

Учреждение образования  
«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор



А.И.Жук

«17»

01 2024 г.

Регистрационный № УД-14-3-159-2024 / уч.

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

6-05-0113-04 Физико-математическое образование  
(математика и физика)

6-05-0113-04 Физико-математическое образование  
(физика и информатика)

2024 г.

Учебная программа составлена на основе примерной учебной программы (22.02.2024, № 6-05-01-027/пр.) и учебных планов специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (математика и физика) (№056 – 2023/у от 23.02.2023); 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (физика и информатика) (№055 – 2023/у от 23.02.2023)

### СОСТАВИТЕЛИ:

Соболь В.Р., заведующий кафедрой физики и методики преподавания физики учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», доктор физико-математических наук, профессор;

Василевский С.А., доцент кафедры физики и методики преподавания физики учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», кандидат физико-математических наук, доцент

### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кисель В.В., доцент кафедры физики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат физико-математических наук, доцент;

Новицкий О.А., доцент кафедры биомеханики учреждения образования «Белорусский государственный университет физической культуры», кандидат физико-математических наук, доцент

### СОГЛАСОВАНО:

Директор

ГУО «Гимназия № 20 г. Минска»



И.Р. Глинская

### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики методики преподавания физики (протокол № 6 от 30.01.2024 г.);

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Р. Соболь

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка» (протокол № 6 от 16.04. 2024 г.)

Оформление учебной программы и сопровождающих ее материалов действующим требованиям Министерства образования Республики Беларусь соответствует

Методист учебно-методического отдела \_\_\_\_\_

Е.В. Тихонова

Директор библиотеки \_\_\_\_\_

Н.П.Сятковская

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Современная физика – часть общечеловеческой культуры, характеризующая интеллектуальный уровень общества, степень понимания основ мироздания. Физика по-прежнему сохраняет роль лидера естествознания, определяя стиль и уровень научного мышления. Именно физика наиболее полно демонстрирует способность человеческого разума к анализу любой сложной ситуации, введению языка для описания этой ситуации, выявлению ее фундаментальных качественных и количественных аспектов и доведению уровня понимания до возможности теоретического предсказания характера и результатов ее развития во времени.

В процессе изучения физики происходит формирование научного типа мышления, которое является универсальным, обеспечивает объективность результата в любой деятельности и связано с творчеством.

Помимо физиков-профессионалов с физикой соприкасаются, так или иначе, специалисты самых различных профессий. Поэтому физика является неотъемлемой частью профессионального образования в большинстве областей человеческой деятельности.

В процессе изучения этой дисциплины у студентов должно сформироваться представление о молекулярной физике как науке, имеющей экспериментальную основу, так и о фундаментальной науке.

**Целью** учебной дисциплины «Молекулярная физика» является формирование профессиональных компетенций учителя физики и овладение прочными навыками их использования для решения теоретических и практических задач.

**Задачи** учебной дисциплины:

- подготовка учителя физики для учреждений, обеспечивающих получение среднего образования;
- формирование у студентов навыков грамотного изложения теоретического материала и умения решать физические задачи;
- формирование у студентов измерительных умений в ходе выполнения лабораторных работ и совершенствование логических умений по проведению анализа и интерпретации полученных результатов;
- получение навыков самостоятельной работы как со стандартным заводским оборудованием, приборами, так и изготовленными для определенных конкретных целей механизмами, конструкциями.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста и связь с другими учебными дисциплинами

Дисциплина «Молекулярная физика» входит в компонент дисциплин модуля «Физика и астрономия». При этом в специальной подготовке преподавателя физики для средних общеобразовательных учреждений эта учебная дисциплина является профильной. В этой дисциплине органично сочетаются вопросы классической и современной физики. В нее включены основные данные о наиболее важных физических фактах и понятиях, законах

и принципах, обозначены границы выполнения изучаемых физических концепций, моделей, теорий, при установке связей между которыми используется исторический подход. Последовательность изложения материала соответствует требованиям учебного плана профильных дисциплин.

Современная физика использует обширный математический аппарат, включающий методы математического анализа и теории функций. Наиболее тесной является связь с такими учебными дисциплинами как «Математический анализ», «Кинематика и статика» и «Динамика».

Программой предусмотрено изучение учебной дисциплины с третьего семестра обучения. Такое начало изучения учебной дисциплины обусловлено необходимостью приобретения студентами достаточной математической подготовки и знаний дисциплины «Кинематика и статика», которую они изучают во втором семестре.

#### **Требования к освоению учебной дисциплины**

Учебная программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования по специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (математика и физика; физика и информатика).

Требования к уровню усвоения содержания учебной дисциплины определены образовательным стандартом высшего педагогического образования первой ступени по циклу общепрофессиональных и специальных дисциплин, в котором указаны общенаучные умения, система предметных знаний и комплекс предметных умений.

В результате изучения дисциплины студент должен

#### **знать:**

- роль и место физики в системе наук о природе и человеческом обществе;
- структуру и динамику развития физической науки, основные этапы развития естественнонаучной картины мира;
- структуру и содержание курса общей физики для педагогических университетов;
- структуру и содержание курса «Молекулярная физика» для педагогических университетов;
- наиболее важные открытия в области молекулярной физики и термодинамики, оказавшие определяющее влияние на развитие техники и технологии;
- методологию и мировоззренческий потенциал физической науки, ее философские и методологические основы и проблемы;
- экспериментальные и теоретические методы научного и учебного физического исследования, методы поиска, анализа и адаптации научной информации по физике и методике ее преподавания;
- физические понятия, законы, принципы и теории, физическую сущность явлений и процессов в природе и технике;

- математический аппарат физики и численные методы решения физических задач;

- особенности и технику всех видов учебного физического эксперимента;

**уметь:**

- пользоваться системой теоретических знаний для решения физических задач;

- пользоваться методами научно-методологического анализа физических процессов, явлений, понятий, теорий и физической картины мира;

- составлять, решать и проводить научно-методический анализ результатов решения физических задач различного уровня сложности;

- использовать программные средства общего и специального назначения в сфере физического образования;

**владеть:**

- методологией планирования, организации и проведения физического эксперимента, анализа и интерпретации результатов эксперимента;

- приемами использования методов математического и компьютерного моделирования физических процессов;

- техникой анализа конкретных физических ситуаций при проектировании их математических и компьютерных моделей;

- навыками свободного применения соответствующего математического аппарата и использования математических методов при решении конкретных физических задач.

Освоение учебной дисциплины «Молекулярная физика» должно обеспечить формирование базовой профессиональной компетенции БПК–9: владеть классическими разделами физики и астрономии для осуществления учебно-исследовательской деятельности.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Молекулярная физика» студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

Форма получения образования – очная. Учебная дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре. На изучение учебной дисциплины «Молекулярная физика» отведено всего 216 часов, из них – 100 аудиторных (математика и физика), 102 аудиторных (физика и информатика). Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 30 часов, лабораторные занятия – 44 часа, практические занятия – 26 часов (математика и физика), 28 часов (физика и информатика). В процессе реализации учебной программы особое место должна занимать организация учебно-исследовательской работы студентов.

Эта работа должна органично включаться в образовательный процесс в сочетании со всеми видами учебных занятий.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**1. Введение.** Предмет молекулярной физики. Термодинамический и статистический подходы к изучению макроскопических систем. Основные положения молекулярно-кинетической теории вещества, экспериментальное ее обоснование. Единица количества вещества - моль.

**2. Основы молекулярно-кинетической теории газов.** Идеальный газ. Давление газа. Абсолютная температура. Единица термодинамической температуры - кельвин. Молекулярно-кинетическое объяснение абсолютной температуры и давления. Температура и давление как статистические величины. Измерение температуры и давления.

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Постоянная Больцмана. Уравнение Клапейрона - Менделеева. Универсальная (молярная) газовая постоянная. Газовые законы.

Распределение скоростей молекул по Максвеллу. Измерение скоростей молекул, опыт Штерна. Экспериментальная проверка распределения молекул по скоростям. Газ в силовом поле. Барометрическая формула. Распределение Максвелла - Больцмана. Экспериментальное определение числа Авогадро. Средняя длина и среднее время свободного пробега молекул. Явления переноса в газах. Диффузия. Внутреннее трение. Теплопроводность. Теплопроводность и внутреннее трение при низком давлении. Вакуум. Получение и методы измерения вакуума.

**3. Основы термодинамики.** Термодинамическая система. Параметры состояния. Термодинамическое равновесие. Внутренняя энергия. Взаимодействие в термодинамических системах. Работа и теплообмен как формы передачи энергии. Функции состояния и функции процесса. Равновесные и неравновесные процессы. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.

Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Политропический процесс. Принцип равномерного распределения энергии по степеням свободы, границы его применимости.

Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Тепловые машины. Цикл Карно. Теоремы Карно. Реальные циклы. Неосуществимость вечных двигателей.

Приведенная теплота. Энтропия. Закон возрастания энтропии в изолированной системе. Статистическое истолкование второго начала термодинамики. Теорема Нернста. Недостижимость абсолютного нуля температур.

**4. Реальные газы и жидкости.** Отступление реальных газов от законов для идеальных газов. Взаимодействие молекул. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Критическое состояние. Экспериментальные

изотермы реального газа. Сопоставление изотерм Ван-дер-Ваальса с экспериментальными изотермами. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля - Томсона. Сжижение газов и получение низких температур.

Фазовые переходы первого рода. Равновесие жидкости и пара, свойства насыщенного пара. Влажность воздуха. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Понятие о фазовых переходах второго рода. Особенность фазовых переходов воды, их роль в природе.

Свойства жидкого состояния. Поверхностный слой. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа. Смачивание и капиллярные явления. Давление насыщенных паров над мениском. Растворы. Осмос. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.

**5 Твердые тела.** Аморфные и кристаллические тела. Анизотропия кристаллов. Классификация кристаллов по типу связей. Дефекты в кристаллах. Жидкие кристаллы. Тепловые свойства кристаллов, тепловое расширение. Плавление и кристаллизация. Диаграмма равновесия твердой, жидкой и газообразной фаз. Тройная точка. Теплоемкость кристаллов. Закон Дюлонга и Пти. Затруднения классической физики в объяснении температурной зависимости теплоемкости твердых тел.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

для специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (математика и физика)

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Молекулярная физика</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>44</b>	<b>116</b>			
<b>1.</b>	<b>Введение</b>	<b>1</b>			<b>2</b>			
1.1.	Предмет молекулярной физики. Термодинамический и статистический подходы к изучению макроскопических систем. Основные положения молекулярно-кинетической теории вещества, их экспериментальное обоснование. Флуктуации и их проявления. Единица количества вещества – моль.	1			2	1. Презентация материала темы. Лекция 1.1. 2. Демонстрации	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
<b>2.</b>	<b>Основы молекулярно-кинетической теории газов</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>40</b>			
2.1.	Идеальный газ. Давление газа. Абсолютная температура. Единица термодинамической температуры – кельвин. Молекулярно-кинетическое				2	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 2.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.



	объяснение абсолютной температуры и давления. Измерение температуры и давления.							
2.2.	Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Постоянная Больцмана. Температура и давление как статистические величины.	2			4	1. Презентация материала темы. Лекция 3.1.	[1, 4, 11]	1. Тест 2. Отчет о выполнении заданий по СРС
2.3.	Уравнение Клапейрона – Менделеева. Универсальная (молярная) газовая постоянная. Газовые законы.				4	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 4.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
2.4.	Идеальные газы.		2		2		[3] №№ 11.18-31.	1. Опрос по теме занятий.
2.5.	Идеальные газы.				2		[3] №№ 11.38-49.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
2.6.	Кинетическая теория газов. Основное уравнение МКТ.		2		2		[3] №№ 11.1-17.	1. Опрос по теме занятий. 2. Самостоятельная работа.
2.7.	Лабораторная работа №2.1 «Изучение основных газовых законов идеального газа» (здесь и далее нумерация лабораторных работ соответствует нумерации, принятой в [5]).			2	2	1. Инструкция лабораторной работы № 2.1 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы № 2.1.	[2] № 2.1.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.8.	Лабораторная работа №2.2 «Определение плотности сыпучих и пористых тел».			2	2	1. Инструкция лабораторной работы №2.2 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.2.	[2] № 2.2.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.

2.9.	Лабораторная работа №2.3 «Определение молярной газовой постоянной».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.3 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.3.	[2] № 2.3.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.10.	Лабораторная работа №2.4 «Определение средней квадратичной скорости молекул воздуха».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.4 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.4.	[2] № 2.4.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.11.	Распределение скоростей молекул по Максвеллу. Измерение скоростей молекул, опыт Штерна. Экспериментальная проверка распределения молекул по скоростям.	2			4	1. Презентация материала темы. Лекция 5.1. 2. Демонстрации	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
2.12.	Газ в силовом поле. Барометрическая формула. Распределение Максвелла – Больцмана. Экспериментальное определение числа Авогадро.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 6.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
2.13.	Средняя длина и среднее время свободного пробега молекул. Явления переноса в газах. Диффузия.				4	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 7.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
2.14.	Внутреннее трение. Теплопроводность.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 8.1. 2. Демонстрация	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест

2.15.	Теплопроводность и внутреннее трение при низком давлении. Вакуум. Получение и методы измерения вакуума.				2	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 9.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
2.16.	Распределение скоростей молекул по Максвеллу. Барометрическая формула.		2		2		[3] №№ 11.50-69.	1. Опрос по теме занятий. 2. Рейтинговая контрольная работа №1
2.17.	Лабораторная работа №2.6 «Исследование барометрической формулы».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.6 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.6.	[2] № 2.6.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.18	Лабораторная работа №2.7 «Исследование распределения частиц в поле силы тяжести».				2	1. Инструкция лабораторной работы №2.7 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.7.	[2] № 2.7.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.19.	Средняя длина свободного пробега молекул.		2				[3] №№ 12.1-19.	1. Опрос по теме занятий. 2. Самостоятельная работа.
2.20.	Явления переноса в газах.		2		2		[3] №№ 12.20-34.	1. Опрос по теме занятий. 2. Тест
2.21.	Лабораторная работа №2.5 «Определение вязкости газов».			4		1. Инструкция лабораторной работы №2.5 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.5.	[2] № 2.5.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.

3.	Основы термодинамики	9	10	6	30			
3.1.	Термодинамическая система. Параметры состояния. Термодинамическое равновесие. Внутренняя энергия. Взаимодействие термодинамических систем. Работа и теплота как формы передачи энергии. Функции состояния и функции процесса. Равновесные и неравновесные процессы.	1			2	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 10.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
3.2.	Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Скорость звука в газах.	2			4	1. Презентация материала темы. Лекция 11.1. 2. Демонстрации	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
3.3.	Политропический процесс. Теплоемкость. Принцип равномерного распределения энергии по степеням свободы, границы его применимости.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 12.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
3.4.	Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Тепловые машины. Цикл Карно. Неосуществимость вечных двигателей.	2			4	1. Презентация материала темы. Лекция 13.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
3.5.	Теоремы Карно. Реальные циклы. Приведенная теплота. Энтропия. Закон возрастания энтропии в изолированной системе.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 14.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест

3.6.	Статистическое истолкование второго начала термодинамики. Теорема Нернста. Недостижимость абсолютного нуля температур.				4	1. Презентация материала темы. Лекция 15.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
3.7.	Теплоемкость газов.		2				[3] №№ 13.1-11.	1. Опрос по теме занятий. 2. Самостоятельная работа.
3.8.	Первое начало термодинамики.		2				[3] №№ 13.12-37.	1. Опрос по теме занятий.
3.9.	Первое начало термодинамики.				4		[3] №№ 13.39-59.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
3.10	Лабораторная работа №2.8 «Определение отношения теплоемкостей газа акустическим методом».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.8. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.8.	[2] № 2.8.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
3.11.	Лабораторная работа №2.9 «Определение отношения теплоемкостей газа методом адиабатного расширения».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.9. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.9.	[2] № 2.9.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
3.12.	Второе начало термодинамики.		4				[3] №№ 14.1-17.	1. Опрос по теме занятий.
3.13.	Второе начало термодинамики.				4		[3] №№ 14.18-32.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
3.14.	Энтропия.		2				[3] №№ 14.33-42.	1. Опрос по теме занятий.

								2. Рейтинговая контрольная работа №2
3.15.	Энтропия.				4		[3] №№ 14.43-49.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Самостоятельная работа.
3.16.	Лабораторная работа №2.24 «Исследование изменения энтропии в изолированной системе».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.24. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.24.	[2] № 2.24.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
<b>4.</b>	<b>Реальные газы и жидкости</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>22</b>			
4.1.	Отступление реальных газов от законов для идеальных газов. Взаимодействие молекул. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Критическое состояние. Экспериментальные изотермы реального газа. Сопоставление изотерм Ван-дер-Ваальса с экспериментальными изотермами.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 16.1	[1, 4, 11]	
4.2.	Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля – Томсона. Сжижение газов и получение низких температур.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 17.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
4.3.	Фазовые переходы первого рода. Равновесие жидкости и пара, свойства насыщенного пара. Влажность воздуха. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Понятие о фазовых переходах второго рода.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 18.1 2. Демонстрации	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест

	Особенности фазовых переходов воды, их роль в природе.						
4.4.	Свойства жидкого состояния. Поверхностный слой. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа. Смачивание и капиллярные явления.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 19.1 2. Демонстрации.	[1, 4, 11]  1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
4.5.	Давление насыщенных паров над мениском. Растворы. Осмос. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.				2	1. Презентация материала темы. Лекция 20.1.	[1, 4, 11]  1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
4.6.	Реальные газы и пары.		2		2		[3] №№ 15.1-21.  1. Опрос по теме занятий.
4.7.	Жидкости и растворы.		2				[3] №№ 15.24-44.  1. Опрос по теме занятий. 2. Рейтинговая контрольная работа №3
4.8.	Жидкости и растворы.				4		[3] №№ 15.47-74.  1. Опрос по теме занятий. 2. Самостоятельная работа.
4.9.	Лабораторная работа №2.10 «Определение удельной теплоемкости жидкости».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.10. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.10.	[2] № 2.10.  1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
4.10.	Лабораторная работа №2.11 «Определение удельной теплоты перехода воды в пар при температуре кипения».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.11. 2. Оборудование в	[2] № 2.11.  1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по

						соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.11.		лабораторной работе.
4.11.	Лабораторная работа №2.13 «Измерение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений поверхностного слоя жидкости».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.13. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.13.	[2] № 2.13.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
4.12.	Лабораторная работа №2.14 «Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости по методу максимального давления в пузырьках».			2	2	1. Инструкция лабораторной работы №2.14. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.14.	[2] № 2.14.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
4.13.	Лабораторная работа №2.17 «Определение вязкости жидкости по Пуазейлю».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.17. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.17.	[2] № 2.17.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
4.14.	Лабораторная работа №2.18 «Исследование зависимости вязкости жидкости от температуры и определение энергии активации ее молекул».			2	2	1. Инструкция лабораторной работы №2.18. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.18.	[2] № 2.18.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.



4.15.	Лабораторная работа №2.23 «Определение коэффициента объемного расширения жидкости по методу Дюлонга и Пти».				2	1. Инструкция лабораторной работы №2.23. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.23.	[2] № 2.23.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
<b>5.</b>	<b>Твердые тела</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>22</b>			
5.1.	Аморфные и кристаллические тела. Анизотропия кристаллов. Классификация кристаллов по типу связей. Дефекты в кристаллах. Жидкие кристаллы.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 21.1 2. Демонстрации.	[1, 4, 11]	
5.2.	Тепловые свойства кристаллов, тепловое расширение. Теплоемкость кристаллов. Закон Дюлонга и Пти. Затруднения классической физики в объяснении температурной зависимости теплоемкости твердых тел.				4	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 22.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
5.3.	Плавление и кристаллизация. Диаграмма равновесия твердой, жидкой и газообразной фаз. Тройная точка.	2			2	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 23.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
5.4.	Свойства твердых тел.		2		2		[3] №№ 16.1-15.	1. Опрос по теме занятий.
5.5.	Фазовые переходы.				4		[3] №№ 16.17-24, 15.23-25.	1. Опрос по теме занятий.
5.6.	Лабораторная работа №2.19 «Определение теплоемкости металлов методом охлаждения».			4	2	1. Инструкция лабораторной работы №2.19. 2. Оборудование в соответствии с	[2] № 2.19.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.

						инструкцией лабораторной работы №2.19.		
5.7.	Лабораторная работа №2.20 «Определение температуры и удельной теплоты плавления кристаллического вещества».			2	2	1.Инструкция лабораторной работы № 2.20. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.20.	[2] № 2.20.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
5.8.	Лабораторная работа №2.21 «Определение коэффициента теплопроводности металлов».			4	2	1.Инструкция лабораторной работы № 2.21. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.21.	[2] № 2.21.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
5.9.	Лабораторная работа №2.22 «Определение среднего коэффициента линейного расширения твердых тел».			2	2	1.Инструкция лабораторной работы № 2.22. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.22.	[2] № 2.22.	1.Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
<b>Итого</b>		<b>30</b>	<b>26</b>	<b>44</b>	<b>116</b>			<b>Экзамен</b>

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

для специальности 6-05-01 13-04 Физико-математическое образование (физика и информатика)

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Молекулярная физика</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>44</b>	<b>114</b>			
	<b>Введение</b>	<b>1</b>			<b>2</b>			
1.	Предмет молекулярной физики. Термодинамический и статистический подходы к изучению макроскопических систем. Основные положения молекулярно-кинетической теории вещества, их экспериментальное обоснование. Флуктуации и их проявления. Единица количества вещества – моль.	1			2	1. Презентация материала темы. Лекция 1.1. 2. Демонстрации	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
2.	<b>Основы молекулярно-кинетической теории газов</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>40</b>			
2.1.	Идеальный газ. Давление газа. Абсолютная температура. Единица термодинамической температуры – кельвин. Молекулярно-кинетическое объяснение абсолютной температуры				2	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 2.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.

	и давления. Измерение температуры и давления.							
2.2.	Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Постоянная Больцмана. Температура и давление как статистические величины.	2			4	1. Презентация материала темы. Лекция 3.1.	[1, 4, 11]	1. Тест 2. Отчет о выполнении заданий по СРС
2.3.	Уравнение Клапейрона – Менделеева. Универсальная (молярная) газовая постоянная. Газовые законы.				4	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 4.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
2.4.	Идеальные газы.		2		2		[3] №№ 11.18-31.	1. Опрос по теме занятий.
2.5.	Идеальные газы.				2		[3] №№ 11.38-49.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
2.6.	Кинетическая теория газов. Основное уравнение МКТ.		2		2		[3] №№ 11.1-17.	1. Опрос по теме занятий. 2. Самостоятельная работа.
2.7.	Лабораторная работа №2.1 «Изучение основных газовых законов идеального газа» (здесь и далее нумерация лабораторных работ соответствует нумерации, принятой в [5]).			2	2	1. Инструкция лабораторной работы № 2.1 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы № 2.1.	[2] № 2.1.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.8.	Лабораторная работа №2.2 «Определение плотности сыпучих и пористых тел».			2	2	1. Инструкция лабораторной работы №2.2 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.2.	[2] № 2.2.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.9.	Лабораторная работа №2.3 «Определение молярной газовой постоянной».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.3 Оборудование в	[2] № 2.3.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы.

						соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.3.		2. Отчет по лабораторной работе.
2.10.	Лабораторная работа №2.4 «Определение средней квадратичной скорости молекул воздуха».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.4 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.4.	[2] № 2.4.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.11.	Распределение скоростей молекул по Максвеллу. Измерение скоростей молекул, опыт Штерна. Экспериментальная проверка распределения молекул по скоростям.	2			4	1. Презентация материала темы. Лекция 5.1. 2. Демонстрации	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
2.12.	Газ в силовом поле. Барометрическая формула. Распределение Максвелла – Больцмана. Экспериментальное определение числа Авогадро.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 6.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
2.13.	Средняя длина и среднее время свободного пробега молекул. Явления переноса в газах. Диффузия.				4	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 7.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
2.14.	Внутреннее трение. Теплопроводность.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 8.1. 2. Демонстрация	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
2.15.	Теплопроводность и внутреннее трение при низком давлении. Вакуум. Получение и методы измерения вакуума.				2	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 9.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
2.16.	Распределение скоростей молекул по Максвеллу. Барометрическая формула.		2		2		[3] №№ 11.50-69.	1. Опрос по теме. 2. Рейтинговая контрольная работа №1

2.17	Лабораторная работа №2.6 «Исследование барометрической формулы».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.6 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.6.	[2] № 2.6.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.18	Лабораторная работа №2.7 «Исследование распределения частиц в поле силы тяжести».				2	1. Инструкция лабораторной работы №2.7 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.7.	[2] № 2.7.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
2.19.	Средняя длина свободного пробега молекул.		2				[3] №№ 12.1-19.	1. Опрос по теме занятий. 2. Самостоятельная работа.
2.20.	Явления переноса в газах.		2		2		[3] №№ 12.20-34.	1. Опрос по теме занятий. 2. Тест
2.21.	Лабораторная работа №2.5 «Определение вязкости газов».			4		1. Инструкция лабораторной работы №2.5 Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.5.	[2] № 2.5.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
<b>3.</b>	<b>Основы термодинамики</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>30</b>			
3.1.	Термодинамическая система. Параметры состояния. Термодинамическое равновесие. Внутренняя энергия. Взаимодействие термодинамических систем. Работа и теплота как формы передачи энергии. Функции состояния и функции	1			2	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 10.1.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.

	процесса. Равновесные и неравновесные процессы.							
3.2.	Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Скорость звука в газах.	2			4	1. Презентация материала темы. Лекция 11.1. 2. Демонстрации	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
3.3.	Политропический процесс. Теплоемкость. Принцип равномерного распределения энергии по степеням свободы, границы его применимости.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 12.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
3.4.	Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Тепловые машины. Цикл Карно. Неосуществимость вечных двигателей.	2			4	1. Презентация материала темы. Лекция 13.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
3.5.	Теоремы Карно. Реальные циклы. Приведенная теплота. Энтропия. Закон возрастания энтропии в изолированной системе.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 14.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
3.6.	Статистическое истолкование второго начала термодинамики. Теорема Нернста. Недостижимость абсолютного нуля температур.				4	1. Презентация материала темы. Лекция 15.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
3.7.	Теплоемкость газов.		2				[3] №№ 13.1-11.	1. Опрос по теме занятий. 2. Самостоятельная работа.
3.8.	Первое начало термодинамики.		2				[3] №№ 13.12-37.	1. Опрос по теме занятий.

3.9.	Первое начало термодинамики.		2		2		[3] №№ 13.39-59.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
3.10	Лабораторная работа №2.8 «Определение отношения теплоемкостей газа акустическим методом».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.8. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.8.	[2] № 2.8.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
3.11.	Лабораторная работа №2.9 «Определение отношения теплоемкостей газа методом адиабатного расширения».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.9. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.9.	[2] № 2.9.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
3.12.	Второе начало термодинамики.		4				[3] №№ 14.1-17.	1. Опрос по теме занятий.
3.13.	Второе начало термодинамики.				4		[3] №№ 14.18-32.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
3.14.	Энтропия.		2				[3] №№ 14.33-42.	1. Опрос по теме занятий. 2. Рейтинговая контрольная работа №2
3.15.	Энтропия.				4		[3] №№ 14.43-49.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Самостоятельная работа.
3.16.	Лабораторная работа №2.24 «Исследование изменения энтропии в изолированной системе».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.24. 2. Оборудование в соответствии с	[2] № 2.24.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.



						инструкцией лабораторной работы №2.24.		
<b>4.</b>	<b>Реальные газы и жидкости</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>22</b>			
4.1.	Отступление реальных газов от законов для идеальных газов. Взаимодействие молекул. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Критическое состояние. Экспериментальные изотермы реального газа. Сопоставление изотерм Ван-дер-Ваальса с экспериментальными изотермами.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 16.1	[1, 4, 11]	
4.2.	Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля – Томсона. Сжижение газов и получение низких температур.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 17.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
4.3.	Фазовые переходы первого рода. Равновесие жидкости и пара, свойства насыщенного пара. Влажность воздуха. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Понятие о фазовых переходах второго рода. Особенности фазовых переходов воды, их роль в природе.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 18.1 2. Демонстрации	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
4.4.	Свойства жидкого состояния. Поверхностный слой. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа. Смачивание и капиллярные явления.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 19.1 2. Демонстрации.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС. 2. Тест
4.5.	Давление насыщенных паров над мениском. Растворы. Осмос. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.				2	1. Презентация материала темы. Лекция 20.1.	[1, 4, 11,]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
4.6.	Реальные газы и пары.		2		2		[3] №№ 15.1-21.	1. Опрос по теме занятий.
4.7.	Жидкости и растворы.		2				[3] №№	1. Опрос по теме

							15.24-44.	занятий. 2. Рейтинговая контрольная работа №3
4.8.	Жидкости и растворы.				4		[3] №№ 15.47-74.	1. Опрос по теме занятий. 2. Самостоятельная работа.
4.9.	Лабораторная работа №2.10 «Определение удельной теплоемкости жидкости».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.10. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.10.	[2] № 2.10.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
4.10.	Лабораторная работа №2.11 «Определение удельной теплоты перехода воды в пар при температуре кипения».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.11. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.11.	[2] № 2.11.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
4.11.	Лабораторная работа №2.13 «Измерение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений поверхностного слоя жидкости».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.13. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.13.	[2] № 2.13.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
4.12.	Лабораторная работа №2.14 «Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости».			2	2	1. Инструкция лабораторной работы №2.14. 2. Оборудование в	[2] № 2.14.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по

	по методу максимального давления в пузырьках».					соответствии с инструкцией лаб. раб. №2.14.		лабораторной работе.
4.13.	Лабораторная работа №2.17 «Определение вязкости жидкости по Пуазейлю».			2		1. Инструкция лабораторной работы №2.17. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.17.	[2] № 2.17.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
4.14.	Лабораторная работа №2.18 «Исследование зависимости вязкости жидкости от температуры и определение энергии активации ее молекул».			2	2	1. Инструкция лабораторной работы №2.18. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.18.	[2] № 2.18.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
4.15.	Лабораторная работа №2.23 «Определение коэффициента объемного расширения жидкости по методу Дюлонга и Пти».				2	1. Инструкция лабораторной работы №2.23. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.23.	[2] № 2.23.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
<b>5.</b>	<b>Твердые тела</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>22</b>			
5.1.	Аморфные и кристаллические тела. Анизотропия кристаллов. Классификация кристаллов по типу связей. Дефекты в кристаллах. Жидкие кристаллы.	2			2	1. Презентация материала темы. Лекция 21.1 2. Демонстрации.	[1, 4, 11]	
5.2.	Тепловые свойства кристаллов, тепловое расширение. Теплоемкость кристаллов. Закон Дюлонга и Пти.				4	1. Материалы на электронных носителях.	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.

	Затруднения классической физики в объяснении температурной зависимости теплоемкости твердых тел.					Лекция 22.1		
5.3.	Плавление и кристаллизация. Диаграмма равновесия твердой, жидкой и газообразной фаз. Тройная точка.	2			2	1. Материалы на электронных носителях. Лекция 23.1	[1, 4, 11]	1. Отчет о выполнении заданий по СРС.
5.4.	Свойства твердых тел.		2		2		[3] №№ 16.1-15.	1. Опрос по теме занятий.
5.5.	Фазовые переходы.				4		[2] №№ 16.17-24, 15.23-25.	1. Опрос по теме занятий.
5.6.	Лабораторная работа №2.19 «Определение теплоемкости металлов методом охлаждения».			4	2	1. Инструкция лабораторной работы №2.19. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.19.	[2] № 2.19.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
5.7.	Лабораторная работа №2.20 «Определение температуры и удельной теплоты плавления кристаллического вещества».			2	2	1. Инструкция лабораторной работы № 2.20. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.20.	[2] № 2.20.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
5.8.	Лабораторная работа №2.21 «Определение коэффициента теплопроводности металлов».			4	2	1. Инструкция лабораторной работы № 2.21. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лаб. работы №2.21.	[2] № 2.21.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.

5.9.	Лабораторная работа №2.22 «Определение среднего коэффициента линейного расширения твердых тел».			2	2	1. Инструкция лабораторной работы № 2.22. 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №2.22.	[2] № 2.22.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
<b>Итого</b>		<b>30</b>	<b>28</b>	<b>44</b>	<b>114</b>			Экзамен

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### Основная литература

1. Кикоин, А. К. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/210119>. – Дата доступа: 11.03.2024.
2. Общая физика [Электронный ресурс] : практикум : учеб. пособие / В. А. Бондарь [и др.] // Репозиторий БГПУ. – Режим доступа: <http://elib.bspu.by/handle/doc/7419>. – Дата доступа: 11.03.2024.
3. Общая физика [Электронный ресурс] : сб. задач : учеб. пособие / В. А. Яковенко [и др.] // Репозиторий БГПУ. – Режим доступа: <http://elib.bspu.by/handle/doc/11939>. – Дата доступа: 11.03.2024.
4. Савельев, И. В. Курс общей физики [Электронный ресурс] : учеб. для вузов : в 3 т. / И. В. Савельев. – 19-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2023. – Т. 1 : Механика. Молекулярная физика. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/341150>. – Дата доступа: 11.03.2024.

#### Дополнительная литература

5. Бондарев, Б. В. Курс общей физики : учебник : в 3 кн. / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. – М. : Юрайт, 2019. – Кн. 3 : Термодинамика. Статистическая физика. Строение вещества. – 369 с.
6. Боровский, Г. А. Общая физика : курс лекций с компьютер. поддержкой : в 2 т. / Г. А. Боровский, Э. В. Бурсиан. – М. : Владос-Пресс, 2001. – 2 т.
7. Василевский, С. А. Молекулярная физика и термодинамика : курс лекций / С. А. Василевский, В. Н. Котло, И. А. Вабищевич. – Минск : Беларус. гос. пед. ун-т, 2008. – 192 с.
8. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие / И. Е. Иродов. – М. : Бином : Лаб. знаний, 2012. – 431 с.
9. Калашников, С. Г. Основы физики : упражнения и задачи / С. Г. Калашников, М. А. Смондырев. – М. : Дрофа, 2001. – 532 с.
10. Леденев, А. Н. Физика : учеб. пособие для студентов вузов : в 5 кн. / А. Н. Леденев. – М. : Физматлит, 2005. – Кн. 2 : Молекулярная физика и термодинамика. – 208 с.
11. Телеснин, В. Р. Молекулярная физика : учеб. пособие / В. Р. Телеснин. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2009. – 368 с.
12. Трофимова, Т. Н. Курс физики : учеб. пособие / Т. Н. Трофимова. – М. : Высш. шк., 1990. – 479 с.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ФОРМЫ И МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ

Для освоения данной учебной дисциплины предусмотрены следующие формы работы: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельное изучение материала.

На лекциях излагается теоретический материал учебной дисциплины. Особое внимание следует уделять демонстрационному эксперименту в процессе чтения лекций, что подчеркивает практическую направленность изучаемого материала. Практические занятия должны быть направлены на приобретение студентами навыков использования полученных теоретических знаний при решении конкретных физических задач. Лабораторные работы должны быть рассчитаны на приобретение студентами навыков самостоятельной работы с физическими приборами и оборудованием. Они должны быть организованы таким образом, чтобы студенты ясно представляли сущность исследуемых физических явлений и законов, понимали методику измерений, умели пользоваться приборами, осмысливать полученные результаты, оценивать их точность.

Методика их организации и проведения должна способствовать развитию креативных способностей каждого студента и приобретению ими навыков самостоятельной работы.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Целями самостоятельной работы студентов являются:

- активизация учебно-познавательной деятельности обучающихся;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного применения знаний на практике;

Самостоятельная работа выполняется по заданию и при методическом руководстве лица из числа профессорско-преподавательского состава и контролируется на определенном этапе обучения.

Текущий контроль осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ, теоретических и практических заданий для самостоятельной проработки. Самостоятельная работа студента методически организуется путем выполнения домашних заданий по материалу, пройденному на лекционных, лабораторных и практических занятиях.

Особое внимание необходимо обращать на организацию индивидуальной работы студента под руководством преподавателя. Эта работа должна проводиться с учетом индивидуальных особенностей каждого студента с помощью системы индивидуальных заданий.

Самостоятельная работа студентов проводится в объеме, предусмотренном учебным планом.



## ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

для специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование  
(математика и физика)

№ п/п	Название темы, раздела	Кол-во часов на СРС	Задание	Форма выполнения
1.	Введение: предмет молекулярной физики. Термодинамический и статистический подходы к изучению макроскопических систем. Основные положения молекулярно-кинетической теории вещества, их экспериментальное обоснование. Флуктуации и их проявления. Единица количества вещества – моль.	4	[1, 4, 11] Введение.	Письменный отчет о выполнении заданий по СРС.
2.	Основы молекулярно-кинетической теории газов	34	[1, 4, 11] [3] №№ 11.18-31, 38-49, 1-17, 50-69, 12.1-19, 20-34 [2] № 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, 2.7, 2.5	Компьютерный тест «Основы МКТ». Опрос. Тестовое задание по практическим занятиям Контрольный допуск к выполнению лабораторных работ. Отчет по лабораторным работам.
3.	Основы термодинамики	36	[1, 4, 11] [3] №№ 13.1-11, 12-37, 39-59, 14.1-17, 18-32, 33-42, 43-49 [2] № 2.8, 2.9, 2.24	Результаты компьютерных занятий. Компьютерный тест «Основы термодинамики». Тестовое задание по практическим занятиям

				Контрольный допуск к выполнению лабораторных работ. Отчет по лабораторным работам.
4.	Реальные газы и жидкости	32	[1, 4, 11] [3] №№ 15.1-21, 24-44, 47-74 [2] № 2.10, 2.11, 2.13, 2.14, 2.17, 2.18, 2.23	Компьютерный тест «Реальные газы и жидкости». Тестовое задание по практическим занятиям Контрольный допуск к выполнению лабораторных работ. Отчет по лабораторным работам.
5.	Твердые тела	10	[1, 4, 11] [3] №№ 16.1-15, 17-24, 15.23-25 [2]1 № 2.19, 2.20, 2.21, 2.22	Результаты компьютерных занятий. Опрос. Тестовое задание по практическим занятиям. Контрольный допуск к выполнению лабораторных работ. Отчет по лабораторным работам.
<b>Итого</b>		<b>116</b>		

## ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

для специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (физика  
и информатика)

№ п/п	Название темы, раздела	Кол-во часов на СРС	Задание	Форма выполнения
1.	Введение: предмет молекулярной физики. Термодинамический и статистический подходы к изучению макроскопических систем. Основные положения молекулярно-кинетической теории вещества, их экспериментальное обоснование. Флуктуации и их проявления. Единица количества вещества – моль.	4	[1, 4, 11] Введение.	Письменный отчет о выполнении заданий по СРС.
2.	Основы молекулярно-кинетической теории газов	34	[1, 4, 11] [3] №№ 11.18-31, 38-49, 1-17, 50-69, 12.1-19, 20-34 [2] № 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, 2.7, 2.5	Компьютерный тест «Основы МКТ». Опрос. Тестовое задание по практическим занятиям Контрольный допуск к выполнению лабораторных работ. Отчет по лабораторным работам.
3.	Основы термодинамики	34	[1, 4, 11] [3] №№ 13.1-11, 12-37, 39-59, 14.1-17, 18-32, 33-42, 43-49 [2] № 2.8, 2.9, 2.24	Результаты компьютерных занятий. Компьютерный тест «Основы термодинамики». Тестовое задание по практическим занятиям Контрольный допуск к выполнению

				лабораторных работ. Отчет по лабораторным работам.
4.	Реальные газы и жидкости	32	[1, 4, 11] [3] №№ 15.1-21, 24-44, 47-74 [2] № 2.10, 2.11, 2.13, 2.14, 2.17, 2.18, 2.23	Компьютерный тест «Реальные газы и жидкости». Тестовое задание по практическим занятиям Контрольный допуск к выполнению лабораторных работ. Отчет по лабораторным работам.
5.	Твердые тела	10	[1, 4, 11] [3] №№ 16.1-15, 17-24, 15.23-25 [2]1 № 2.19, 2.20, 2.21, 2.22	Результаты компьютерных занятий. Опрос. Тестовое задание по практическим занятиям. Контрольный допуск к выполнению лабораторных работ. Отчет по лабораторным работам.
<b>Итого</b>		<b>114</b>		

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Основными средствами диагностики усвоения знаний, умений и овладения необходимыми навыками по учебной дисциплине являются:

– фронтальный опрос на лекционных занятиях, направлен на систематизацию знаний студентов, определение уровня готовности аудитории к восприятию нового материала, а также на формирование у преподавателя представление об усвоении студентами основополагающих понятий и законов изучаемой учебной дисциплины;

– проверка практических заданий, выполняемых на лабораторных занятиях, представляет собой диагностику систематичности подготовки студентов к занятиям и уровня усвоения ими практико-ориентированного содержания программного материала учебной дисциплины;

– групповые и индивидуальные консультации студентов, которые предназначены для диагностики уровня овладения знаниями, умениями и навыками, устранения возможных ошибок, пробелов в знаниях студентов;

– самостоятельные работы используются для определения индивидуальных особенностей, темпа продвижения студентов и усвоения ими необходимых знаний;

– компьютерное тестирование позволяет быстро провести диагностику усвоения студентами учебного материала как по отдельным темам и разделам учебной дисциплины, так и по учебной дисциплине в целом.

С целью текущего контроля предусматривается проведение нескольких рейтинговых контрольных работ.

**ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА»**

1. Предмет молекулярной физики.
2. Основные положения молекулярно кинетической теории (МКТ) вещества и их экспериментальное обоснование.
3. Флуктуации и их проявления.
4. Статистический и термодинамический подходы к изучению микроскопических систем.
5. Идеальный газ.
6. Давление газа.
7. Температура.
8. Молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры.
9. Измерение давления и температуры.
10. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
11. Постоянная Больцмана.
12. Температура и давление как статистические величины.
13. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
14. Молярная (универсальная) газовая постоянная.
15. Газовые законы.
16. Распределение скоростей молекул по Максвеллу.
17. Измерение скоростей молекул. Опыт Штерна.
18. Экспериментальная проверка распределения молекул по скоростям.
19. Газ в силовом поле. Барометрическая формула.
20. Распределение Больцмана.
21. Экспериментальное определение числа Авогадро.
22. Средняя длина и среднее время свободного пробега молекул.
23. Явления переноса в газах.
24. Диффузия.
25. Внутреннее трение (вязкость) газов.
26. Теплопроводность газов.
27. Теплопроводность и внутреннее трение при низких давлениях.
28. Вакуум. Получение и методы измерения низких давлений.
29. Термодинамическая система (ТДС). Параметры состояния. Термодинамическое равновесие. Равновесные и неравновесные процессы.
30. Внутренняя энергия. Взаимодействие ТДС. Работа и теплота как форма обмена энергиями между ТДС.
31. Функции состояния и функции процесса.
32. Первое начало термодинамики.
33. Применение I начала термодинамики к изопроцессам.
34. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона.
35. Скорость звука в газах.

36. Политропический процесс.
37. Теплоемкость.
38. Принцип равномерного распределения энергии по степеням свободы и границы его применимости.
39. Второе начало термодинамики.
40. Невозможность создания вечных двигателей.
41. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Тепловые машины.
42. Цикл Карно.
43. Теоремы Карно.
44. Реальные циклы.
45. Приведенная теплота. Энтропия. Закон возрастания энтропии в изолированной системе.
46. Статистический характер II начала термодинамики.
47. Теорема Нернста.
48. Недостижимость абсолютного нуля температуры.
49. Отступление реальных газов от законов для идеальных газов.
50. Взаимодействие молекул.
51. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ.
52. Критическое состояние.
53. Сопоставление изотерм Ван-дер-Ваальса с экспериментальными изотермами реального газа.
54. Внутренняя энергия реального газа.
55. Эффект Джоуля-Томсона.
56. Сжижение газов.
57. Получение низких температур.
58. Фазовые переходы I рода.
59. Равновесие жидкости и пара.
60. Свойства насыщенного пара.
61. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
62. Понятие о фазовых переходах II рода.
63. Влажность воздуха.
64. Особенности фазовых переходов воды и их роль в природе.
65. Свойства жидкого состояния.
66. Поверхностный слой.
67. Поверхностное натяжение.
68. Смачивание.
69. Формула Лапласа.
70. Капиллярные явления.
71. Давление насыщенного пара над мениском.
72. Растворы. Осмос. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.
73. Аморфные и кристаллические тела.
74. Анизотропия кристаллов.

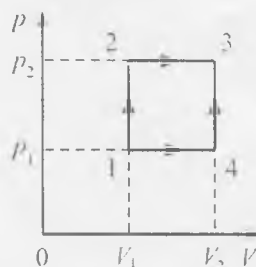
75. Классификация кристаллов по типу связей.
76. Дефекты в кристаллах.
77. Жидкие кристаллы.
78. Тепловые свойства кристаллов.
79. Тепловое расширение.
80. Теплоемкость кристаллов. Закон Дюлонга и Пти. Трудности классической физики в объяснении температурной зависимости теплоемкости твердых тел.
81. Плавление и кристаллизация.
82. Диаграмма равновесия твердой, жидкой и газообразной фаз.
83. Тройная точка.



## ПРИМЕРЫ КОМПЕТЕНТНОСТНО – ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАНИЙ

1. В сосуде объемом  $1 \text{ дм}^3$  содержится некоторый газ при температуре  $17^\circ\text{C}$ . Найдите приращение давления газа, если вследствие утечки газа из него выйдет  $10^{21}$  молекул.
2. Для дальней космической связи используется спутник объемом  $100 \text{ м}^3$ , наполненный воздухом при нормальных условиях. Метеорит пробивает в его корпусе отверстие площадью  $S = 1,0 \text{ см}^2$ . Найдите время, через которое давление внутри спутника изменится на  $1,0\%$ . Температуру газа считайте неизменной.
3. Для дальней космической связи используется спутник объемом  $100 \text{ м}^3$ , наполненный воздухом при нормальных условиях. Метеорит пробивает в его корпусе отверстие площадью  $S = 1,0 \text{ см}^2$ . Найдите время, через которое давление внутри спутника изменится на  $1,0\%$ . Температуру газа считайте неизменной.
4. Открытая стеклянная колба вместимостью  $0,40 \text{ дм}^3$ , содержащая воздух, нагрета до  $127^\circ\text{C}$ . Какой объем займет вода в колбе при остывании ее до  $27^\circ\text{C}$ , если после нагревания ее горлышко опустить в воду?
5. Сколько качаний поршневого насоса потребуется для того, чтобы давление в баллоне объемом  $V_0 = 1,5 \text{ дм}^3$  уменьшить в  $k = 100$  раз? Объем камеры насоса  $V = 100 \text{ см}^3$ . Изменением температуры при откачивании газа пренебречь.
6. Приняв, что воздух по массе состоит из  $76\%$  азота,  $23\%$  кислорода и  $1\%$  аргона, найдите массу 1 моль воздуха.
7. При подъеме вертолета на некоторую высоту барометр, находящийся в его кабине, изменил свое показание на  $11 \text{ кПа}$ . На какой высоте летит вертолет, если на взлетной площадке барометр показывал  $0,1 \text{ МПа}$ ? Температуру воздуха считайте всюду одинаковой и равной  $17^\circ\text{C}$ .
8. Средняя длина свободного пробега молекул гелия при нормальных условиях  $230 \text{ нм}$ . Найдите среднюю продолжительность свободного пробега молекул гелия при давлении  $1,0 \text{ МПа}$  и температуре  $17^\circ\text{C}$ .
9. При температуре  $47^\circ\text{C}$  и некотором давлении средняя длина свободного пробега молекул кислорода  $40 \text{ нм}$ . В результате изотермического сжатия объем газа уменьшился в 2 раза. Определите среднее число столкновений молекул кислорода за  $1,0 \text{ с}$  в конце сжатия.
10. Определите теплопроводность хлора, если известно, что динамическая вязкость для него при этих условиях равна  $12,9 \text{ мкПа}\cdot\text{с}$ .
11. Определите удельные теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$  смеси, состоящей из азота в количестве 1 моль, метана – 4 моль и аргона массой  $8,0 \text{ г}$ .
12. В цилиндре диаметром  $d = 40 \text{ см}$  содержится двухатомный газ объемом  $V = 80 \text{ дм}^3$ . На сколько следует увеличить нагрузку поршня при подводе количества теплоты  $Q = 84 \text{ Дж}$ , чтобы поршень не пришел в движение?
13. Расширяясь, трехатомный газ, состоящий из жестких (объемных) молекул, совершает работу  $245 \text{ Дж}$ . Какое количество теплоты было подведено к газу, если он расширяется: 1) изобарно; 2) изотермически?

14. Углекислый газ массой 4,4 г под давлением 0,10 МПа при температуре 87 °С адиабатно сжимают до 1/20 его начального объема. Определите конечную температуру и давление газа, приращение внутренней энергии и работу, совершенную газом.
15. Если идеальный газ совершает процесс 1–2–3 (рис. 12.7), то ему сообщается количество теплоты  $Q$ . Какое количество теплоты передается газу в процессе 1–4–3?



16. Неподвижный баллон содержит углекислый газ объемом 20 дм<sup>3</sup> под давлением 3,0 МПа при температуре 27 °С. С какой скоростью начнет двигаться баллон, если открыть выпускной вентиль? Масса баллона 20 кг.
17. Домашний холодильник потребляет ток средней мощностью 40 Вт. Какое количество теплоты выделится в комнате за сутки, если холодильный коэффициент  $\varepsilon = 9$  ?
18. Идеальный двухатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар, причем наибольшее давление в 3 раза больше наименьшего, а наибольший объем в 5 раз больше наименьшего. Определите КПД цикла.
19. Идеальный трехатомный газ из жестких (объемных) молекул нагревают при постоянном объеме так, что его давление возрастает в 2 раза. После этого газ изотермически расширяется до начального давления и затем изобарно сжимается до начального объема. Определите КПД цикла.
20. Два баллона с кислородом вместимостями 2,0 и 4,0 дм<sup>3</sup> соединены трубкой с краном. Начальные температуры в обоих баллонах одинаковы и равны 27 °С. Давление в первом баллоне 0,10 МПа, во втором 0,60 МПа. Найдите приращение энтропии системы после того, как откроют кран, если вся система заключена в теплоизолирующую оболочку.
21. Воздух объемом 1 м<sup>3</sup> находится при температуре 17 °С и относительной влажности 50%. Какова масса выпавшей росы, если, не меняя температуру воздуха, уменьшить его объем в 3 раза?
22. Для демонстрации поверхностного натяжения в проволочное сито, все проволочки которого покрыты тонким слоем парафина, наливают воду. До какой наибольшей высоты можно налить воду в такое сито, чтобы она не протекала сквозь отверстия в нем? Считайте, что отверстия имеют круглую форму диаметром 0,20 мм.
23. При плавлении серебряной проволоки диаметром  $d = 2,0$  мм образовалось 12 капель серебра, при этом проволока укоротилась на  $h = 205$  мм. Определите поверхностное натяжение жидкого серебра.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ**  
по учебной дисциплине «Молекулярная физика»

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Математический анализ	Кафедра математики и методики преподавания математики	С содержанием данной учебной дисциплины согласуются, замечаний и предложений нет	Протокол № 6 от 30.01.2024 г.
Кинематика и статика	Кафедра физики и методики преподавания физики	С содержанием данной учебной дисциплины согласуются, замечаний и предложений нет	Протокол № 6 от 30.01.2024 г.
Динамика	Кафедра физики и методики преподавания физики	С содержанием данной учебной дисциплины согласуются, замечаний и предложений нет	Протокол № 6 от 30.01.2024 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на учебную программу по дисциплине «Молекулярная физика»  
для студентов специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование  
(математика и физика; физика и информатика).

Авторы-составители: В.Р. Соболев, С.А. Василевский

Рецензируемая учебная программа разработана в соответствии с образовательными стандартами специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (математика и физика; физика и информатика). Она содержит все основные разделы учебной дисциплины «Молекулярная физика», объем учебного материала достаточен для дальнейшего усвоения студентами дисциплин общей и теоретической физики, а также специальных дисциплин. Программа соответствует квалификационным требованиям к специалисту-преподавателю физики.

Содержание программы соответствует уровню подготовленности студентов к изучению данной дисциплины. Успешность изучения дисциплины «Молекулярная физика» обеспечивается предшествующей подготовкой студентов по таким дисциплинам как «Математический анализ», «Кинематика и статика».

Содержание программы соответствует приведенному в ней тематическому плану и охватывают все разделы курса, их последовательность соответствует логике изложения теоретического материала.

Предлагаемая структура проведения учебного процесса отвечает первой ступени в системе многоуровневого физико-математического педагогического образования. Материалы подобраны с учетом того, что в подготовке учителя физики для средней школы курс общей физики, включая раздел «Молекулярная физика», является базовым.

В ходе изучения указанного курса физики у студентов должно сформироваться представление о физике, как о науке, имеющей существенную экспериментальную базу и предназначенной для отображения и интерпретации общих законов природы.

Считаю, что учебная программа по дисциплине «Молекулярная физика» отвечает предъявляемым к ней требованиям по подготовке специалистов физиков для сферы общего и специального среднего образования, поскольку материалы программы отвечают образовательным стандартам специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (математика и физика; физика и информатика).

Доцент кафедры физики УО  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»  
канд. физ.-мат. наук, доцент



Кисель В.В.



## РЕЦЕНЗИЯ

на учебную программу по дисциплине «Молекулярная физика» для студентов специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (математика и физика; физика и информатика).

Авторы-составители В.Р. Соболев, С.А. Василевский

Рецензируемая программа разработана в соответствии с образовательными стандартами специальности 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (математика и физика; физика и информатика). Она содержит все основные разделы учебной дисциплины «Молекулярная физика», объем учебного материала достаточен для дальнейшего усвоения студентами дисциплин общей и теоретической физики, а также специальных дисциплин.

Количество часов, отводимых на изучение учебной дисциплины, соответствует новому учебному плану.

В пояснительной записке указаны основные особенности учебной дисциплины «Молекулярная физика», её основные разделы. Все темы представлены довольно большим перечнем вопросов, что создает полное представление о предмете и облегчает изложение и изучение вопросов. Авторы программы наряду с традиционными вопросами постарались внести в курс и некоторые новые, которые отражают уровень современных физических знаний и научные направления в области молекулярной физики.

Программа является хорошо сбалансированной и охватывает все основные вопросы, традиционно рассматриваемые в университетском курсе.

Используемые в рамках данной программы пособия, учебники и т.д. позволяют обеспечить проведение образовательного процесса по учебной дисциплине «Молекулярная физика» в объёме 30 часов лекционных занятий, 26 часов практических занятий (математика и физика), 28 часов (физика и информатика) и 44 часов лабораторных занятий.

В ходе изучения указанной учебной дисциплины у студентов должно сформироваться представление о физике, как о науке, имеющей существенную экспериментальную базу и предназначенной для отображения и интерпретации общих законов природы.

Исходя из вышесказанного, считаю, что рецензируемая учебная программа «Молекулярная физика» может быть рекомендована к утверждению для высших учебных заведений по специальности: 6-05-0113-04 Физико-математическое образование (математика и физика; физика и информатика).

Доцент кафедры биомеханики  
учреждения образования  
«Белорусский государственный  
университет физической культуры»,  
кандидат физико-математических наук

О.А. Новицкий

