ценность.

## **Раздел 9. Процессы переноса.**

Тема 29. Поперечное сечение молекулы, длина свободного пробега, время свободного пробега молекулы, частота столкновений молекул. Зависимость плотности потока частиц от расстояния. Время релаксации. Длина свободного пробега в модели твердых сфер.

Тема 30. Общий вид уравнений переноса.

Тема 31. Виды процесса переноса в газах – теплопроводность, вязкость, самодиффузия. Связь между коэффициентами указанных процессов. Формула Пуазёйля для потока газа.

Тема 32. Ультразреженные газы. Особенности процессов переноса в таких газах. Особенности равновесия в газе, разделенном пористой перегородкой. Плотность потока тепла, переносимая ультразреженным газом. Сила трения, действующая на единицу поверхности пластин, при их движении в таком газе.

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

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1	1. Термодинамический и статистический подходы к изучению молекулярных систем. Термодинамическая система, термодинамические процессы, термодинамические параметры, функции состояния и функции процессов. Макро- и микросостояния системы.	3	2	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
2	Тема 2	2. Нулевое начало термодинамики. Температура как функция состояния. Эмпирическая температура. Калорическое и термическое уравнения состояния термодинамической системы.	3	2	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
3	Тема 3	3. Работа газа и количество теплоты как функции процесса. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия как функция состояния. Теплоемкость. Соотношение Майера.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
4	Тема 4	4. Связь $S_r$ и $S_v$ для произвольной термодинамической системы. $S_r$ для газа Ван-дер-Ваальса.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
5	Тема 5	5. Изопроецессы в идеальном газе. Уравнение Пуассона для адиабатного процесса. Работа в изопроецессах в идеальном газе. Уравнение адиабаты для газа Ван-дер-Ваальса.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
6	Тема 6	6. Политропный процесс. Уравнение политропы. Изопроецессы, как частные случаи политропного процесса. Работа в политропных процессах.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
7	Тема 7	7. Энтропия. Второе	4	2	Разноуровневые	УК-1,

		начало термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Формулировки Клаузиуса и Кельвина. Энтропийная формулировка. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия смешивания для идеального газа, парадокс Гиббса.			задачи и задания	ПК-4
8	Тема 8	8. Связь калорического и термического уравнений состояния термодинамической системы. Вывод калорического уравнения для идеального газа из уравнения Менделеева-Клапейрона. Закон Джоуля. Внутренняя энергия газа В-д-В.	4	2	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
9	Тема 9	9. Термодинамическая температура. Связь между эмпирической и термодинамической температурами.	3	2	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
10	Тема 10	10. Термодинамические потенциалы. Соотношения Максвелла. Условия равновесия термодинамических систем.	3	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
11	Тема 11	11. Понятие фазы. Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов по Эрнфесту. Примеры фазовых переходов. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.	4	2	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
12	Тема 12	12. Фазовые переходы I рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Скрытая теплота перехода, скачок удельного объема. Фазовая диаграмма. Критическая точка. Критическое состояние вещества.	4	2	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
13	Тема 13	13. Изотерма газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы реальных газов. Метастабильные состояния. Правило рычага. Насыщенный пар. Влажность.	3	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
14	Тема 14	14. Свободная энергия приповерхностного слоя жидкости на границе раздела фаз. Коэффициент поверхностного	7	4	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4

		натяжения. Зависимость поверхностного натяжения от температуры. Формула Лапласа. Капиллярные явления. Роль поверхностного натяжения при образовании новой фазы.				
15	Тема 15	15. Тепловая машина. КПД тепловой машины. Цикл Карно. Теоремы Карно.	6	3	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
16	Тема 16	16. Двигатели внутреннего сгорания, КПД 4-тактного двигателя внутреннего сгорания. Описание тактов.	4	2	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
17	Тема 17	17. Основные понятия теории вероятности: случайные, независимые, равновозможные, несовместные, противоположные события. Классическое, статистическое определение вероятности. Полная группа событий. Дискретные и непрерывные случайные величины. Теоремы сложения и умножения вероятностей, условная вероятность, нормировка вероятности.	3	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
18	Тема 18	18. Математическое ожидание, дисперсия. Плотность вероятности и функция распределения непрерывной случайной величины. Среднее значение непрерывной случайной величины. Условие нормировки вероятности.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
19	Тема 19	19. Понятия макро и микросостояния. Принцип равновероятности микросостояний. Статистический вес и вероятность макросостояния.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
20	Тема 20	20. Распределение молекул газа по объему, вероятность обнаружения молекул газа в выделенном объеме. Биномиальное распределение, его предельные формы (Гаусса, Пуассона).	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
21	Тема 21	21. Наиболее вероятное	2	1	Разноуровневые	УК-1,

		и среднее число молекул газа в выделенном объеме. Размер флуктуации среднего числа молекул в выделенном объеме. Связь величины флуктуации и числа частиц.			задачи и задания	ПК-4
22	Тема 22	22. Среднее значение кинетической энергии. Число степеней свободы молекулы, распределение энергии по степеням свободы. Связь числа степеней свободы с теплоемкостью. Физический смысл температуры с точки зрения статистической теории.	3	2	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
23	Тема 23	23. Нормальное распределение случайной величины (распределение Гаусса).	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
24	Тема 24	24. Распределение молекул по компонентам скорости (как нормальное распределение) и модулю скорости. Распределение молекул по кинетической энергии. Характерные скорости и энергии распределения.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
25	Тема 25	25. Среднее число ударов молекул о стенку сосуда. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Его вывод на основе статистической теории.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
26	Тема 26	26. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле (распределение Больцмана). Барометрическая формула.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
27	Тема 27	27. Связь вероятности макросостояния с энтропией, формула Больцмана. Равновесное распределение молекул по энергиям. Статистическая сумма. Внутренняя энергия, энтропия, свободная энергия и давление газа, выраженные с помощью статистической суммы.	6	2	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4
28	Тема 28	28. Элементарные основы теории информации: понятие информации, количество	5	3	Разноуровневые задачи и задания	УК-1, ПК-4

		информации, информационная энтропия (Шеннона). Связь энтропий Шеннона и Больцмана. Минимальная энергетическая стоимость одного бита. Избыточность информации и её ценность.				
29	Тема 29	29. Поперечное сечение молекулы, длина свободного пробега, время свободного пробега молекулы, частота столкновений молекул. Зависимость плотности потока частиц от расстояния. Время релаксации. Длина свободного пробега в модели твердых сфер.	3	2	Разноуровневые задачи и задания	ОПК-1, ОПК-2
30	Тема 30	30. Общий вид уравнений переноса.	3	1	Разноуровневые задачи и задания	ОПК-1, ОПК-2
31	Тема 31	31. Виды процесса переноса в газах – теплопроводность, вязкость, самодиффузия. Связь между коэффициентами указанных процессов.	3	1	Разноуровневые задачи и задания	ОПК-1, ОПК-2
32	Тема 32	32. Ультразреженные газы. Особенности процессов переноса в таких газах. Особенности равновесия в газе, разделенном пористой перегородкой. Плотность потока тепла, переносимая ультразреженным газом. Сила трения, действующая на единицу поверхности пластин, при их движении в таком газе. Формула Пуазейля для потока газа.	2	1	Разноуровневые задачи и задания	ОПК-1, ОПК-2

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

1. Ср для газа Ван-дер-Ваальса.
2. Теоремы сложения и умножения вероятностей.
3. Предельные формы биномиального распределения (Гаусса, Пуассона).
4. Связь числа степеней свободы с теплоемкостью.
5. Формула Пуазейля для потока газа.

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

Самостоятельная работа студентов



1. Аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя на семинарских и практических занятиях.

На практических занятиях по дисциплине не менее 1 часа из двух отводится на самостоятельное решение задач. Практические занятия строятся следующим образом:

- Вводная преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).
- Беглый опрос.
- Решение 1-2 типовых задач у доски.
- Самостоятельное решение задач.
- Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

2. Внеаудиторная самостоятельная работа, в основном, выполняется в виде домашних заданий по решению задач по каждой теме курса.

При выполнении аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы используется литература из перечня рекомендуемой литературы.

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

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает доступ к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины (модуля).

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

Обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей).

### **а) перечень рекомендуемой литературы:**

#### **основная литература:**

##### **Матвеев, Алексей Николаевич.**

Молекулярная физика [Текст] : учеб. пособие для физ. спец. вузов / А. Н. Матвеев. - М. : Высш. шк., 1981. - 400 с. : ил. ; 22 см. - Предм. указ.: с. 399-400.  
УДК 539.19(075.8)

##### **Сивухин, Дмитрий Васильевич**

Общий курс физики [Текст] : учеб. пособие для физ. спец. вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Наука. - 22 см.  
Т. 2 : Термодинамика и молекулярная физика. - 1990. - 591 с. : ил. - ISBN 5-02-014187-9  
УДК 536.3(075.8) 539.19(075.8)

##### **Савельев, Игорь Владимирович**

Курс общей физики [Текст] = A course in general physics : учебник в 3 т. / И. В. Савельев. - 17-е изд., стер. - СПб. : Лань. - 21 см. - (Классическая учебная литература по физике). - ISBN 978-5-8114-3987-4.  
Т. 1 : Механика. Молекулярная физика. - 2021. - 432 с. : ил. - Предм. указ.: с. 429-432. - ISBN 978-5-8114-8003-6  
УДК 53(075.8)

##### **Иродов, Игорь Евгеньевич.**

Задачи по общей физике : учеб. пособие / И. Е. Иродов. - 12-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2007. - 416 с. ; 20 см. - (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0319-6  
УДК 53(076)

#### **дополнительная литература:**

##### **Фейнман, Ричард Ф.**

Фейнмановские лекции по физике [Текст] : учеб. пособие / Р. Ф. Фейнман, Р. Лейтон, М.

Сэндс ; пер. с англ. А. В. Ефремова [и др.] ; ред. Я. А. Смородинский. - 7-е изд. - М. : УРСС : Либроком. - 21 см.

Вып. 4 : Кинетика. Теплота. Звук. - 2012. - 260 с. : ил. - Пер. изд. : The Feynman lectures on physics / Richard F. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands. - 2006. - ISBN 978-5-453-00031-9. - ISBN 978-5-397-03102-8

УДК 531.3(075.8)536.1(075.8) 534(075.8)

**Кикоин, Абрам Константинович.**

Молекулярная физика [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по физ. техн. и пед. напр. и спец. / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 480 с. ; 21 см. - (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0737-8

УДК 539.19(075.8)

**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?p11\\_cid=25&p11\\_id=151](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_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) периодические издания**

**в) список авторских методических разработок:**

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

1. Научная библиотека ИГУ [http://library.isu.ru/ru/resources/edu\\_resources/index.html](http://library.isu.ru/ru/resources/edu_resources/index.html)
2. БД книг и продолжающихся изданий [http://ellibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT](http://ellibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT)
3. Электронный читальный зал «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>
4. Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>
5. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» <http://rucont.ru>

**VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

- Лекции и практические занятия проводятся в аудитории оборудованной мультимедийным проектором и ноутбуком.
- Имеется набор для демонстраций
- Используется комплект компьютерных презентаций
- Лабораторный практикум по дисциплине проходит в оборудованной лаборатории (лаб. 330)
- На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.
- Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде.

## **6.2. Программное обеспечение:**

1. ABBY PDF Transformer 3.0 Пакет из 10 наименований лицензий Per Seat (10лиц.) EDU. Код позиции: AT30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.
2. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acdmc. Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014.Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.
3. WinPro10 Rus Upgrd OLP NL Acdmc. Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017 Счет № ФРЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568. Бессрочно.

## **6.3. Технические и электронные средства:**

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов.

Для организации и контроля самостоятельной работы студентов используется ЭОС университета, где размещены необходимые материалы.

## **VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием уникального оборудования.

## **VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Фонд оценочных средств представлен в приложении

*Типы контроля успешности освоения программы студентом :*

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация;
- итоговая государственная аттестация.

Текущий контроль успеваемости – это проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра.

Промежуточная аттестация (зачет, экзамен) - это оценка совокупности знаний, умений, навыков по дисциплине в целом или по ее разделам.

### **Формы промежуточного и итогового контроля**

**Текущая аттестация** проводится еженедельно. Критерий формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях и семинарских занятиях, уровень подготовки к семинарам, выполнение домашних работ.

**Для получения допуска к экзамену** студент обязан решить не менее двух письменных контрольных, выполнить все домашние задания и успешно выступить на семинаре.

**Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.** Кроме того, дисциплина включена в программу Итоговой государственной аттестации. В экзаменационной работе на государственном экзамене имеется как минимум одна задача по данному курсу в каждом варианте.

Устный экзамен проходит по билетам, каждый из которых содержит теоретический вопрос и две задачи. Обобщенная схема билета приведена ниже.

1. Вопрос для проверки уровня обученности ЗНАТЬ  
.....
2. Задача для проверки уровня обученности УМЕТЬ\*  
.....
3. Задача для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ\*

Вопрос содержит один пункт программы курса или его часть. Для получения положительной оценки необходимо набрать сумму баллов по текущей аттестации и экзамену не менее 56 баллов в соответствии с приведенными принципами оценивания учебных достижений (**балльно-рейтинговая система оценивания**):

1. Балльно-рейтинговая система может быть использована как для поощрения студентов за учебные достижения, так и для наложения взыскания при отсутствии соответствующих достижений.
2. Баллы, согласно схеме, приведенной в настоящем документе, студентам выставляет преподаватель, ведущий занятия по курсу общей физики.
3. Оценивание учебных достижений студентов с применением балльно-рейтинговой системы осуществляется в 2 этапа: оценивание текущей успеваемости и оценивание итоговой успеваемости.
4. При оценивании текущей успеваемости во внимание принимаются посещение студентом лекций и семинарских (практических) занятий, своевременность и качество выполнения домашних заданий, итоги написания контрольных работ, итоги участия в работе семинаров, факультативов, студенческих конференций, итоги участия в студенческих предметных олимпиадах, конкурсах и т.п.
5. При оценивании итоговой успеваемости во внимание принимаются сдаваемые студентом зачеты по общему физическому практикуму, сдаваемые студентом экзамены (в том числе, результаты переэкзаменовок).
6. На каждый раздел курса общей физики выделяется 100 баллов, из них
  - Не более 33 баллов студент может получить по результатам работы в течение учебного семестра (без учета общего физического практикума),
  - Не более 25 баллов – по результатам сдачи общего физического практикума,
  - Не более 42 баллов – по итогам сдачи экзамена.
7. Для допуска к экзамену студент должен набрать к концу семестра не менее 30 баллов.
8. За принципиальные пробелы в знании курса, выявленные на экзамене, экзаменуемый преподаватель имеет права штрафовать студента на количество баллов, не превышающее 30.
9. За особые индивидуальные достижения в освоении курса (творческий подход к решению задач, доклады на семинарах, студенческих конференциях, участие в студенческой

олимпиаде по физике и т. п.) экзаменующий преподаватель имеет права прибавлять к рейтингу студента количество баллов, не превышающее 13.

10. В случае пропуска занятий преподаватель имеет право снимать штрафные баллы: по 1 баллу за каждое пропущенное занятие.
11. За невыполнение домашнего задания преподаватель имеет право снимать штрафные баллы: по 1 баллу за каждое невыполненное задание.
12. За выполнение «большого домашнего задания» студент может получить не более 10 баллов (не более 20 баллов за оба задания)
13. В случае несвоевременной сдачи домашнего задания преподаватель имеет право снимать штрафные баллы: по 3 балла за каждую неделю опоздания.
14. При оценивании итоговой успеваемости студентов студенту начисляется:
  - За экзамен – не более 42 баллов;
  - За 1-ю переэкзаменовку – не более 32 баллов;
  - За 2-ю переэкзаменовку – не более 21 балла.
15. В конце семестра студентам может быть предоставлена возможность с помощью дополнительного задания скомпенсировать часть (но не более половины) потерянных по уважительной причине в семестре рейтинговых баллов.
16. Итоговая оценка успеваемости студента за семестр по дисциплине выводится на основе суммирования рейтинговых баллов, полученных им во всех контрольных мероприятиях по данной дисциплине в течение семестра, зачетной и экзаменационной сессий. При этом:
  - Оценке «удовлетворительно» соответствует диапазон от 56 до 60 баллов
  - Оценке «хорошо» соответствует диапазон от 61 до 75 баллов
  - Оценке «отлично» соответствует диапазон от 76 до 100 баллов

<b>Оцениваемые показатели</b>	<b>Максимальное число баллов</b>
Общий физический практикум	25
БДЗ №1	10
БДЗ №2	10
Индивидуальные достижения	13
Экзамен	42
<b>Итого:</b>	<b>100</b>

В процессе контроля проверяется сформированность следующих общекультурных и профессиональных компетенций

- Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности; (ОПК-1)
  - ✓ ОПК-1.3. использует базовые знания в области физики в своей профессиональной деятельности
- Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-2)
  - ✓ ОПК-2.1 Знает основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений
  - ✓ ОПК-2.2 Проводит научные исследования физических объектов и анализирует результаты исследований

По каждой теме разработаны тестовые задания, вопросы для тестов приведены в приложении. Кроме этого к курсу прилагается тест для программируемого контроля содержащий 2 варианта и 50 вопросов. Тест включает следующие виды заданий:


1. задания с единичным выбором ответа
2. задания с множественным выбором
3. задания на установление соответствия
4. задания на установление правильной последовательности

### Перечень вопросов к экзамену:

Все темы курса, содержатся в билетах.

### Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

Пример экзаменационного билета.

 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ <b>ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ</b>
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7</b> По курсу "Молекулярная физика"
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Первое начало термодинамики. Функции состояния. Функции процесса. Их принципиальные различия. Теплоемкость. <math>C_p</math> и <math>C_v</math>, соотношение Майера. Связь числа степеней свободы с теплоемкостью..</li><li>2. Какое количество тепла надо сообщить азоту при изобарическом нагревании, чтобы газ совершил работу <math>A=2,0\text{Дж}</math>?</li><li>3. Вычислите среднюю проекцию и средний модуль проекции скорости молекулы кислорода на выделенную ось при нормальной температуре.</li></ol>
Экзаменационные билеты рассмотрены на заседании Учебно-методической комиссии факультета « _____ » _____ 20__ г. Председатель учебно-методической комиссии <span style="float: right;">Н.М. Буднев</span>

**Разработчик:**

\_\_\_\_\_ доцент Танаев А.Б.  
Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

Протокол № 1 от 30. 08.2021 г.

Зав. Кафедрой  Гаврилюк А.А.

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