

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

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института физики

С.Б. Вениг

25 октября 2021 г.



Рабочая программа дисциплины
«Молекулярная физика»

Направление подготовки бакалавриата
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата
«Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Овчинников Сергей Владимирович		19.10.2021
Председатель НМК	Скрипаль Анатолий Владимирович		20.10.2021
Заведующий кафедрой	Игнатьев Александр Анатольевич		19.10.2021
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Молекулярная физика» являются:

- ознакомление с физической теорией систем, состоящих из большого числа элементов, на основе наблюдений, опыта и эксперимента;
- развитие у обучающихся понимания роли фундаментальных законов физики как основы для описания и анализа природы разнообразных явлений окружающего мира;
- гармоничное сочетание предлагаемых форм обучения – лекции, самостоятельная работа на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, работа с литературой, интернет-источниками, включая предлагаемые интерактивные формы, подготовка рефератов, работа над курсовым проектом, докладом, включая проблемный, контроль преподавателем;
- ознакомление с основами молекулярно-кинетической теории жидкости и газа, основными моделями молекулярной физики, статистическими закономерностями систем из большого числа частиц, моделями и закономерностями идеального и реального газов, основами классической и квантовой теории теплоемкости, явлениями переноса, началами термодинамики и их фундаментальностью, свойствами тел в агрегатных состояниях и фазовыми переходами;
- умение оценивать основные параметры термодинамических систем в различных состояниях – газообразном, жидком, твердом.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Молекулярная физика» (Б1.О.13) относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (Модули)» рабочего учебного плана по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и профиля подготовки бакалавриата «Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем».

Для освоения данной дисциплины необходимы:

- а) знания по математике и физике в пределах программы средней образовательной школы и программы первого семестра;
- б) умения:
 - логически мыслить и выделять главное на лекциях, практических и лабораторных занятиях;
 - конспектировать;
 - работать с основной и дополнительной литературой, учебно-методическими пособиями, задачами, справочной литературой;
 - получать информацию по интернет-сетям;
 - объяснять лаконично свои мысли и формулировать кратко полученные знания;
- в) готовность обучающегося:
 - воспринимать большой объем информации, поступающей на лекциях, семинарах;
 - интенсивно работать с основной и дополнительной литературой, учебной и методической литературой, справочниками;
 - критически оценивать свои имеющиеся пробелы в знаниях, умениях, навыках и определять пути их устранения через различные формы (самообразование, дополнительные задания, дополнительные занятия с преподавателями);
 - учиться работать с приборами учебного лабораторного оборудования;
 - развивать методы самоконтроля.

Для усвоения дисциплины необходима содержательно-методическая взаимосвязь с базовыми математическими дисциплинами (Векторный и тензорный анализ, Математический анализ и ТФКП), а также с изучаемой в первом семестре дисциплиной «Введение в математические основы физики». Это дает возможность обучающимся корректно пользоваться языком физики – математикой.

Дисциплина «Молекулярная физика» тесно связана со всеми базовыми дисциплинами естественнонаучного профиля учебного плана.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.</p>	<p>1.1_Б.ОПК-1. Понимает важность применения фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов.</p> <p>2.1_Б.ОПК-1. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p>3.1_Б.ОПК-1. Использует знания физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные законы термодинамики и модели статистической физики; – основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; – фундаментальные физические опыты и их роль в развитии науки; – границы применимости законов классической физики. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – понимать, излагать и критически анализировать базовую общезначимую информацию; – описывать и качественно объяснять физические процессы, происходящие в естественных условиях, указывать законы, которым подчиняются физические явления, предсказывать возможные следствия. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач.
<p>ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.</p>	<p>1.1_Б.ОПК-2. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p>2.1_Б.ОПК-2. Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p> <p>3.1_Б.ОПК-2. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p>4.1_Б.ОПК-2. Аргументированно выбирает способы и средства измерений и проведения эксперименталь-</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные методы физического эксперимента и обработки опытных данных, правила техники безопасности при проведении физических экспериментов. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять на практике законы и модели физики больших систем; – оценивать основные параметры систем из большого числа структурных элементов и процессов в них. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; – навыками работы с основ-

	ных исследований. 5.1_Б.ОПК-2. Способен применять методы обработки и представления полученных данных и оценки погрешности.	ными измерительными приборами и экспериментальной аппаратурой; – навыками обработки экспериментальных данных, методами оценки погрешностей измерений.
--	---	--

4. Структура и содержание дисциплины «Молекулярная физика»

Общая трудоемкость составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						СРС	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия		Лабораторные занятия				
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка	Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка			
1	Раздел 1. Тема 1.1 Раздел 2. Тема 2.1	2	1–2	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Техника безопасности	
2	Раздел 3. Темы 3.1 и 3.2	2	3	2	2	–	2	–	2	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.	
3	Раздел 3. Темы 3.3 и 3.4	2	4	2	2	–	2	–	2	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.	
4	Раздел 4. Тема 4.1	2	5	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.	
5	Раздел 4. Тема 4.2	2	6	2	2	–	–	–	1	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.	
6	Раздел 4. Тема 4.3 и 4.4	2	7	2	2	–	2	–	2	Контроль посещаемости. Проверка зада-	

										ний. Отчеты лаб. раб.
7	Раздел 5. Темы 5.1 и 5.2	2	8	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.
8	Раздел 5. Тема 5.3	2	9	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.
9	Раздел 6. Темы 6.1 и 6.2	2	10	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Проверочная работа. Отчеты лаб. раб.
10	Раздел 7. Тема 7.1	2	11	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.
11	Раздел 7. Тема 7.2	2	12	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Проверка заданий и лаб. работ
12	Раздел 7. Тема 7.3	2	13	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.
13	Раздел 8. Темы 8.1 и 8.2	2	14	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.
14	Раздел 9. Темы 9.1 и 9.2	2	15	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Проверка заданий. Отчеты лаб. раб.
15	Раздел 10. Тема 10.1	2	16	2	2	–	2	–	1	Контроль посещаемости. Отчеты лаб. раб. Итоговая контрольная работа.
16	Итого:	2		30	30	0	30	0	18	
17	Контроль			36						
18	Промежуточная аттестация	2								Зачет по лабораторным работам. Экзамен
19	Общая трудоемкость дисциплины	2		144						

Содержание дисциплины «Молекулярная физика»

Раздел 1. Строение вещества. Микросистема и макросистема

Тема 1.1. Предмет молекулярной физики. Дискретное строение вещества. Межмолекулярные взаимодействия. Статистический и термодинамический подходы к описанию макроскопических свойств систем, состоящих из огромного числа структурных элементов. Понятия микросистемы и макросистемы. Замкнутая и изолированная системы. Равновесное состояние макросистемы. Параметры макросистемы, внутренняя энергия, функции состояния. Нулевое начало термодинамики.

Раздел 2. Эмпирические газовые законы. Уравнение состояния идеального газа

Тема 2.1. Эмпирические законы Бойля – Мариотта и Гей – Люссака. Принцип температуры, термически идеальный газ, эталонный термометр. Шкала Кельвина. Уравнение состояния идеального газа.

Раздел 3. Элементы статистической теории идеальных газов

Тема 3.1. Случайное событие и вероятность. Независимые и зависимые события, вероятности их совместного осуществления. Случайная величина. Плотность вероятности. Среднее значение. Дисперсия. Распределение Гаусса.

Тема 3.2. Распределение частиц в пространстве при отсутствии внешних силовых полей Флуктуации. Распределение Больцмана частиц в пространстве при наличии внешнего потенциального поля.

Тема 3.3. Распределения Максвелла плотностей вероятностей для компонент импульса и величины импульса молекулы. Характерные скорости молекул газа. Объединенное распределение Максвелла – Больцмана.

Тема 3.4. Расчет среднего давления молекул газа на стенки сосуда. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Энергетический смысл температуры. Внутренняя энергия идеального газа.

Раздел 4. Явления переноса в газах

Тема 4.1. Длина свободного пробега молекул в газе.

Тема 4.2. Диффузия в газах, уравнение Фика, коэффициент самодиффузии, взаимная диффузия.

Тема 4.3. Теплопроводность в газах, закон Фурье, коэффициент теплопроводности газов.

Тема 4.4. Вязкость газов (внутреннее трение).

Раздел 5. Первое начало термодинамики

Тема 5.1. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Термодинамическая работа и переданное количество теплоты. Первое начало термодинамики.

Тема 5.2. Термодинамика идеального газа. Характерные термодинамические процессы. Теплоемкость идеального газа, уравнение Майера. Уравнение адиабаты. Работа, совершаемая газом при изопроцессах. Политропические процессы, уравнение политропы.

Тема 5.3. Круговые процессы, прямой и обратный циклы, тепловой двигатель, холодильная машина, КПД цикла. Цикл Карно. Теоремы Карно.

Раздел 6. Второе начало термодинамики

Тема 6.1. Приведенное количество теплоты. Энтропия как функция состояния равновесной системы. Закон неубывания энтропии. Статистический смысл энтропии. Теорема Нернста.

Тема 6.2. Термодинамическая шкала температуры. Принцип недостижимости абсолютного нуля температуры.

Раздел 7. Реальные газы

Тема 7.1. Газ с межмолекулярным взаимодействием. Практические изотермы при сжа-

тии реального газа.

Тема 7.2. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Поправки на «собственный» объем молекул и на внутреннее давление. Изотермы Ван-дер-Ваальса, их сравнение с практическими изотермами, неустойчивое и метастабильные состояния, правило Максвелла. Определение критических параметров из уравнения Ван-дер-Ваальса, определение «постоянных» *a* и *b*.

Тема 7.3. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Физическая сущность эффекта Джоуля - Томсона. Температура инверсии. Сжижение газов.

Раздел 8. Жидкости

Тема 8.1. Специфика теплового движения молекул в жидкости. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение.

Тема 8.2. Условия равновесия на границе двух сред, краевой угол. Смачивание. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления.

Раздел 9. Твердые тела

Тема 9.1. Кристаллическое и аморфное состояния вещества. Основные типы кристаллических структур. Реальные кристаллы, дефекты. Теплопроводность твердых тел.

Тема 9.2. Теплоемкость твердых тел, закон Дюлонга и Пти. Теплоемкость кристаллов по Эйнштейну и Дебаю.

Раздел 10. Фазовые переходы

Тема 10.1. Равновесие двух фаз, кривые равновесия в координатах (*P, T*). Тройная точка. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Сублимация. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграмма состояния.

5 Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании дисциплины «Молекулярная физика» используются активные и интерактивные формы обучения с применением следующих образовательных технологий:

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

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, консультации) и текущего контроля выполнения заданий по всем видам учебной деятельности.

Методы обучения, применяемые при изучении дисциплины, способствуют закреплению и совершенствованию знаний, овладению умениями и получению навыков в области статистических методов оценки качества продукции и регулирования технологических процессов. Содержание учебного материала диктует выбор методов обучения:

– информационно-развивающие – объяснение, демонстрация, решение типовых задач, самостоятельная работа с рекомендуемой литературой;

– проблемно-поисковые и исследовательские – самостоятельная проработка предлагаемых проблемных вопросов по дисциплине, поиск решений проблемных заданий.

Лекционные аудиторные занятия сопровождаются демонстрацией простых наглядных физических опытов с помощью оборудования Музея физических приборов и лекционных демонстраций (см. п. 9.1 настоящей рабочей программы).

Практические (семинарские) занятия по дисциплине проводятся согласованно с материалом, рассматриваемым на лекциях. Решаются типовые задачи, требующие соответствующей математической подготовки и знания теоретического материала по изучаемой дисциплине.

При проведении части практических (семинарских) занятий в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (ноутбуком и проектором), излагаются и анализируются доклады студентов, выполненные в форме презентаций.

Каждое практическое занятие заканчивается конкретизацией домашнего задания на самостоятельную работу по закреплению пройденного материала и по знакомству с темой следующего семинара.

Часть семинаров происходит в форме беседы, позволяющей привлечь внимание студентов к наиболее важным вопросам темы и определяющей темп усвоения учебного материала с учетом особенностей студентов.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории «Механика и молекулярная физика» Общего физического практикума Института физики СГУ. Студенты в течение *учебного семестра* обязаны выполнить 5 лабораторных работ¹ из Перечня плановых лабораторных работ (см. п.9.2 настоящей рабочей программы). Выполнение каждой лабораторной работы оценивается баллами рейтинговой системы (см. пункт 7.2 настоящей рабочей программы).

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 «Механика и 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

¹ С учетом возможных потерь аудиторных учебных часов по объективным обстоятельствам.

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 (текстовые редакторы, электронная почта, zoom-связь).

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.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 20% аудиторных занятий.

Оценка качества освоения дисциплины «Молекулярная физика» производится на основе балльно-рейтинговой системы и включает текущий контроль успеваемости, итоговый результат выполнения заданий, зачет по выполненным лабораторным работам, итоговый семестровый экзамен.

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

6.1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

1. *Иродов И.Е.* Физика макросистем. Основные законы. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2010. 207 с.
2. *Иродов И.Е.* Задачи по общей физике. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2006. – 416 с.
3. *Савельев И. В.* Курс общей физики : учебник для вузов : в 3 томах / И. В. Савельев. — 17-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Том 1 : Механика. Молекулярная физика — 2021. — 436 с. — ISBN 978-5-8114-8003-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171889>
4. *Савельев И. В.* Сборник вопросов и задач по общей физике : учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. — 10-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-

9199-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. —

URL: <https://e.lanbook.com/book/187820>

5. 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. Саратов. ун-та, 2012.– 40 с.

6. Физический практикум. Термодинамика и молекулярная физика : учеб.-метод. пособие для студентов физического и других естественных факультетов : в 2 ч. / сост. : В. А. Малярчук, Л. А. Романченко. – Саратов : Изд.- во Саратов. ун-та, 2012. Ч. 1 и 2.

7. Описания лабораторных работ Общего физического практикума СГУ: <http://www.sgu.ru/node/302/uchebnaya-rabota/obshchiy-fizicheskiy-praktikum>.

К самостоятельной работе обучающегося относятся:

- знакомство с учебно-методической и учебной литературой, теоретической и практической (экспериментальной) частями лабораторной работы;
- работа с конспектами лекций, обязательной, рекомендованной и справочной литературой, интернет-ресурсами;
- выполнение домашних заданий по практическим занятиям;
- подготовка к проверочным опросам и контрольным работам;
- подготовка рефератов и/или презентаций;
- подготовка к предварительному отчету преподавателю по теоретической и экспериментальным частям конкретной лабораторной работы, предполагаемого эксперимента, методам обработки и интерпретации полученных результатов;
- выполнение экспериментальной части лабораторной работы;
- оценка предварительной и итоговой погрешностей измерений;
- оформление предварительных и окончательных протоколов лабораторных работ.

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 протокол отчета по выполненной лабораторной работе, включающий цель, теоретическую часть, рабочую формулу, экспериментальную часть, таблицы, графики, расчет погрешности измерения, выводы.

7. Показать протокол отчета по выполненной лабораторной работе преподавателю, получить зачет по лабораторной работе с указанием количества баллов, полученных за ее выполнение, и роспись преподавателя с датой на протоколе.

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, например, исходя из соображений размерности.

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 рекомендации для самостоятельной работы студентов по освоению дисциплины

1. Рекомендуются два уровня самостоятельной проработки материала. Первый – на уровне материалов, полученных на лекциях и на практических занятиях. Второй – на уровне углубленного изучения материала по учебникам. Работа с учебником требует постоянного уточнения сущности и содержания категорий посредством обращения к энциклопедическим словарям и справочникам. Также рекомендуется использование электронных справочников и систем поиска по ключевым словам в Internet.

2. Необходимо прорабатывать материалы с карандашом и бумагой при выводе формул и графической интерпретации результатов.

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

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

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

**Типовые задачи, используемые при проведении практических занятий
по дисциплине «Молекулярная физика»**

<i>№ п/п</i>	<i>Раздел дисциплины</i>	<i>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.</i>
1	Эмпирические газовые законы. Уравнение состояния идеального газа	6.1 – 6.8, 6.12 – 6.18
2	Элементы статистической тео- рии идеальных газов	6.88, 6.89, 6.91, 6.93, 6.94, 6.119, 6.120, 6.124
3	Явления переноса в газах	6.194, 6.201 – 6.203
4	Первое начало термодинамики	6.25 – 6.28, 6.31, 6.36 – 6.39
5	Второе начало термодинамики	6.137 – 6.140, 6.147
6	Реальные газы	6.22 – 6.24
7	Жидкости	6.299, 6.301 – 6.304
8	Фазовые переходы	6.326 – 6.329

**Примерные темы рефератов и теоретических заданий
для самостоятельной работы студентов:**

- 1) Принцип температуры и нулевое начало термодинамики.
- 2) Виды термометров. Международная практическая шкала температуры.
- 3) Термоскоп Галилея. Термометры Фаренгейта, Реомюра и Цельсия.
- 4) Определение характерных констант в распределении Максвелла из условия нормировки и величины средней кинетической энергии частицы.
- 5) Экспериментальное определение постоянной Больцмана и числа Авогадро в опытах Перрена.
- 6) Экспериментальные проверки распределения Максвелла.
- 7) Распределение Больцмана и атмосфера планеты.
- 8) Практический цикл поршневой паровой машины.
- 9) Уравнение Бернулли ламинарного стационарного течения и первое начало термодинамики.
- 10) Парадокс Гиббса.
- 11) Химический потенциал. Статистики Ферми-Дирака и Бозе -Эйнштейна.
- 12) Теплоемкость жидкостей и газов в зависимости от температуры. «Замороженные» степени свободы.
- 13) Методы получения низких температур и ожижение газов.
- 14) Осмотическое давление.
- 15) Симметрия кристаллов.
- 16) Жидкие кристаллы.
- 17) Фазовые переходы второго рода.

При выполнении индивидуального задания студент по заданной теме оформляет отчет (реферат или презентацию) в электронном виде. Предварительное обсуждение с преподавателем хода выполнения индивидуальных заданий производится как непосредственно, так и с помощью электронной почты.

Типовые задания для проверочных и контрольных работ

Идеальный газ. Вариант 1

1. В сосуде находится гелий, который изобарно расширяется. При этом к нему подводится количество теплоты, равное 15 кДж. На сколько изменится внутренняя энергия газа? Какова работа расширения?
2. Сосуды с объемами $V_1 = 200 \text{ см}^3$ и $V_2 = 100 \text{ см}^3$ соединены короткой трубкой, в которой имеется пористая теплоизолирующая перегородка. С ее помощью в сосудах устанавливается одинаковое давление. Первоначально система находилась при температуре $t_0 = 27^\circ\text{C}$ и содержала газ при давлении $P_0 = 10^5 \text{ Па}$. Затем малый сосуд поместили в тающий лед при температуре $t_2 = 0^\circ\text{C}$, а большой – в пар при температуре $t_1 = 100^\circ\text{C}$. Какое давление установится в системе? Тепловым расширением сосудов пренебречь.
3. Азот находится в очень высоком сосуде в однородном поле тяжести при температуре T . Температуру увеличили в η раз. На какой высоте h концентрация молекул осталась прежней?

Идеальный газ. Вариант 2

1. В цилиндрическом сосуде диаметром 28 см находится 20 г азота, сжатого поршнем, на котором лежит груз массой 75 кг. Температура газа 17°C . Какую работу совершит газ, если его нагреть до 250°C ? Какое количество теплоты к нему надо подвести? На сколько поднимется поршень с грузом? Процесс считать изобарным, нагреванием сосуда и внешним давлением пренебречь.
2. Найти формулу некоторого соединения углерода с водородом, если известно, что $m = 0,65 \text{ г}$ этого вещества в газообразном состоянии создает в объеме $V = 1000 \text{ см}^3$ при температуре $t = 27^\circ\text{C}$ давление $P = 10^5 \text{ Па}$.
3. В очень высоком вертикальном цилиндрическом сосуде находится углекислый газ при некоторой температуре T . Считая поле тяжести однородным, найти, как изменится давление газа на дно сосуда, если температуру газа увеличить в η раз.

Идеальный газ. Вариант 3.

1. В цилиндре находится 0,15 кг водорода. Цилиндр закрыт поршнем, на котором лежит груз с массой 74 кг. Какое количество теплоты надо подвести к газу, чтобы поршень с грузом поднялся на 0,6 м?. Процесс считать изобарным, теплоемкостью сосуда и внешним давлением пренебречь.
2. Перед вылетом пули из ствола ружья объем, занимаемый пороховыми газами, в $n = 100$ раз превышает объем твердого пороха. Температура газов в этот момент $T = 1000 \text{ К}$. Молярная масса пороховых газов $\mu = 30 \text{ г/моль}$, плотность твердого пороха $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$. Определить давление пороховых газов при вылете пули.
3. В вертикально расположенном цилиндре сечения S под поршнем массы m находится воздух при температуре T_1 . Когда на поршень положили груз массы M , расстояние от дна цилиндра до поршня уменьшилось в n раз. Насколько повысилась температура воздуха в цилиндре? Атмосферное давление равно P_0 .

Циклические процессы. Энтропия. Газ Ван-дер-Ваальса. Вариант 1.

1. Холодильная машина, работающая по обратимому циклу Карно, должна поддерживать в своей камере температуру -10°C при температуре окружающей среды $+20^\circ\text{C}$. Какую работу надо совершить над рабочим толком машины, чтобы отвести от ее камеры $\Delta Q_2 = 140 \text{ кДж}$ тепла?
2. Найти приращение энтропии одного моля ван-дер-ваальсовского газа при изотермическом изменении его объема от V_1 до V_2 .
3. Найти работу, совершаемую одним молем газа Ван-дер-Ваальса при его изотермическом расширении от объема V_1 до объема V_2 при температуре T .

Циклические процессы. Энтропия. Газ Ван-дер-Ваальса. Вариант 2.

1. Идеальный газ (γ известно) совершает круговой процесс, состоящий из двух изотерм и двух изобар. Изотермические процессы протекают при температурах T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$), изобарические – при давлениях p_1 и p_2 (p_2 в $e=2,71\dots$ раз больше, чем p_1). Найти КПД η цикла.
2. Какое количества тепла надо сообщить одному молю углекислого газа, чтобы при его расширении в вакуум от объема $V_1 = 5,0$ л до объема $V_2 = 10$ л температура его не изменилась. Для углекислого газа постоянная Ван-дер-Ваальса $a=0,367$ [м⁶ Па/моль²].
3. Во сколько раз следует изотермически увеличить объем идеального газа в количестве $\nu=4$ моля, чтобы его энтропия испытала приращение $\Delta S=23$ Дж/К?

Циклические процессы. Энтропия. Газ Ван-дер-Ваальса. Вариант 3.

1. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из изохоры, адиабаты и изотермы, причем изотермический процесс происходит при минимальной температуре цикла. Найти КПД цикла, если температура T в его пределах изменяется в n раз.
2. Найти приращение энтропии одного моля углекислого газа ($\gamma=1,3$) при увеличении его термодинамической температуры в $n=2$ раза, если процесс нагревания является изохорическим. Газ считать идеальным.
3. Критическая температура углекислоты (CO_2) равна 31°C , критическое давление равно $73 \cdot 10^5$ Па. Определить критический объем $V_{\text{кр}}$ одного моля CO_2 .

Оценочные средства при выполнении лабораторных работ в Общем физическом практикуме:

- 1) Контрольные вопросы по конкретной лабораторной работе (сформулированы в руководстве к каждой лабораторной работе).
- 2) Результаты измерений и оформленный протокол лабораторной работы.
- 3) Оценка предварительной погрешности метода измерений и погрешности конечного результата.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины Вопросы экзамена

1. Понятие макросистемы и микросистемы. Параметры макросистемы. 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. Нулевое начало термодинамики и принцип температуры.
5. Эмпирические законы Бойля – Мариотта и Гей – Люссака.
6. Термически идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Эталонный термометр. Шкала Кельвина.
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. Объединенное распределение Максвелла – Больцмана.
16. Экспериментальная проверка распределения Максвелла (опыты Штерна и опыты Ламмерта).
17. Длина свободного пробега молекул идеального газа.
18. Диффузия в газах, уравнение Фика, коэффициент самодиффузии, взаимная диффузия. Нестационарная диффузия.
19. Теплопроводность в газах, закон Фурье, коэффициент теплопроводности газов и его свойства.
20. Вязкость газов (внутреннее трение), коэффициент динамической вязкости газов.
21. Равновесные и неравновесные состояния, равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Графический метод изображений равновесных состояний и процессов.
22. Возможные способы изменения внутренней энергии термодинамической системы: термодинамическая работа и переданное количество теплоты. Первое начало термодинамики.
23. Характерные термодинамические процессы (изопрцессы). Теплоемкость идеального газа, уравнение Майера.
24. Уравнение адиабаты.
25. Работа, совершаемая газом при изопрцессах.
26. Политропические процессы, уравнение политропы.
27. Круговые процессы, прямой и обратный циклы, тепловой двигатель, холодильная машина, КПД цикла.
28. Идеальный обратимый цикл Карно. КПД цикла Карно, теоремы Карно.
29. Энтропия как функция состояния равновесной системы. Закон неубывания энтропии.
30. Термодинамическая шкала температуры. Принцип недостижимости абсолютного нуля температуры. Принцип Нернста (третье начало термодинамики).
31. Примеры на вычисление энтропии (энтропия идеального газа, энтропия воды в жидком состоянии).
32. Различные формулировки второго начала термодинамики, основное термодинамическое тождество.
33. Внутренняя энергия как функция состояния. Свободная энергия и энтальпия как функции состояния.
34. Отличие реальных газов от газа идеального. Практические изотермы при сжатии реального газа.
35. Конденсация пара как фазовый переход, область двухфазного состояния вещества, понятие насыщенного пара, критическая точка, правило рычага.
36. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Поправки на «собственный» объем молекул и на внутреннее давление.
37. Изотермы Ван-дер-Ваальса, их сравнение с практическими изотермами, неустойчивое и метастабильные состояния, правило Максвелла.
38. Определение критических параметров из уравнения Ван-дер-Ваальса.
39. Определение «постоянных» a и b уравнения Ван-дер-Ваальса.
40. Теплоемкость и внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
41. Изозэнтальпийный процесс Джоуля-Томсона, дифференциальный коэффициент Джоуля-Томсона.
42. Температура инверсии, кривая инверсии.
43. Методы получения низких и сверхнизких температур. Ожижение газов.

44. Равновесие двух фаз, кривые равновесия в координатах (P, T) . Фазовые переходы 1-го и 2-го рода.
45. Теплота фазового перехода 1-го рода, ее энтальпийная оценка в приближении Ван-дер-Ваальса.
46. Испарение и сублимация, плавление. Диаграмма состояния. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
47. Специфика теплового движения молекул в жидкости. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Энергетическое и силовое определения коэффициента поверхностного натяжения.
48. Условия равновесия на границе двух сред, краевой угол, случаи капли на поверхности другой жидкости.
49. Условия равновесия на границе двух сред, краевой угол, случаи капли на поверхности твердого тела.
50. Давление под изогнутой поверхностью жидкости, формула Лапласа.
51. Капиллярные явления. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры.
52. Кристаллическое и аморфное состояния вещества. Кристаллические решетки. Понятие о жидких кристаллах
53. Классический и квантовый подходы к анализу теплоемкости реального газа. Теплоемкость твердых тел, закон Дюлонга и Пти. Теплоемкость кристаллов по Эйнштейну и по Дебаю.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

7.1 Учебный рейтинг по дисциплине «Молекулярная физика» при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена

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
2	10	0	30	20	0	10	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Семестр 2

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов. 10 баллов при 100% посещаемости и при наличии качественных конспектов лекций. При неполной посещаемости баллы уменьшаются пропорционально.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены

Практические занятия

Посещаемость, активность на аудиторных занятиях, выполнение домашних заданий, выполнение проверочной и контрольной работы – от 0 до 30 баллов. 30 баллов при качественном 100% выполнении учебных заданий.

Самостоятельная работа

Подготовка к практическим занятиям, контрольным работам, работа с дополнительной учебной литературой, ведение конспектов лекций – от 0 до 20 баллов. 20 баллов при регулярном и качественном выполнении заданий.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности – от 0 до 10 баллов

Подготовка реферата/презентации и доклад по данной теме. Качественное и содержательное выполнение задания – 10 баллов.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Экзамен проводится в устно-письменной форме и предполагает ответ на 2 вопроса экзаменационного билета. Возможны дополнительные уточняющие вопросы.

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» оценивается от 21 до 30 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 11 до 20 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 6 до 10 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 5 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «Молекулярная физика» при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена составляет **100** баллов.

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

81 – 100	«отлично»
61 – 80 баллов	«хорошо»
50 – 60 баллов	«удовлетворительно»
Менее 50 баллов	«неудовлетворительно»

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими экзамена на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр – в середине и конце семестра.

7.2 Учебный рейтинг по дисциплине «Молекулярная физика» при проведении промежуточной аттестации в форме зачёта

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности при проведении промежуточной аттестации в форме зачёта.

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

Программа оценивания учебной деятельности студента

Семестр 2.

Лекции – не предусмотрены.

Лабораторные занятия

Итоговые 40 баллов предусматривают выполнение 5 лабораторных работ. Требуется качественное выполнение всех заданий, входящих в них, и соответствующее оформление отчета по лабораторной работе по принятым правилам оформления. Максимальный балл по одной выполненной лабораторной работе – 20². При неполном выполнении заданий баллы уменьшаются пропорционально.

Практические занятия – не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Подготовка к теоретическим и заключительным отчетам по лабораторным работам, работа с дополнительной учебной литературой, указанной в описаниях к лабораторным работам, выполнение вычислений и оформление протоколов выполненных работ – от 0 до 40 баллов. 40 баллов при качественной подготовке к отчетам по всем лабораторным работам.

Автоматизированное тестирование – не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности

Расчет для каждой выполняемой работы предварительной погрешности используемого метода и итоговой погрешности в определении искомой величины – от 0 до 4 баллов за одну выполненную работу. Суммарный максимальный балл за данный вид учебной деятельности – 20.

Промежуточная аттестация (зачет)

Зачет выставляется по результатам выполнения лабораторных работ. Итоговое оценивание проводится на основе суммы баллов, полученных за выполнение лабораторных работ, самостоятельную работу и другие виды учебной деятельности.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «Молекулярная физика» при проведении промежуточной аттестации в форме зачёта составляет **100** баллов.

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


60 баллов и более	«зачтено»
меньше 60 баллов	«не зачтено»

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими экзамена на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр – в середине и конце семестра.

² При уменьшении аудиторных часов занятий по объективным обстоятельствам и снижении общего числа выполняемых работ максимальный балл за выполнение одной лабораторной работы может быть увеличен до 5.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. *Сивухин Д. В.* Общий курс физики: учеб. пособие : для вузов : в 5 т.. - Москва : ФИЗМАТЛИТ. Т. 2 : Термодинамика и молекулярная физика. - 5-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 543 с. Гриф МО (ОУОЕН НБ СГУ 71 экз.) / . - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. (ОУОЕН НБ СГУ 30 экз.)
2. **Физика макросистем. Основные законы** : учеб. пособие / И. Е. **Иродов**. - 4-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. ОУОЕН (24). 2-е изд., доп. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2004, ОУОЕН (20).
3. *Иродов И.Е.* Задачи по общей физике: учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – 8 изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 431 с.
4. *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».
5. *Савельев, И. В.* Курс общей физики : учебник для вузов : в 3 томах / И. В. Савельев. — 17-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Том 1 : Механика. Молекулярная физика — 2021. — 436 с. — ISBN 978-5-8114-8003-6. — Текст : электронный // Лань : **электронно-библиотечная система**. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171889>.
6. *Савельев, И. В.* Сборник вопросов и задач по общей физике : учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. — 10-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-9199-5. — Текст : электронный // Лань : **электронно-библиотечная система**. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187820>.
7. Описания лабораторных работ Общего физического практикума СГУ: <http://www.sgu.ru/node/302/uchebnaya-rabota/obshchiy-fizicheskij-praktikum>. 

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 8 – лицензия № 61137891).
2. Microsoft Office профессиональный 2007 (Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, InfoPath, Publisher) – лицензия № 42226296.
3. Microsoft Office Standart 2010 – лицензия № 67334291.
4. Браузер Google Chrome.
5. <http://library.sgu.ru/> – Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского.
6. <http://www.physbook.ru/> : Электронный учебник физики.
7. Лабораторный практикум по физике с использованием виртуальных приборов. URL: http://www.cdi.spbstu.ru/CD_ED/virt-lab/labview.html.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные аудитории 3-го и 8-го учебных корпусов Саратовского государственного университета с возможностью использования мультимедийной техники.
- Мультимедийное оборудование Института физики СГУ.
- Помещение «Лаборатории механики и молекулярной физики» Общего физического практикума Института физики СГУ (3-й учеб. корпус). *Помещение соответствует действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных работ.*
- Действующая экспозиция Музея физических приборов и лекционных демонстраций (см. п. 9.1 «Перечень лекционных демонстраций по дисциплине «Молекулярная физика»).
- Действующие учебные лабораторные установки Общего физического практикума Института физики СГУ по дисциплине «Молекулярная физика» (см. п.9.2 «Перечень действующих лабораторных работ Общего физического практикума»).

9.1 Перечень используемых лекционных демонстраций по дисциплине «Молекулярная физика»

ЛД 1	Молекулярные силы (притяжение свинцовых цилиндров)
ЛД 2	Броуновское движение (видеофильм)
ЛД 3	Механическая модель давления и температуры
ЛД 4	Механическая модель распределения Больцмана
ЛД 5	Диффузия газов (аммиак в воздухе)
ЛД 6	Внутреннее трение (вращающиеся диски)
ЛД 7	Эффузия газа через пористую перегородку
ЛД 8	Кристаллическое состояние вещества
ЛД 9	Опыты с жидким азотом: <ul style="list-style-type: none">- "замерзание" цветка,- опыт с каучуком,- свинцовый колокольчик,- "дымовая завеса" (жидкий азот с кипятком).
ЛД 10	Мыльная пленка на подвижной рамке
ЛД 11	Натяжение мыльной пленки (каркасы)
ЛД 12	Формы мыльных пленок на различных каркасах
ЛД 13	Зависимость давления в мыльном пузыре от его радиуса
ЛД 14	Движение камфары по поверхности воды (в проекции)
ЛД 15	Уменьшение поверхностного натяжения воды эфиром (в проекции)
ЛД 16	Смачивание твердого тела жидкостью (поплавок из сетки)
ЛД 17	Капиллярные трубки, клин
ЛД 18	Модель кристаллической решетки.
ЛД 19	Структура и свойства кристаллических и твердых тел.
ЛД 20	Возгонка кристаллического йода.
ЛД 21	Критическое состояние вещества.
ЛД 22	Осмотическое давление.
ЛД 23	Превращение работы в тепло и тепла в работу (паровая машина).

9.2 Перечень действующих лабораторных работ *Общего физического практикума* Лаборатория «Механика. Молекулярная физика». Дисциплина: Молекулярная физика

ЛР 2.1.	Определение отношения удельных теплоемкостей адиабатическим методом.
ЛР 2.2.	Определение коэффициента теплопроводности твердого теплоизолятора.
ЛР 2.3.	Определение коэффициента внутреннего трения жидкости: <ul style="list-style-type: none">- по методу Стокса,- с помощью капиллярного вискозиметра.
ЛР 2.4.	Определение коэффициента внутреннего трения газов, средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха: <ul style="list-style-type: none">- с помощью газометра,- по средней скорости капельного истечения жидкости.
ЛР 2.5.	Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости: <ul style="list-style-type: none">- методом капель,- методом газовых пузырьков.
ЛР 2.6.	Определение влажности воздуха: <ul style="list-style-type: none">- с помощью конденсационного гигрометра с термоэлектрическим охлаждением,- с помощью аспирационного психрометра Ассмана.
ЛР 2.7.	Ознакомление со статистическими закономерностями на механических моделях.
ЛР 2.8.	Определение теплопроводности воздуха.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» и профиля подготовки бакалавриата «Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем».

Автор: _____ к.ф.-м.н., доцент С.В. Овчинников.

Программа разработана в 2021 г., рассмотрена и одобрена на заседании кафедры общей физики от 18 октября 2021 г., протокол № 2.