

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий институтом физики
/ С.Б. Вениг /
2022г.



Рабочая программа дисциплины
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА


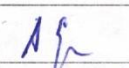

Направление подготовки бакалавриата
03.03.02 Физика

Профиль подготовки бакалавриата
Физика живых систем

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Саратов,
2022

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Скапцов Александр Александрович		23.05.2022
Председатель НМК	Скрипаль Анатолий Владимирович		24.05.2022
Заведующий кафедрой	Тучин Валерий Викторович		23.05.2022
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Молекулярная физика» являются:

1. обеспечение студентов:
 - знаниями теорий физических явлений и процессов, законов классической физики и основ статистической физики и термодинамики, лежащих в основе функционирования живых биологических объектов;
 - умением применять законы физики и биофизики в теории и на практике;
 - представлением о фундаментальных физических опытах и их роли в развитии науки;
2. формирование у студентов основ естественнонаучной картины мира;
3. выработке у студентов навыков практического применения законов и моделей физики и биофизики к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем;
4. приобретение обучающимися универсальных и предметно специализированных компетенций, способствующих их социальной мобильности, востребованности на рынке труда и успешной профессиональной карьере

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Молекулярная физика» представляет собой физическую теорию как обобщение наблюдений, опыта и эксперимента с акцентом на биофизические примеры. Дисциплина изучается в течение 2 (второго) учебного семестра.

Дисциплина «Молекулярная физика» является универсальной базой для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин, даёт цельное представление о физических законах окружающего мира, в том числе живого, в их единстве и взаимосвязи, вооружает бакалавров необходимыми знаниями для решения научно-технических задач в теоретических и прикладных аспектах, закладывает фундамент последующего обучения в магистратуре, аспирантуре. В рамках данной дисциплины рассматриваются основные принципы и законы физики и биофизики, методы наблюдения и экспериментального исследования основных физических и биофизических явлений и процессов.

Дисциплина должна быть изложена на соответствующем математическом уровне. Поэтому обучающимся будут необходимы знания основ математического анализа, аналитической геометрии, теории функций комплексного переменного, векторного и тензорного анализа, теории вероятности и математической статистики.

Студенты должны иметь навыки самостоятельной работы с учебными пособиями и монографической учебной литературой, уметь решать физические задачи, требующие применения дифференциального и

интегрального математического аппарата, уметь производить преобразования аналитических выражений.

Знания, приобретаемые студентами при изучении дисциплины «Молекулярная физика», являются базой и необходимы студентам для успешного освоения специальных дисциплин и практик профилей подготовки «Физика живых систем», приобретения ими универсальных и предметно специализированных компетенций, способствующих их социальной мобильности, востребованности на рынке труда и успешной профессиональной карьере.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-1.2. Аргументировано применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p>ОПК-1.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней естественнонаучных дисциплин.</p>	<p><u>Знать:</u> основные законы и модели молекулярной физики; стандартные задачи и подходы для их решения; основные источники информации по дисциплине, основные представления о материи, ее движении и формах существования, языке и методах физики, физические основы математических моделей, лежащих в основе моделирования статистической физики и термодинамики</p> <p><u>Уметь:</u> давать интерпретацию природным и техногенным явлениям с точки зрения законов и моделей статистической физики и термодинамики; рационально выбирать физические законы для количественно описания модели; обосновать методику измерения и разобрать принцип действия экспериментальной установки;</p> <p><u>Владеть:</u> терминологией, навыками практического применения законов и моделей статистической физики и термодинамики в инженерной практике, оформлением результатов экспериментов в соответствии с государственными стандартами</p>

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	ПЗ ¹		ЛЗ ²		СРС ³	
					ОГ ⁴	Из них - ПП ⁵	ОГ ⁴	Из них - ПП ⁵		
1.	Раздел 1. Математические основы	2	1-2	8	5				4	Автоматизированное тестирование по лекционному материалу, проверка СРС, проверка подготовки к ЛЗ.
2.	Раздел 2. Основные понятия	2	3	2	1				1	
3.	Раздел 3. Элементы статистической теории идеальных газов	2	3-5	8	4		5		4	
4.	Раздел 4. Явления переноса в газах	2	5-6	3	2		5		2	
5.	Раздел 5. Основные понятия и постулаты термодинамики	2	6	3	2				1	
6.	Раздел 6. Первое начало термодинамики	2	7-8	6	2		5		2	
7.	Раздел 7. Второе начало термодинамики	2	9-10	6	2				2	
8.	Раздел 8. Термодинамика реальных газов	2	11	4	2				2	
9.	Раздел 9. Третье начало термодинамики	2	12	4	2				1	
10.	Раздел 10. Термодинамические потенциалы	2	13	4	2				1	
11.	Раздел 11. Термодинамика жидкостей и растворов	2	14	4	2		10		2	
12.	Раздел 12. Твердое агрегатное состояние	2	15	4	2		5		1	
13.	Раздел 13. Термодинамика открытых систем и фазовые переходы	2	16	4	2				1	
	Промежуточная аттестация									Контрольная работа, Зачет, Экзамен
	Итого			60	30		30		24	

¹ Практические занятия

² Лабораторные занятия

³ Самостоятельная работа студента

⁴ Общая трудоемкость

⁵ Практическая подготовка

4.2. Содержание учебной дисциплины

4.2.1 . Содержание лекционных занятий

Раздел 1. Математические основы

Функций многих переменных. Понятие частной, полной производной функции многих переменных. Частный и полный дифференциал функций многих переменных. Криволинейный интеграл первого типа. Криволинейный интеграл второго типа. Замкнутые интегралы по кривой.

Понятие события. Частота и вероятность случайного события. Вероятности зависимых и независимых событий. Теорема сложения и умножения вероятностей.

Случайная величина: дискретная, непрерывная. Функция плотности вероятности. Числовые характеристики дискретных случайных величин. Числовые характеристики непрерывных случайных величин. Распределение случайной непрерывной величины: равномерное, биномиальное и нормальное. Правило трех сигм.

Пример поиска функции плотности вероятности: задача о гармоническом осцилляторе.

Раздел 2. Основные понятия

Предмет молекулярной физики. Дискретное строение вещества. Молекулы, атом и их степень свободы движения. Масса молекулы и количество вещества. Концентрация.

Межмолекулярное взаимодействие. Агрегатные состояния Гетерогенные и гомогенные системы. Компоненты и фазы. Модель идеального и реального газа.

Статистический и термодинамический подход к описанию макроскопических свойств систем: исторический обзор. Константы молекулярной физики в системе СИ и СГС.

Раздел 3. Элементы статистической теории идеальных газов

Понятия микросистемы и макросистемы. Микро- и макро- состояния и их вероятности. Статистический вес макросостояния. Состояние термодинамического равновесия. Микро- и макро- параметры. Постулат Больцмана. Энергетический смысл температуры. Энтропия с точки зрения статистической физики.

Постановка задачи о распределении молекул идеального газа по скоростям. Распределение молекул идеального газа по проекции скорости. Поиск констант интегрирования. Распределение молекул идеального газа по абсолютному значению скорости. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости молекул идеального газа. Внутренняя энергия идеального газа.

Распределение частиц в пространстве при отсутствии внешних силовых полей. Флуктуация. Расчет среднего давления молекул газа на стенки сосуда. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

идеального газа. Барометрическая формула. Распределение Больцмана частиц в пространстве при наличии внешнего потенциального поля. Объединенное распределение Максвелла – Больцмана.

Раздел 4. Явления переноса в газах

Диффузия в газах, уравнение Фика, коэффициент самодиффузии, взаимная диффузия. Теплопроводность в газах, закон Фурье, коэффициент теплопроводности. Вязкость газов (внутреннее трение).

Раздел 5. Основные понятия и постулаты термодинамики

Термодинамика как феноменологическая наука. Обобщенные параметры и силы. Функция состояния системы. Процессы системы: равновесные и неравновесные. Первый и второй постулат термодинамики. Принцип транцендентности. Эмпирическая температура. Термометры Цельсия и Кельвина.

Внутренняя энергия. Работа и теплота. Термические и калорические уравнения состояния системы. Термические и калорические уравнения идеального газа. Термические коэффициенты идеального газа. Классификация термодинамических систем.

Раздел 6. Первое начало термодинамики

Формулировка первого начала термодинамики (ПНТ). Уравнение ПНТ. Теплоемкость и их классификация. Общий вид уравнения разности изобарной и изохорной теплоемкостей. Уравнение Майера.

Политропные процессы. Общий вид уравнения политропного процесса. Уравнение политропного процесса идеального газа. Связь показателя политропы, теплоемкостей и адиабатной постоянной. Работа и теплота политропного процесса.

Раздел 7. Второе начало термодинамики

Круговые процессы. Прямой и обратный цикл. Тепловые машины. Цикл Карно. Теоремы Карно.

Расширение идеального газа в пустоту. Закон Джоуля. Обратимые и необратимые процессы.

Формулировка второго начала термодинамики (ВНТ). Термодинамическая температура и Энтропия. Вычисление энтропии. Парадокс Гиббса.

Связь термического и калорического уравнения.

Раздел 8. Термодинамика реальных газов

Экспериментальные изотермы сжатия реальных газов. Критические и метастабильные состояние. Модель реального газа.

Термическое уравнение реального газа (уравнение Ван-дер-Ваальса). Определение критических параметров уравнения Ван-дер-Ваальса.

Калорическое уравнение реального газа. Работа, теплота и внутренняя энергия реального газа.

Эффекта Джоуля-Томсона. Температура инверсии.

Раздел 9. Третье начало термодинамики

Эксперименты Нернста. Методы получения низких температур. Сжижение газов. Адиабатическое размагничивание парамагнитных солей. Свойства веществ при сверхнизких температурах.

Формулировка третьего начала термодинамики (ТНТ). Следствия ТНТ. Вычисление абсолютного значения энтропии. Теплоемкость твердых тел, закон Дюлонга и Пти. Теплоемкость кристаллов по Эйнштейну и Дебайю.

Раздел 10. Термодинамические потенциалы

Понятия о термодинамических потенциалах и термодинамических параметрах. Внутренняя энергия. Свободная энергия Гельмгольца. Потенциал Гиббса. Энтальпия. Диаграмма связи потенциалов и их полных дифференциалов.

Раздел 11. Термодинамика жидкостей и растворов.

Строение вещества в жидком агрегатном состоянии. Поверхностное натяжение. Условия равновесия на границе двух сред. Смачивание, краевой угол. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления.

Растворы. Молярная доля, молярность, моляльность. Водородный показатель раствора. Предел растворимости. Классификация растворов. Законы Рауля и Генри Осмос.

Раздел 12. Твердое агрегатное состояние

Кристаллическое и аморфное строение вещества. Описание элементарной кристаллической ячейки. Элементы симметрии кристаллов. Кристаллографические категории, сингонии и классы. Фазовое состояние вещества.

Физические свойства кристаллов. Рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ вещества.

Раздел 13. Термодинамика открытых систем и фазовые переходы.

Открытые системы. Химический потенциал. Первое начало термодинамики для открытых систем.

Испарение, конденсация, плавление, кристаллизация, сублимация, возгонка. Диаграммы фазового состояния вещества. Тройная точка воды. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы первого и второго рода.

4.2.2 Содержание практических занятий

Практические занятия предполагают совместное решение типовых задач по разделу физики "Молекулярная физика", представленных в

сборнике задач: Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Текст] : учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с.

№ п/п	Раздел дисциплины	Номера задач по задачнику: Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Текст] : учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с.
1.	Раздел 1. Математические основы	2.74 – 2.77
2.	Раздел 2. Основные понятия	2.92, 2.94, 2.95, 2.97, 2.99
3.	Раздел 3. Элементы статистической теории идеальных газов	2.79, 2.80, 2.82, 2.83, 2.88, 2.91
4.	Раздел 4. Явления переноса в газах	2.66, 2.67, 2.70, 2.72, 2.73
5.	Раздел 5. Основные понятия и постулаты термодинамики	2.197, 2.198, 2.200, 2.201, 2.202, 2.203
6.	Раздел 6. Первое начало термодинамики	2.14, 2.15, 2.18 – 2.20
7.	Раздел 7. Второе начало термодинамики	2.28, 2.29, 2.31 – 2.34, 2.40, 2.41 – 2.44, 2.53, 2.54, 2.58
8.	Раздел 8. Термодинамика реальных газов	2.46, 2.47, 2.150, 2.151, 2.154, 2.157, 2.158
9.	Раздел 9. Третье начало термодинамики	2.111 – 2.113, 2.115, 2.119, 2.122, 2.123, 2.127, 2.131
10.	Раздел 10. Термодинамические потенциалы	2.162 – 2.166
11.	Раздел 11. Термодинамика жидкостей и растворов	2.168, 2.170, 2.171– 2.175
12.	Раздел 12. Твердое агрегатное состояние	2.182, 2.187, 2.189, 2.190
13.	Раздел 13. Термодинамика открытых систем и фазовые переходы	2.191 – 2.193

4.2.3 Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории механики и молекулярной физики Общего физического практикума физического факультета СГУ. Студенты в течение первого учебного семестра обязаны выполнить 8 лабораторные работы из предложенного ниже Перечня плановых лабораторных работ.

Перечень плановых лабораторных работ по дисциплине "Молекулярная физика"

1. Определение отношения удельных теплоемкостей адиабатическим методом.
2. Определение коэффициента теплопроводности твердого теплоизолятора.
3. Определение коэффициента внутреннего трения жидкости:
 - по методу Стокса,
 - с помощью капиллярного вискозиметра.
4. Определение коэффициента внутреннего трения газов, средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха:
 - с помощью газометра,
 - по средней скорости капельного истечения жидкости.
5. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости:
 - методом капель,
 - методом газовых пузырьков.
6. Определение влажности воздуха:

- с помощью конденсационного гигрометра с термоэлектрическим охлаждением,
 - с помощью аспирационного психрометра Ассмана.
7. Ознакомление со статистическими закономерностями на механических моделях.
 8. Определение теплопроводности воздуха.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы обучения с применением информационно-коммуникационных технологий.

Активные формы включают лекции с использованием лекционных демонстраций, практические (*семинарские*) и лабораторные занятия: разбор конкретных ситуаций, обсуждение наблюдаемых при лекционных демонстрациях физических явлений и эффектов, компьютерные демонстрации, короткие выборочные опросы по разбираемому материалу.

Интерактивные формы:

- дискуссионные вопросы и проблемы, которые поднимаются студентами и инициируются преподавателем на лекциях, семинарах и при выполнении лабораторных работ;

- предусматривается связь преподавателя со студентами через компьютерные сети с целью индивидуализации процесса обучения (рефераты, презентации) и текущего контроля выполнения заданий по всем видам учебной деятельности.

Лабораторные занятия проводятся в учебной лаборатории «Молекулярная физика» Общего физического практикума физического факультета СГУ.

В рамках лабораторных занятий студенты приобретают навыки правильного проведения экспериментальных исследований, грамотного обращения с измерительными приборами и измерительной аппаратурой, обработки результатов измерений и оценки погрешностей измерений.

При работе в лаборатории «Молекулярная физика» студенты:

- знакомятся с техникой безопасности, охраной труда, пожарной безопасностью в учебной лаборатории;

- самостоятельно знакомятся с теорией изучаемой лабораторной работы, основными закономерностями, определениями физических величин, моделями процессов;

- с помощью преподавателя знакомятся с лабораторной установкой, принципами её действия, ходом эксперимента, наглядным измерением величин и их регистрацией;

- изучают основные методы обработки результатов эксперимента;

- изучают правила оформления протокола по лабораторной работе, содержащего общую теоретическую часть, цель и задачи лабораторной

работы, схему экспериментальной установки, протокол измерений, результаты обработки измерений, выводы, используемые источники;

– самостоятельно работают с учебной, учебно-методической и справочной литературой, Интернет-ресурсами.

К активным формам проведения занятий в лаборатории относятся:

– отчеты обучающихся, включающие предварительный отчет по теоретической и экспериментальной частям выполняемой лабораторной работы, обсуждение результатов эксперимента и окончательный отчет по оформлению протокола по конкретной работе, включая устранение отмеченных преподавателем замечаний;

– выполнение экспериментальной части лабораторной работы;

– обработка результатов эксперимента, построение графиков, таблиц;

– выполнение полного цикла лабораторных работ за семестр в учебной лаборатории.

Адаптивные технологии, применяемые при обучении инвалидов и лиц с ОВЗ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, сопровождение тьюторами в образовательном пространстве, средства дистанционного общения.

Основной формой организации учебного процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Предусмотрены следующие формы организации учебного процесса и контроля знаний:

– для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство или монитор с высоким разрешением; задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом;

– для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

Все контрольные задания по желанию студентов могут проводиться в письменной форме или с использованием компьютера.

Также предусмотрено:

– обеспечение учебно-методическими пособиями в печатном и электронном видах по согласованию с преподавателем, ведущим занятия,

– проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья,

- использование индивидуальных графиков обучения,
- использование дистанционных образовательных технологий.

Оценка качества освоения программы дисциплины «Молекулярная физика» включает текущий контроль успеваемости, контрольная работа, зачет и экзамен.

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

Самостоятельная работа студентов предполагает самостоятельное решение типовых задач по разделу физики «Молекулярная физика», представленных в сборнике задач: Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Текст] : учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с, с целью закрепления учебного материала.

№ п/п	Раздел дисциплины	Номера задач по задачнику: Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Текст] : учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с.
1.	Раздел 1. Математические основы	2.74 – 2.77
2.	Раздел 2. Основные понятия	2.92, 2.94, 2.95, 2.97, 2.99
3.	Раздел 3. Элементы статистической теории идеальных газов	2.79, 2.80, 2.82, 2.83, 2.88, 2.91
4.	Раздел 4. Явления переноса в газах	2.66, 2.67, 2.70, 2.72, 2.73
5.	Раздел 5. Основные понятия и постулаты термодинамики	2.197, 2.198, 2.200, 2.201, 2.202, 2.203
6.	Раздел 6. Первое начало термодинамики	2.14, 2.15, 2.18 – 2.20
7.	Раздел 7. Второе начало термодинамики	2.28, 2.29, 2.31 – 2.34, 2.40, 2.41 – 2.44, 2.53, 2.54, 2.58
8.	Раздел 8. Термодинамика реальных газов	2.46, 2.47, 2.150, 2.151, 2.154, 2.157, 2.158
9.	Раздел 9. Третье начало термодинамики	2.111 – 2.113, 2.115, 2.119, 2.122, 2.123, 2.127, 2.131
10.	Раздел 10. Термодинамические потенциалы	2.162 – 2.166
11.	Раздел 11. Термодинамика жидкостей и растворов	2.168, 2.170, 2.171– 2.175
12.	Раздел 12. Твердое агрегатное состояние	2.182, 2.187, 2.189, 2.190
13.	Раздел 13. Термодинамика открытых систем и фазовые переходы	2.191 – 2.193

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с.
2. Физический практикум. Упругие деформации : учеб.-метод. пособие для студентов физического и других естественных факультетов / сост. : А.А.Игнатъев, В. А. Малярчук, Л. А. Романченко. Саратов: Изд-во. Сарат. ун-та, 2012. 24 с.
3. Физический практикум. Момент инерции: учеб.-метод. пособие для студ. естественных факультетов / Сост.: А. А.Игнатъев, С. П.Кудрявцева, Т. Н.Тихонова. Саратов: Изд-во. Сарат. ун-та, 2012. 40 с.

4. Физический практикум. Механика. Собственные колебания механической системы с одной степенью свободы : учеб.-метод. пособие для студентов физического и других естественных факультетов / сост.:С. В. Овчинников. Саратов: Изд-во. Сарат. ун-та, 2012. 24 с.
5. Физический практикум. Измерение скорости полета пули методом баллистического маятника : учеб.-метод. пособие для студентов естественных факультетов / сост. : Страхова Л. Л., Хвалин А. Л., Л. С. Сотов. В. А. Саратов: Изд-во. Сарат. ун-та, 2012. 20 с.
6. Обработка результатов измерений в физическом практикуме : учеб.-метод. пособие для студентов естественных факультетов / сост. : В. А. Костяков, А. А.Игнатъев, Т. Н.Тихонова, А. В. Ляшенко. Саратов: Изд-во. Сарат. ун-та, 2012. 40 с.
7. Руководства к лабораторным работам общего физического практикума физического факультета СГУ. URL: <http://www.sgu.ru/node/302/uchebnaya-rabota/obshchiy-fizicheskiy-praktikum>.
8. Лабораторный практикум по физике с использованием виртуальных приборов. URL: http://www.cdi.spbstu.ru/CD_ED/virt-lab/labview.html.

Методические указания для решения задач

1. Приступая к решению задачи, хорошо вникните в её смысл и постановку вопроса. Установите все ли данные, необходимые для решения задачи, приведены. Недостающие данные можно найти в таблицах. Если позволяет характер задачи, обязательно сделайте схематический рисунок, поясняющий её сущность, - это во многих случаях резко облегчает как поиск решения, так и само решение.

2. Каждую задачу решайте, как правило, в общем виде (т. е. в буквенных обозначениях), так, чтобы искомая величина была выражена через заданные величины. Решение в общем виде придает окончательному результату особую ценность, ибо позволяет установить определенную закономерность, показывающую, как зависит искомая величина от заданных величин. Кроме того, ответ, полученный в общем виде, позволяет судить в значительной степени о правильности самого решения.

3. Приступая к вычислениям, помните, что числовые значения физических величин всегда являются приближенными. Поэтому при расчетах руководствуйтесь правилами действия с приближенными числами. В частности, в полученном значении вычисленной величины нужно сохранить последним тот знак, единица которого еще превышает погрешность этой величины. Все следующие цифры надо отбросить.

4. Получив цифровой ответ, оцените его правдоподобность. Такая оценка может в ряде случаев обнаружить ошибочность полученного результата. Так, например, дальность полета брошенного человеком камня не может быть порядка 1 км, скорость тела не может оказаться больше скорости света в вакууме и т. п.

Методические указания по выполнению лабораторных работ

1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности, охране труда и пожарной безопасности. Расписаться в журнале. Получить у преподавателя задание на выполнение лабораторной работы и методическое описание к ней.

2. Ознакомиться с содержанием методического описания к лабораторной работе. Выделить главные моменты работы: какое физическое явление изучается в данной работе, какие физические величины измеряются в данной работе и каковы единицы их измерения, какой метод измерения используется в данной работе и как работает экспериментальная установка, какие соотношения используются для нахождения искомой величины по результатам прямых измерений вспомогательных величин.

3. Проработать контрольные вопросы по методическому описанию и рекомендованной основной и дополнительной литературе, интернет-ресурсам. Подготовиться к предварительному отчету преподавателю.

4. Предварительно отчитаться преподавателю по конкретной лабораторной работе, ответить на все поставленные преподавателем вопросы. Получить допуск (разрешение) на выполнение экспериментальной части работы.

5. Выполнить экспериментальную часть лабораторной работы, оформить по полученным данным предварительный протокол, таблицы, графики. Показать полученные результаты преподавателю и получить разрешение на завершение работы.

6. Оформить отчет (протокол) по выполненной лабораторной работе, включающий цель, теоретическую часть, рабочую формулу, экспериментальную часть, таблицы, графики, расчет погрешности измерения, выводы.

7. Показать отчет по выполненной лабораторной работе преподавателю, получить зачет по лабораторной работе, расписать преподавателя с датой.

Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов по освоению дисциплины

1. Рекомендуется два уровня самостоятельной проработки материала. Первый – на уровне материалов, полученных на лекциях и на практических занятиях. Второй – на уровне углубленного изучения материала по учебникам. Необходимо прорабатывать материалы с карандашом и бумагой при выводе формул и графической интерпретации результатов.

2. Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использование электронных справочников и систем поиска по ключевым словам в Internet.

3. Важную роль в самостоятельной работе студентов играет самоконтроль, который рекомендуется осуществлять по контрольным вопросам и заданиям рабочей программы дисциплины.

4. Рекомендуется каждому студенту выработать собственные способы запоминания большого объема информации, умение ориентироваться и выделять основополагающие понятия каждого раздела и подраздела дисциплины.

*Оценочные средства для текущего контроля успеваемости,
промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины*

**Контрольные вопросы для проведения текущего контроля
(автоматизированное тестирование)**

- 1) Как вводятся понятия макросистемы и микросистемы?
- 2) Что такое функции состояния?
- 3) Определите понятия замкнутой и изолированной систем.
- 4) Определите, что такое равновесное состояние системы.
- 5) Объясните понятия: объем, давление, плотность, температура.
- 6) Что такое внутренняя энергия макросистемы?
- 7) Сформулируйте закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
- 8) Сформулируйте эмпирические законы Бойля – Мариотта и Гей – Люссака.
- 9) Что такое термически идеальный газ?
- 10) Расскажите о принципе построения эталонного термометра.
- 11) Определите температурную шкалу Кельвина.
- 12) Запишите уравнение состояния идеального газа и объясните, как оно получается.
- 13) Запишите и объясните основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
- 14) Расскажите об энергетическом смысле температуры.
- 15) Как определяется внутренняя энергия идеального газа?
- 16) Что такое случайная величина?
- 17) Что такое плотность вероятности?
- 18) Как определяется среднее значение?
- 19) Как определяется дисперсия?
- 20) Как распределены частицы газа в пространстве при отсутствии внешних силовых полей?
- 21) Что такое флуктуация?
- 22) Расскажите о распределении Больцмана частиц в пространстве при наличии внешнего потенциального поля.
- 23) Запишите выражение для плотности вероятности скорости молекул по Максвеллу,
- 24) Запишите выражение для плотности вероятности для модуля скорости.
- 25) Определите наиболее вероятную, среднюю и среднюю квадратичную скорости.
- 26) Поясните суть объединенного распределения Максвелла – Больцмана.
- 27) Запишите выражение для длины свободного пробега молекул идеального газа. От чего она зависит?

- 28) Запишите уравнение диффузии Фика. Как выражается коэффициент самодиффузии на основе модели идеального газа?
- 29) Запишите закон теплопроводности Фурье. Как выражается коэффициент теплопроводности газов на основе модели идеального газа?
- 30) Введите понятия равновесного и неравновесного процессов, обратимого и необратимого процессов.
- 31) Сформулируйте первое начало термодинамики.
- 32) Почему теплоемкость газа в условиях изохорического процесса отличается от теплоемкости того же газа в условиях изобарического процесса?
- 33) Запишите уравнение адиабаты. Что такое показатель адиабаты?
- 34) Вычислите работу, совершаемую газом при изотермическом процессе.
- 35) Вычислите работу, совершаемую газом при изобарическом процессе.
- 36) Вычислите работу, совершаемую газом при адиабатическом процессе.
- 37) Что такое политропический процесс? Запишите уравнение политропы.
- 38) Объясните, когда круговой процесс может быть использован для тепловой машины, а когда – для холодильной.
- 39) Запишите общее выражение для КПД цикла.
- 40) В чем разница между тепловой машиной и холодильной машиной?
- 41) Расскажите об идеальном цикле Карно.
- 42) Вычислите КПД цикла Карно.
- 43) Сформулируйте теоремы Карно.
- 44) Что такое термодинамическая энтропия? Сформулируйте закон необувания энтропии.
- 45) Расскажите о различных формулировках второго начала термодинамики.
- 46) Запишите основное термодинамическое тождество.
- 47) Что такое свободная энергия?
- 48) Что такое энтальпия?
- 49) Введите понятие насыщенного пара.
- 50) Что такое критическая точка?
- 51) Расскажите о правиле рычага.
- 52) Запишите уравнение Ван-дер-Ваальса. Объясните его.
- 53) Как выражается теплоемкость газа Ван-дер-Ваальса?
- 54) Как выражается внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса?
- 55) В чем состоит процесс Джоуля-Томсона?
- 56) Что такое температура инверсии?

- 57) Что такое фаза состояния? Когда возможно равновесное двухфазное состояние вещества? Когда возможно равновесное трехфазное состояние вещества?
- 58) Что такое фазовый переход 1-го рода?
- 59) Расскажите о процессах испарения и сублимации.
- 60) Нарисуйте и объясните диаграмму состояния.
- 61) Что такое поверхностная энергия и поверхностное натяжение?
- 62) Что такое краевой угол?
- 63) Объясните формулу Лапласа для давления под изогнутой поверхностью жидкости.
- 64) Объясните капиллярные явления.
- 65) Сформулируйте закон Дюлонга и Пти, область его действия.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Понятие макросистемы и микросистемы. Параметры макросистемы, принцип Лоренца. Функции состояния.
2. Замкнутая и изолированная системы. Равновесное состояние системы и состояние термодинамического равновесия. Объем, давление, плотность, температура.
3. Внутренняя энергия макросистемы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
4. Эмпирические законы Бойля – Мариотта и Гей – Люссака.
5. Принцип температуры, термически идеальный газ, эталонный термометр. Шкала Кельвина.
6. Уравнение состояния идеального газа.
7. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Энергетический смысл температуры. Внутренняя энергия идеального газа.
8. Случайное событие и вероятность. Независимые и зависимые события, вероятности их совместного осуществления. Биномиальное распределение вероятностей.
9. Случайная величина. Плотность вероятности. Среднее значение. Дисперсия.
10. Распределения Пуассона и Гаусса.
11. Распределение частиц в пространстве при отсутствии внешних силовых полей.
12. Распределение Больцмана частиц в пространстве при наличии внешнего потенциального поля.
13. Плотность вероятности для импульсов молекул по Максвеллу,
14. Плотность вероятности для модуля импульса (скорости) и энергии. Наиболее вероятная, средняя и средняя квадратичная скорости.
15. Функция распределения Максвелла. Объединенное распределение Максвелла – Больцмана.

16. Экспериментальная проверка распределения Максвелла (опыты Штерна и опыты Ламмерта).
17. Опыт Перрена по определению постоянной Больцмана.
18. Длина свободного пробега молекул идеального газа.
19. Диффузия в газах, уравнение Фика, коэффициент самодиффузии, взаимная диффузия. Нестационарная диффузия.
20. Теплопроводность в газах, закон Фурье, коэффициент теплопроводности газов и его свойства.
21. Вязкость газов (внутреннее трение), коэффициент динамической вязкости газов.
22. Равновесные и неравновесные состояния, равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Графический метод изображений равновесных состояний и процессов.
23. Возможные способы изменения внутренней энергии термодинамической системы: термодинамическая работа и переданное количество теплоты. Первое начало термодинамики.
24. Характерные термодинамические процессы (изопроецессы). Теплоемкость идеального газа, уравнение Майера.
25. Уравнение адиабаты.
26. Работа, совершаемая газом при изопроецессах.
27. Политропические процессы, уравнение политропы.
28. Круговые процессы, прямой и обратный циклы, тепловой двигатель, холодильная машина, КПД цикла.
29. Идеальный обратимый цикл Карно. КПД цикла Карно, теоремы Карно.
30. Энтропия как функция состояния равновесной системы. Закон неубывания энтропии.
31. Термодинамическая шкала температуры. Принцип недостижимости абсолютного нуля температуры. Принцип Нернста (третье начало термодинамики).
32. Примеры на вычисление энтропии (энтропия идеального газа, энтропия воды в жидком состоянии).
33. Различные формулировки второго начала термодинамики, основное термодинамическое тождество.
34. Внутренняя энергия как функция состояния. Свободная энергия и энтальпия как функции состояния.
35. Некоторые термодинамические соотношения: термические коэффициенты и зависимость внутренней энергии от объема при изотермическом процессе.
36. Отличие реальных газов от газа идеального. Практические изотермы при сжатии реального газа.
37. Конденсация пара как фазовый переход, область двухфазного состояния вещества, понятие насыщенного пара, критическая точка, правило рычага.

38. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Поправки на «собственный» объем молекул и на внутреннее давление.
39. Изотермы Ван-дер-Ваальса, их сравнение с практическими изотермами, неустойчивое и метастабильные состояния, правило Максвелла.
40. Определение критических параметров из уравнения Ван-дер-Ваальса.
41. Определение «постоянных» a и b уравнения Ван-дер-Ваальса.
42. Теплоемкость и внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
43. Изэнтальпийный процесс Джоуля-Томсона, дифференциальный коэффициент Джоуля-Томсона.
44. Температура инверсии, кривая инверсии.
45. Методы получения низких и сверхнизких температур. Ожижение газов.
46. Равновесие двух фаз, кривые равновесия в координатах (P, T) . Фазовые переходы 1-го и 2-го рода.
47. Теплота фазового перехода 1-го рода, ее энтальпийная оценка в приближении Ван-дер-Ваальса.
48. Испарение и сублимация, плавление. Диаграмма состояния. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
49. Специфика теплового движения молекул в жидкости. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Энергетическое и силовое определения коэффициента поверхностного натяжения.
50. Условия равновесия на границе двух сред, краевой угол, случаи капли на поверхности другой жидкости.
51. Условия равновесия на границе двух сред, краевой угол, случаи капли на поверхности твердого тела.
52. Давление под изогнутой поверхностью жидкости, формула Лапласа.
53. Капиллярные явления. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры.
54. Явления переноса в жидкостях: диффузия, внутреннее трение и теплопроводность.
55. Кристаллическое и аморфное состояния вещества. Кристаллические решетки. Понятие о жидких кристаллах
56. Классический и квантовый подходы к анализу теплоемкости реального газа. Теплоемкость твердых тел, закон Дюлонга и Пти.
57. Теплоемкость кристаллов по Эйнштейну и по Дебаю. Теплоемкость жидкостей.
58. Решеточная теплопроводность в твердых телах, фононы. Электронный характер теплопроводности металлов.

Вопросы и задачи для проведения письменной контрольной работы.

Вариант 1.

Задание 1. Найдите среднюю энергию поступательного и вращательного движения одной молекулы азота при температуре -27°C .

Задание 2. Найдите температуру, при которой среднеквадратичная скорость молекул азота больше средней на 50 м/с.

Задание 3. Вычислите показатель адиабаты γ для смеси, состоящей из ν_1 молей одноатомного, ν_2 молей двухатомного, ν_3 молей трехатомного идеального газа.

Задание 4. Найдите зависимость энтропии идеального моля газа от объема для процесса, в котором давление пропорционально его объему.

Задание 5. Найдите зависимость энтропии от объема и температуры для одного моля газа Ван-дер-Ваальса.

Вариант 2.

Задание 1. . Найти число степеней свободы молекулы газа, если при нормальных условиях плотность газа $\rho = 1,28 \text{ мг/см}^3$ и скорость распространения звука в нем $v = 330 \text{ м/с}$.

Задание 2. Вычислить наиболее вероятную, среднюю и среднеквадратичную скорость молекул газа, у которого при нормальном давлении плотность 1 г/л.

Задание 3. Найдите молярную теплоемкость идеального газа в процессе $p = aV$

Задание 4. Идеальный газ с показателем адиабаты γ совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Найдите к.п.д. такого цикла, если абсолютная температура газа возрастает в n раз как при изохорическом нагревании, так и при изобарическом расширении.

Задание 5. Найдите зависимость внутренней энергии от объема и температуры для одного моля газа Ван-дер-Ваальса.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС
7.1. Программа оценивания учебной деятельности студента по лабораторным занятиям

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности по лабораторным занятиям.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
1	0	40		40			20	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции - не предусмотрены.

Лабораторные занятия - 40 баллов предусматривает качественное выполнение экспериментальной части 8 лабораторных работ и всех заданий, входящих в их состав. Объектом оценки качества каждой выполненной работы является итоговый отчет по лабораторной работе. При неполном выполнении заданий баллы уменьшаются пропорционально.

Практические занятия - не предусмотрены.

Самостоятельная работа - 40 баллов предусматривает устный отчет теоретической части каждой лабораторной работы, самостоятельно подготовленный дома, по учебно-методической литературе.

Автоматизированное тестирование - не предусмотрены.

Другие виды учебной деятельности - не предусмотрены.

Промежуточная аттестация - 20 баллов предусматривает устный отчет по дополнительным вопросам, приведенных в учебно-методической литературе, о проведение экспериментальной части лабораторных работ.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за второй семестр по дисциплине «Молекулярная физика» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Молекулярная физика» в оценку (зачет):

<u>60</u> баллов и более	«зачтено» (при недифференцированной оценке)
меньше <u>60</u> баллов	«не зачтено»

7.2. Программа оценивания учебной деятельности по лекционным, практическим занятиям и самостоятельной работе студента

Таблица 1.2 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности по лекционным, практическим занятиям и самостоятельной работе студента

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
1	0	0	22	18	40	0	20	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции - не предусмотрены.

Лабораторные занятия - не предусмотрены.

Практические занятия - 22 баллов предусматривают 100% посещаемость занятий, решение не менее 70% от планируемого количества задач в расчете на одного студента, активность на занятии.

Самостоятельная работа - 18 баллов предусматривают 100% выполнение домашнего задания (самостоятельного решения задач). При неполном выполнении заданий баллы уменьшаются пропорционально.

Автоматизированное тестирование - 40 баллов предусматривают 100% выполнение всех 16 тестовых заданий. Каждое тестовое задание содержит 10 вопросов. При неполном выполнении заданий баллы уменьшаются пропорционально.

Другие виды учебной деятельности - не предусмотрены.

Промежуточная аттестация - представляет собой устный экзамен по билету и двумя дополнительными вопросами. Каждый билет содержит 2 вопроса. За каждый полный ответ на один вопрос из билета ставится 7 баллов. За каждый полный ответ на один дополнительный вопрос ставится 3 бала. Количество наводящих, уточняющих, подсказывающих вопросов - не ограничено. Наводящие, уточняющие, подсказывающие вопросы не оцениваются.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за второй семестр по дисциплине «Молекулярная физика» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Молекулярная физика» в оценку (экзамен):

91 - 100 баллов	«отлично»
81 - 90 баллов	«хорошо»
61 - 80 баллов	«удовлетворительно»
0 - 60 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) литература:

1. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики: учеб. пособие в 5 т. Т. 2: Термодинамика и молекулярная физика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010 и 2014 гг. Гриф МО (2010 г. изд. – в ОУОЕН НБ СГУ 114 экз. и 2014 г. изд. – в ОУОЕН 31 экз.).
2. *Иродов И.Е.* Задачи по общей физике: учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. ПО Microsoft Windows pro 7 + OfficeProPlus 2007 Rus.
2. Описания лабораторных работ Общего физического практикума СГУ: <http://www.sgu.ru/node/302/uchebnaya-rabota/obshchiy-fizicheskiy-praktikum>.
3. *Савельев И.В.* Курс общей физики [Электронный ресурс]: учеб. пособие : / И.В. Савельев = A course in general physics. – М. : «Лань», 2011. – URL: http://e.lanbook.com/books/?p_f_1_65=918&letter=%D0%A1. – ЭБС «ЛАНЬ»
4. Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – URL: <http://library.sgu.ru/>
5. <http://www.physbook.ru/> : Электронный учебник физики.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные аудитории 3-го и 8-го учебных корпусов Саратовского государственного университета с возможностью использования мультимедийной техники.
- Мультимедийное оборудование физического факультета СГУ.
- Помещение «Лаборатории механики и молекулярной физики» Общего физического практикума физического факультета СГУ (3-й учеб. корпус). *Помещение соответствует действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных работ.*
- Действующие учебные лабораторные установки Общего физического практикума СГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавриата 03.03.02 «Физика» с учетом профиля подготовки «Физика живых систем».

Автор: к.ф.-м.н. Скапцов Александр Александрович

Программа одобрена на заседании кафедры оптики и биофотоники от 14.09.2021 года, протокол № 13/21.

Программа актуализирована на заседании кафедры оптики и биофотоники от 23.05.2022 года, протокол № 09/22.