

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол № 5 от « 12 » января 20 22 г.

Согласовано:
Председатель УМК института

Зав. кафедрой  / Балапанов М.Х.

 / Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

дисциплина «Молекулярная физика»

(наименование дисциплины)

Б1.О.10.02, базовая часть

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа бакалавриата

Направление подготовки

03.03.02 Физика

(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность подготовки

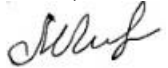
Цифровые технологии в физике функциональных материалов

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

Бакалавр

(указывается квалификация)

Разработчики (составители) <u>старший преподаватель</u> (должность, ученая степень, ученое звание) <u>к.ф.-м.н., доцент кафедры общей физики</u> (должность, ученая степень, ученое звание) <u>к.ф.-м.н., доцент кафедры общей физики</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Шафеев Р.Р.</u> (подпись, Фамилия И.О.)  / <u>Гирфанова Ф.М.</u> (подпись, Фамилия И.О.)  / <u>Заманова Г.И.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---	---

Для приема: 2022

Уфа 2022 г.

Составитель / составители: старший преподаватель Шафеев Р.Р.,
доцент Гирфанова Ф.М.,
доцент Заманова Г.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики «12» января
2022 г. протокол № 5

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании
кафедры общей физики,
протокол № 9 от «28» июня 20 22 г.

Заведующий кафедрой

 / Балапанов М.Х. Ф.И.О/

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень индикаторов достижения компетенций с указанием планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	24
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	24
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы	24
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	26
Приложение 1	28

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знать основные положения, концепции и методы исследований в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Знать основные положения и концепции естественнонаучных знаний, современные концепции, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования. Знать основные положения и термины физики, науки о земле, о человеке. Знать основные биологические и физические процессы, протекающие в живых организмах.
		ОПК-1.2. Уметь оперировать основными положениями, концепциями и методами исследований в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Уметь оперировать основными положениями и терминами современного естествознания оперировать основными положениями и терминами медицинской физики, уметь решать задачи, проводить лабораторные исследования. Применять знания физических и химических законов для описания естественнонаучной картины мира. Уметь применять базовые законы механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики для качественного описания биологических и физических процессов, протекающих в живых организмах.
		ОПК-1.3. Владеть основными положениями, концепциями и методами исследований в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Владеть методами и приемами решения задач медицинской физики, понятийным и терминологическим аппаратом физики, методами и приемами решения задач, измерений в выбранной области.

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Молекулярная физика» относится к базовой части и входит в модуль «Общая физика».

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Целью учебной дисциплины «Молекулярная физика» являются: изучение основных физических явлений и законов физики, методов физического исследования; формирование правильного понимания границ применимости различных физических понятий, законов, теорий, умение оценить достоверность результатов, полученных с помощью экспериментальных методов исследования; выработка у студентов приемов и навыков решения конкретных задач из разных областей физики.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: математический анализ и аналитическая геометрия. А именно: владеть основами дифференциального и интегрального исчисления, решать простейшие дифференциальные уравнения; вычислять производные и определенные и неопределенные интегралы от основных математических функций, использовать свойства векторов, уметь делать геометрические построения и вести расчеты по этим чертежам.

По окончании изучения дисциплины «Молекулярная физика» студент должен знать основные физические явления и законы: законы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. Студент должен уметь: решать физические задачи по всем темам; проводить экспериментальные исследования различных физических явлений, оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных методов исследований, проводить оценку погрешностей измерений.

Объем дисциплины «Молекулярная физика» составляет 7 зачетных единиц, 252 академических часа, в том числе 145.9 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем. Итоговые формы контроля: зачет (по лабораторным работам), контрольные работы (по решению задач), экзамен (по всей дисциплине).

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении 1

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень индикаторов достижения компетенций с указанием планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно») Студент набрал от 0 – до 44 баллов	3 («Удовлетворительно») Студент набрал от 45 – до 59 баллов	4 («Хорошо») Студент набрал от 60 – до 79 баллов	5 («Отлично») Студент набрал от 80 – 100 баллов
ОПК-1.1. Знать основные положения, концепции и методы исследований в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Знать основные положения и концепции естественнонаучных знаний, современные концепции, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования. Знать основные положения и термины физики, науки о земле, о человеке. Знать основные биологические и физические процессы, протекающие в живых организмах.	Студент имеет фрагментарные знания об основных положениях и концепции естественнонаучных знаний, о современных концепциях, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования; об основных положениях и терминах физики, науки о земле, о человеке; об основных биологических и физических процессах, протекающих в живых организмах.	Студент в целом знает основные положения и концепции естественнонаучных знаний, современные концепции, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования; основные положения и термины физики, науки о земле, о человеке; основные биологические и физические процессы, протекающие в живых организмах, но допускает грубые ошибки.	Студент знает основные положения и концепции естественнонаучных знаний, современные концепции, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования; основные положения и термины физики, науки о земле, о человеке; основные биологические и физические процессы, протекающие в живых организмах, но допускает незначительные ошибки.	Студент знает основные положения и концепции естественнонаучных знаний, современные концепции, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования; основные положения и термины физики, науки о земле, о человеке; основные биологические и физические процессы, протекающие в живых организмах.
ОПК-1.2. Уметь оперировать основными положениями, концепциями и методами исследований в области физико-математических	Уметь оперировать основными положениями и терминами современного естествознания оперировать основными	Студент не умеет оперировать основными положениями и терминами современного естествознания оперировать основными	Студент в целом умеет оперировать основными положениями и терминами современного естествознания оперировать основными	Студент умеет оперировать основными положениями и терминами современного естествознания оперировать основными положениями и	Студент умеет оперировать основными положениями и терминами современного естествознания оперировать основными положениями и

и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	положениями и терминами медицинской физики, уметь решать задачи, проводить лабораторные исследования. Применять знания физических и химических законов для описания естественнонаучной картины мира. Уметь применять базовые законы механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики для качественного описания биологических и физических процессов, протекающих в живых организмах.	положениями и терминами медицинской физики, уметь решать задачи, проводить лабораторные исследования. Не умеет применять знания физических и химических законов для описания естественнонаучной картины мира. Не умеет применять базовые законы механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики для качественного описания биологических и физических процессов, протекающих в живых организмах.	положениями и терминами медицинской физики, умеет решать задачи, проводить лабораторные исследования; применять знания физических и химических законов для описания естественнонаучной картины мира; умеет применять базовые законы механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики для качественного описания биологических и физических процессов, протекающих в живых организмах, но допускает грубые ошибки.	терминами медицинской физики, умеет решать задачи, проводить лабораторные исследования; применять знания физических и химических законов для описания естественнонаучной картины мира; умеет применять базовые законы механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики для качественного описания биологических и физических процессов, протекающих в живых организмах, но допускает незначительные ошибки.	терминами медицинской физики; умеет решать задачи, проводить лабораторные исследования; применять знания физических и химических законов для описания естественнонаучной картины мира; умеет применять базовые законы механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики для качественного описания биологических и физических процессов, протекающих в живых организмах.
ОПК-1.3. Владеть основными положениями, концепциями и методами исследований в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Владеть методами и приемами решения задач медицинской физики, понятийным и терминологическим аппаратом физики, методами и приемами решения задач, измерений в выбранной области.	Студент не владеет методами и приемами решения задач медицинской физики, понятийным и терминологическим аппаратом физики, методами и приемами решения задач, измерений в выбранной области.	Студент в целом владеет методами и приемами решения задач медицинской физики, понятийным и терминологическим аппаратом физики, методами и приемами решения задач, измерений в выбранной области, но допускает грубые ошибки.	Студент владеет методами и приемами решения задач медицинской физики, понятийным и терминологическим аппаратом физики, методами и приемами решения задач, измерений в выбранной области, но допускает незначительные ошибки.	Студент владеет методами и приемами решения задач медицинской физики, понятийным и терминологическим аппаратом физики, методами и приемами решения задач, измерений в выбранной области.

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства)
ОПК-1.1. Знать основные положения, концепции и методы исследований в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Знать основные положения и концепции естественнонаучных знаний, современные концепции, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования. Знать основные положения и термины физики, науки о земле, о человеке. Знать основные биологические и физические процессы, протекающие в живых организмах.	Тестирование по молекулярной физике №1 и №2, Контрольная работа №1 и №2, Коллоквиум №1 и №2. Лабораторные работы (в лаборатории молекулярной физики). Экзамен.
ОПК-1.2. Уметь оперировать основными положениями, концепциями и методами исследований в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Уметь оперировать основными положениями и терминами современного естествознания оперировать основными положениями и терминами медицинской физики, уметь решать задачи, проводить лабораторные исследования. Применять знания физических и химических законов для описания естественнонаучной картины мира. Уметь применять базовые законы механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики для качественного описания биологических и физических процессов, протекающих в живых организмах.	
ОПК-1.3. Владеть основными положениями, концепциями и методами исследований в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Владеть методами и приемами решения задач медицинской физики, понятийным и терминологическим аппаратом физики, методами и приемами решения задач, измерений в выбранной области.	

Критериями оценивания при *модульно-рейтинговой системе* являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Рейтинг-план дисциплины (лекции и практические занятия)

Молекулярная физика

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление/специальность: 03.03.02 Физика,

курс 1, семестр 2

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль I. Уравнение состояния газа. Процессы. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Молекулярно-кинетическая теория. Распределения Максвелла и Больцмана.			0	35
Текущий контроль				
1. Учет рейтинга по лекциям (Тестирование №1)	0-0.4	25	0	10
2. Учет рейтинга за практические занятия (Письменная контрольная работа №1)	0-5	2	0	10
Рубежный контроль				
Коллоквиум №1	0-5	3	0	15
Модуль II. Второе и третье начала термодинамики. Энтропия. Явления переноса. Тепловое излучение. Жидкости. Капиллярные явления. Фазовые превращения. Тепловые двигатели. Реальные газы.			0	35
Текущий контроль				
1. Учет рейтинга по лекциям (Тестирование №2)	0-0.4	25	0	10
2. Учет рейтинга за практические занятия (Письменная контрольная работа №2)	0-5	2	0	10
Рубежный контроль				
Коллоквиум №2	0-5	3	0	15
Поощрительные баллы				
1. Студенческая олимпиада	0-10	1	0	10
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			0	−6
2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)			0	−10
Итоговый контроль				
Экзамен	0-15	2	0	30

Шкала оценивания (для экзамена):

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно» (включая 10 поощрительных баллов);

от 60 до 79 баллов – «хорошо» (включая 10 поощрительных баллов);

от 80 до 110 баллов – «отлично» (включая 10 поощрительных баллов).

Рейтинг-план дисциплины (лабораторные работы)

Молекулярная физика

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление/специальность: 03.03.02 Физика,

курс 1, семестр 2

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1. Уравнение состояния газа. Процессы. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Молекулярно-кинетическая теория. Распределения Максвелла и Больцмана.			0	43
Текущий контроль				
1. Получение допуска (выполнение конспекта)	0-1	6	0	6
2. Выполнение измерений	0-1	6	0	6
3. Обработка результатов измерений и оформлнение отчета.	0-2	6	0	12
4. Обработка результатов измерений и оформлнение отчета на компьютере.	0-1	1	0	1
Рубежный контроль				
Защита лабораторной работы	0-3	6	0	18
Модуль 2. Второе и третье начала термодинамики. Энтропия. Явления переноса. Тепловое излучение. Жидкости. Капиллярные явления. Фазовые превращения. Тепловые двигатели. Реальные газы.			0	37
Текущий контроль				
1. Получение допуска (выполнение конспекта)	0-1	6	0	6
2. Выполнение измерений	0-1	6	0	6
3. Обработка результатов измерений и оформлнение отчета.	0-2	6	0	12
4. Обработка результатов измерений и оформлнение отчета на компьютере.	0-1	1	0	1
Рубежный контроль				
Защита лабораторной работы	0-2	6	0	12
Поощрительные баллы				
1. Студенческая олимпиада	0-10	1	0	10
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
Посещение практических (лабораторных занятий)			0	-10
Итоговый контроль				
Зачет (устный опрос)	0-5	4	0	20

Шкала оценивания (для зачета по лабораторным работам):

- зачтено – от 60 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- не зачтено – от 0 до 59 баллов (включая 10 поощрительных баллов).

Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (первый вопрос – по модулю I, второй вопрос – по модулю II), на которые студент должен дать письменный развернутый ответ.

Примерные вопросы для проведения экзамена:

1. Макросистемы. Статистический и термодинамический методы.
2. Основные понятия молекулярной физики Массы атомов и молекул.
3. Состояние термодинамической системы. Процесс.
4. Внутренняя энергия системы. Работа при изменениях объема.
5. Температура. Первое начало термодинамики.
6. Газообразное состояние. Уравнение состояния идеального газа.
7. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа.
8. Изопроцессы. Политропические процессы.
9. Гипотеза о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
10. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
11. Ван-дер-Ваальсовский газ. Внутренняя энергия Ван-дер-ваальсовского газа.
12. Некоторые сведения из теории вероятностей. Вероятность макросостояния. Флуктуации.
13. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла). Характерные скорости распределения Максвелла.
14. Распределение Больцмана.
15. Средняя энергия столба жидкости в поле сил тяжести (задача).
16. Барометрическая формула. Подъемная сила.
17. Опытное обоснование молекулярно-кинетической теории (опыт Штерна, опыт Ламмерта, опытное определение постоянной Авогадро).
18. Явления переноса. Кинетические характеристики молекулярного движения.
19. Частота ударов молекул о стенку. Поперечное сечение.
20. Средняя длина свободного пробега. Частота столкновений.
21. Экспериментальное определение средней длины свободного пробега и поперечного сечения столкновений.
22. Процессы переноса: теплопроводность, диффузия, вязкость.
23. Процессы переноса в газах. Связь между коэффициентами, характеризующими процессы переноса.
24. Явления в разреженных газах. Вакуум и методы его получения.
25. Теплопередача, диффузия и трение при малых давлениях.
26. Реальные газы. Фазы с межмолекулярным взаимодействием.
27. Силы межмолекулярного взаимодействия. Ионная связь. Ковалентная связь.
28. Сила Ван-дер-Ваальса. Потенциал межмолекулярного взаимодействия.
29. Экспериментальные изотермы. Критическое состояние. Область двухфазовых состояний.
30. Насыщенный пар. Правило рычага. Свойства критического состояния.
31. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Отклонение свойств газов от идеальных.
32. Физический смысл постоянных, входящих в уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
33. Эффект Джоуля-Томсона. Физическая сущность эффекта.
34. Первое начало термодинамики.
35. Обратимые процессы. Циклические процессы.
36. Работа цикла. Коэффициент полезного действия. Цикл Карно. Цикл Отто.
37. Второе начало термодинамики. Формулировки Кельвина и Клаузиуса второго начала термодинамики и эквивалентность этих формулировок.

38. Холодильная машина и тепловой двигатель.
39. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Формулировка начала термодинамики с помощью энтропии.
40. Статистический характер второго начала термодинамики.
41. Изменение энтропии в необратимых процессах. Определение энтропии идеального газа. Физический смысл энтропии.
42. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа.
43. Термодинамические потенциалы. Жидкое состояние.
44. Поверхностное натяжение. Свободная поверхностная энергия.
45. Условие равновесия на границе жидкость-твердое тело.
46. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления. ПАВы.
47. Фазовые равновесия и фазовые превращения. Испарение и кипение жидкостей.
48. Сущность динамического равновесия на границе пар-жидкость. Свойства системы пар-жидкость.
49. Кипение. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
50. Метастабильные состояния. Перегретая жидкость.
51. Пузырьковые камеры. Переохлажденный пар. Камера Вильсона.
52. Кристаллизация и плавление.
53. Кристаллизация и сублимация. Полиморфизм.
54. Фазовые переходы первого и второго рода.

Образец экзаменационного билета:

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра общей физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6
по дисциплине Молекулярная физика
Направление/специальность 03.03.02 Физика
Профиль/Программа/Специализация
Цифровые технологии в физике функциональных материалов

1. Барометрическая формула. Подъемная сила.
2. Фазовые равновесия и фазовые превращения. Испарение и кипение жидкостей.

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за результаты участия в олимпиаде студентов по общей физике, публикации статей и за работу со школьниками. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

Критерии оценки (в баллах):

– **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы;

– **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности;

– **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос;

– **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Тестовые задания

Структура теста по молекулярной физике №1

Тест по молекулярной физике №1 разработан и проводится в личном кабинете студента (<https://cabinet.bashedu.ru/tests/dev/quiz/view/836>). Состоит из 12 вариантов по 25 тестовых вопроса в каждом из них. Студент выполняет любой один вариант из 12 по указанию преподавателя. На выполнение варианта отводится 1 час времени. В каждом вопросе 4 варианта ответа, только один из них правильный.

Пример части варианта №1 теста по молекулярной физике №1

1. Что определяет формула $D = \frac{1}{3} \bar{v} \lambda$?
а) коэффициент вязкости;
б) коэффициент переноса;
в) коэффициент теплопроводности;
г) коэффициент самодиффузии;
2. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа равна $v_{\text{кв}} = 450$ м/с. Давление газа равно $p = 5 \cdot 10^4$ Па. Найти плотность газа при этих условиях.
а) 0.74 кг/м^3 б) 1.23 кг/м^3 в) 3.46 кг/м^3 г) 4.99 кг/м^3
3. Укажите основное уравнение кинетической теории газов.
а) $p = \frac{2}{3} \rho \langle v^2 \rangle$ б) $p = \frac{1}{3} n \langle E_{\text{к}} \rangle$ в) $p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v^2 \rangle$ г)
 $p = \frac{2}{3} n \langle E_{\text{к}} \rangle$
4. Относительная молекулярная масса гелия равна 4. Выразите в кг/моль молярную массу гелия.
а) $4 \cdot 10^{-4} \text{ кг/моль}$ б) 0.004 кг/моль в) 0.4 кг/моль г) 4 кг/моль
5. Какому значению числа Рейнольдса соответствует ламинарное движение жидкости?
а) $\text{Re} > 10^4$ б) $2300 < \text{Re} < 10^4$ в) $\text{Re} < 2300$ г) $\text{Re} > 2300$
6.

Критерии оценки (в баллах):

Правильный ответ на любой вопрос теста оценивается в 0.4 балла. Все баллы суммируются. Неправильный ответ – 0 баллов.

Структура теста по молекулярной физике №2

Тест по молекулярной физике №2 разработан и проводится в личном кабинете студента (<https://cabinet.bashedu.ru/tests/dev/quiz/view/836>). Состоит из 8 вариантов по 25 тестовых вопроса в каждом из них. Студент выполняет любой один вариант из 8 по указанию преподавателя. На выполнение варианта отводится 1 час и 10 минут времени. В каждом вопросе 4-5 вариантов ответа, только один из них правильный.

Пример части варианта №1 теста по молекулярной физике №2

1. Газ считается идеальным, если можно пренебречь:

- А. взаимодействием молекул;
- Б. скоростью молекул;
- В. массой молекул;
- Г. размером молекул;
- Д. столкновениями молекул.

1. А, Б 2. А, В 3. А, Г 4. Б, Д 5. В, Г

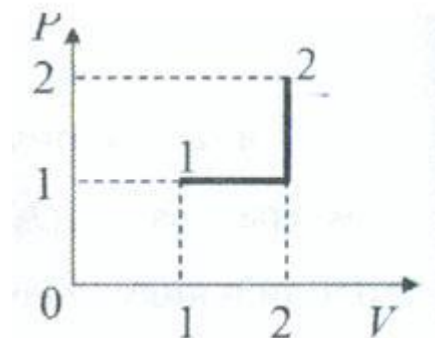
2. Давление идеального газа зависит от:

- 1. силы притяжения молекул;
- 2. кинетической энергии молекул;
- 3. потенциальной энергии молекул;
- 4. размеров молекул;
- 5. формы сосуда.

3. Состояние идеального газа изменилось в соответствии с графиком на $p - V$ диаграмме. В состоянии 1 температура газа T_0 . В состоянии 2 температура газа равна:

- 1. $2T_0$;
- 2. $3T_0$;
- 3. $4T_0$;
- 4. $5T_0$;
- 5. $6T_0$.

4.



Критерии оценки (в баллах):

Правильный ответ на любой вопрос теста оценивается в 0.4 балла. Все баллы суммируются. Неправильный ответ – 0 баллов.

Вопросы для проведения коллоквиума №1:

1. Статистический и термодинамический методы.
2. Основные понятия молекулярной физики
3. Массы атомов и молекул.
4. Состояние термодинамической системы.
5. Внутренняя энергия системы.
6. Работа при изменениях объема.
7. Температура.
8. Первое начало термодинамики.
9. Уравнение состояния идеального газа.
10. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа.
11. Изопроцессы.

12. Политропические процессы.
13. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
14. Ван-дер-ваальсовский газ.
15. Барометрическая формула.
16. Некоторые сведения из теории вероятностей. Вероятность макросостояния.
17. Флуктуации.
18. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла).
19. Характерные скорости распределения Максвелла.
20. Распределение Больцмана.
21. Барометрическая формула.
22. Подъемная сила.

Вопросы для проведения коллоквиума №2:

1. Явления переноса. Кинетические характеристики молекулярного движения.
2. Частота ударов молекул о стенку. Средняя длина свободного пробега.
3. Процессы переноса: теплопроводность, диффузия, вязкость.
4. Связь между коэффициентами, характеризующими процессы переноса.
5. Явления в разреженных газах. Вакуум и методы его получения.
6. Теплопередача, диффузия и трение при малых давлениях.
7. Реальные газы. Фазы с межмолекулярным взаимодействием.
8. Силы межмолекулярного взаимодействия.
9. Ионная связь. Ковалентная связь.
10. Сила Ван-дер-Ваальса. Потенциал межмолекулярного взаимодействия.
11. Экспериментальные изотермы. Критическое состояние.
12. Насыщенный пар. Правило рычага.
13. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Отклонение свойств газов от идеальных.
14. Физический смысл постоянных, входящих в уравнение Ван-дер-Ваальса.
15. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
16. Эффект Джоуля-Томсона. Физическая сущность эффекта.
17. Первое начало термодинамики. Обратимые процессы. Циклические процессы.
18. Работа цикла. Коэффициент полезного действия. Цикл Карно. Цикл Отто.
19. Второе начало термодинамики. Формулировки Кельвина и Клаузиуса второго начала термодинамики и эквивалентность этих формулировок.
20. Холодильная машина и тепловой двигатель.
21. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса.
22. Формулировка начала термодинамики с помощью энтропии.
23. Статистический характер второго начала термодинамики.
24. Изменение энтропии в необратимых процессах.
25. Определение энтропии идеального газа. Физический смысл энтропии. Расчет изменения.

Критерии оценки (в баллах):

– **5 баллов** выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на теоретический вопрос, продемонстрировал знание терминологии, основных элементов. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы;

– **4 балла** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретический вопрос, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности;

– **2-3 балла** выставляется студенту, если при ответе на теоретический вопрос студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных

методов. Теоретический вопрос в целом изложен достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос;

– **1 балл** выставляется студенту, если ответ на теоретический вопрос свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Контрольные работы

Структура контрольной работы №1

Контрольная работа №1 по молекулярной физике состоит из 5 вариантов по 2 задачи в каждом из них. Студент выполняет любой один вариант из 5 по указанию преподавателя. На выполнение варианта отводится 1 час времени.

Примеры вариантов №1 и №2 контрольной работы №1

Вариант №1

№1

Два одинаковых баллона соединены трубкой с клапаном, пропускающим газ из одного баллона в другой при разности давлений $\Delta p \geq 1.10$ атм. Сначала в одном баллоне был вакуум, а в другом – идеальный газ при температуре $t_1 = 27^\circ\text{C}$ и давлении $p_1 = 1.00$ атм. Затем оба баллона нагрели до температуры $t_2 = 107^\circ\text{C}$. Найти давление газа в баллоне, где был вакуум.

Ответ: $p_2 = \frac{1}{2} \left(p_1 \frac{T_2}{T_1} - \Delta p \right) \approx 8.4 \cdot 10^3 \text{ Па}.$

№2

Один моль идеального газа, теплоемкость которого при постоянном давлении C_p , совершает процесс по закону $p = p_0 + \alpha/V$, где p_0 и α – постоянные. Найти:

1. теплоемкость газа как функцию его объема V ;
2. сообщенное газу тепло при его расширении от V_1 до V_2 .

Ответ: 1. $C(V) = C_p + \alpha R / (p_0 V)$; 2. $Q = p_0 C_p (V_2 - V_1) / R + \alpha \ln V_2 / V_1$.

Вариант №2

№1

В сосуде находится смесь $m_1 = 7.0$ г азота и $m_2 = 11.0$ г углекислого газа при температуре $T = 290$ К и давлении $p_0 = 1.0$ атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными. $M_1 = 28$ г/моль, $M_2 = 44$ г/моль.

Ответ: $\rho = \frac{(m_1 + m_2)p_0}{(m_1/M_1 + m_2/M_2)RT} \approx 1.5 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$

№2

Имеется идеальный газ с показателем адиабаты γ . Его молярная теплоемкость при некотором процессе изменяется по закону $C = \alpha/T$, где α – постоянная. Найти:

1. работу, совершенную одним молем газа при его нагревании от T_0 до температуры η раз большей;
2. уравнение процесса в параметрах p, V .

Ответ: 1. $A = \alpha \ln \eta - RT_0(\eta - 1)/(\gamma - 1)$; 2. $pV^\gamma e^{\alpha(\gamma-1)/(pV)} = \text{Const}.$

Структура контрольной работы №2

Контрольная работа №2 по молекулярной физике состоит из 6 вариантов по 2 задачи в каждом из них. Студент выполняет любой один вариант из 6 по указанию преподавателя. На выполнение варианта отводится 1 час времени.

Примеры вариантов №5 и №6 контрольной работы №2

Вариант №5

№1

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?

$$\text{Ответ: } h = \frac{RT}{Mg} \frac{\eta \ln \eta}{\eta - 1}.$$

№2

Идеальный газ с показателем адиабаты γ совершает процесс по закону $p = p_0 - \alpha V$, где p_0 и α – положительные постоянные, V – объем. При каком значении объема энтропия газа окажется максимальной?

$$\text{Ответ: } V = \frac{p_0 \gamma}{\alpha(\gamma + 1)}.$$

Вариант №6

№1

Горизонтально расположенную трубку с закрытыми торцами вращают с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через один из ее торцов. В трубке находится углекислый газ ($M = 44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль) при $T = 300$ К. Длина трубки $l = 100$ см. Найти ω , при котором отношение концентраций молекул у противоположных торцов трубки $\eta = 2.0$.

$$\text{Ответ: } \omega = \left(\frac{2RT \ln \eta}{Ml^2} \right)^{1/2} \approx 280.2 \text{ рад/с}.$$

№2

Найти приращение энтропии одного моля ван-дер-ваальсовского газа при изотермическом изменении его объема от V_1 до V_2 .

$$\text{Ответ: } \Delta S = R \ln \frac{V_2 - b}{V_1 - b}.$$

Критерии оценки одной задачи из двух контрольной работы №1 или №2 (в баллах):

- 5 баллов выставляется студенту, если задача решена абсолютно правильно, без недочетов и ошибок;
 - 4 балла выставляется студенту, если задача решена правильно, но в ней есть один недочет или незначительная ошибка (в математических преобразованиях);
 - 3 балла выставляется студенту, если есть попытка решить задачу, присутствуют все необходимые законы (формулы), но имеется грубая ошибка в законе, или решение задачи не доведено до конца;
 - 2 балла выставляется студенту, если присутствуют все необходимые законы (формулы), чтобы решить задачу, но само решение на начато, или имеются две грубые ошибки в законах;
 - 1 баллов выставляется студенту, если записан правильно хотя бы один необходимый закон для решения задачи;
 - 0 баллов выставляется студенту, если отсутствует решение задачи;
- Набранные баллы по двум задачам контрольной работы затем суммируются.

Лабораторные работы

Структура лабораторных работ

Студент выполняет за отведенное время по учебному плану минимум 12 лабораторных работ. Учебно-методические пособия в лаборатории по каждой лабораторной работе имеется. На выполнение одной лабораторной работы студент должен потратить не менее 4 часов и не более 6 часов аудиторной работы. Под выполнением лабораторной работы понимается: получение допуска к измерениям (наличие конспекта в тетради и знание устройства и принципа работы лабораторной установки); выполнение измерений; выполнение письменного отчета в тетради, защита лабораторной работы (ответы на вопросы в конце учебно-методического пособия).

Тематика лабораторных работ

Молекулярная физика (ауд. №308)

- №1. Определение коэффициента вязкости воздуха капиллярным методом.
- №2. Определение отношения удельных теплоемкостей газов методом Клемана и Дезорма.
- №3. Определение коэффициента теплопроводности методом нагретой нити.
- №4. Определение универсальной газовой постоянной методом изотермического изменения состояния.
- №5. Определение средней длины свободного пробега молекул воздуха.
- №6. Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме.
- №7. Определение коэффициента объемного расширения жидкости по методу Дюлонга и Пти.
- №8. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости в капиллярных трубках.
- №9. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения раствора от концентрации и температуры.
- №10. Определение коэффициента внутреннего трения жидкости по методу Стокса.
- №11. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца.
- №12. Определение скорости звука в воздухе и отношения удельных теплоемкостей методом стоячей волны.
- №13. Определение теплоемкости твердых тел.
- №14. Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара.
- №15. Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме резонансным методом.
- №16. Определение теплоты парообразования воды.
- №18. Определение теплоты плавления металла и приращения энтропии.

Выполнение 12 лабораторных работ студентом – является условием получения зачета по дисциплине.

Образец выполнения обработки результатов измерений и оформления отчета
(на примере лабораторной работы №1 по механике)

1. Обработка результатов прямых измерений

1. Результаты измерений записать в таблицу 1:

Таблица 1.

№ п/п	x_i (мм)	Δx_i (мм)	$(\Delta x_i)^2$ (мм) ²	y_i (мм)	Δy_i (мм)	$(\Delta y_i)^2$ (мм) ²	z_i (мм)	Δz_i (мм)	$(\Delta z_i)^2$ (мм) ²
1	8	0,6	0,36	12	0,2	0,04	35	0,4	0,16
2	9	-0,4	0,16	12	0,2	0,04	36	-0,6	0,36
3	8	0,6	0,36	13	-0,8	0,64	36	-0,6	0,36
4	9	-0,4	0,16	12	0,2	0,04	35	0,4	0,16
5	9	-0,4	0,16	12	0,2	0,04	35	0,4	0,16
Ср. знач.	8,6	0	$\Sigma=1,2$	12,2	0	$\Sigma=0,8$	35,4	0	$\Sigma=1,2$

2. Вычислить среднее значение из n измерений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{x} = \frac{8+9+8+9+9}{5} = \frac{43}{5} = 8,6 \text{ мм};$$

$$\bar{y} = \frac{12+12+13+12+12}{5} = \frac{61}{5} = 12,2 \text{ мм};$$

$$\bar{z} = \frac{35+36+36+35+35}{5} = \frac{177}{5} = 35,4 \text{ мм}.$$

Результаты средних значений записать в таблицу 1.

3. Найти погрешности отдельных измерений:

$$\Delta x_1 = 8,6 - 8 = 0,6 \text{ мм};$$

$$\Delta x_2 = 8,6 - 9 = -0,4 \text{ мм};$$

$$\Delta x_3 = 8,6 - 8 = 0,6 \text{ мм};$$

$$\Delta x_4 = 8,6 - 9 = -0,4 \text{ мм};$$

$$\Delta x_5 = 8,6 - 9 = -0,4 \text{ мм}.$$

Аналогично определяем Δy_i , Δz_i . Результаты заносим в таблицу 1.

4. Вычислить квадраты погрешностей отдельных измерений $(\Delta x_i)^2$, $(\Delta y_i)^2$, $(\Delta z_i)^2$:

$$(\Delta x_1)^2 = (0,6)^2 = 0,36 \text{ мм}^2;$$

$$(\Delta x_2)^2 = (-0,4)^2 = 0,16 \text{ мм}^2;$$

$$(\Delta x_3)^2 = (0,6)^2 = 0,36 \text{ мм}^2;$$

$$(\Delta x_4)^2 = (-0,4)^2 = 0,16 \text{ мм}^2;$$

$$(\Delta x_5)^2 = (-0,4)^2 = 0,16 \text{ мм}^2.$$

Аналогично определяем $(\Delta y_i)^2$, $(\Delta z_i)^2$. Результаты заносим в таблицу 1.

5. Найти сумму квадратов погрешностей отдельных измерений:

$$\sum_{i=1}^5 (\Delta x_i)^2 = 0,36 + 0,16 + 0,36 + 0,16 + 0,16 = 1,2 \text{ мм}^2;$$

$$\sum_{i=1}^5 (\Delta y_i)^2 = 0,04 + 0,04 + 0,64 + 0,04 + 0,04 = 0,8 \text{ мм}^2;$$

$$\sum_{i=1}^5 (\Delta z_i)^2 = 0,16 + 0,36 + 0,36 + 0,16 + 0,16 = 1,2 \text{ мм}^2.$$

Значения записать в таблицу 1.

6. Определить выборочную дисперсию среднего арифметического:

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}$$

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{1,2}{20} = 0,06;$$

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{0,8}{20} = 0,04;$$

$$S_{\bar{z}}^2 = \frac{1,2}{20} = 0,06.$$

7. Задать значение доверительной вероятности $\alpha = 0,95$.

8. Определить по таблице 2 значения коэффициентов Стьюдента (при $n = 5$ и $n = \infty$ измерениях $t_{\alpha, n} = 2,8$ и $t_{\alpha\infty} = 2,0$).

9. Найти доверительный интервал (абсолютную погрешность измерения) по формуле:

$$\Delta x = \sqrt{S_{\bar{x}}^2 (t_{\alpha n})^2 + \left(\frac{t_{\alpha\infty}}{3}\right)^2 \cdot \delta^2},$$

где δ – приборная погрешность (для линейки она равна $\delta = 0,5$).

Таблица 2

	Значение α							
n	0,5	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	1	2	3,1	6,3	12,7	31,8	63,7	636,6
3	0,82	1,3	1,9	2,9	4,1	7,0	9,9	31,6
4	0,77	1,3	1,6	2,9	3,2	4,5	5,8	12,9
5	0,74	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6
6	0,73	1,2	1,5	2,0	2,6	3,4	4,0	6,9
7	0,72	1,1	1,4	1,9	2,4	3,1	3,7	6,0
8	0,71	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,5	5,4
9	0,71	1,1	1,4	1,9	2,3	2,9	3,4	5,0
10	0,70	1,1	1,4	1,8	2,3	1,8	3,3	4,8
11	0,70	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,2	4,6
12	0,70	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,5
13	0,70	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,3
14	0,70	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,0	4,2
15	0,70	1,1	1,4	1,8	2,1	2,6	3,0	4,1
∞	0,70	1,1	1,4	1,6	2,0	2,3	2,6	3,3

$$\Delta x = \sqrt{0,06 \cdot (2,8)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 \cdot (0,5)^2} = \sqrt{0,47 + 0,11} = \sqrt{0,58} = 0,8 \text{ мм};$$

$$\Delta y = \sqrt{0,04 \cdot (2,8)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 \cdot (0,5)^2} = \sqrt{0,31 + 0,11} = \sqrt{0,42} = 0,7 \text{ мм};$$

$$\Delta z = \sqrt{0,06 \cdot (2,8)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 \cdot (0,5)^2} = \sqrt{0,47 + 0,11} = \sqrt{0,58} = 0,8 \text{ мм}.$$

10. Оценить относительную погрешность измерения:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}}; \quad \varepsilon_x = \frac{0,76}{8,6} = 0,088; \quad \varepsilon_y = \frac{0,65}{12,2} = 0,053; \quad \varepsilon_z = \frac{0,76}{35,4} = 0,021.$$

11. Окончательный результат записать в виде:

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) \text{ мм}; \quad x = (8,6 \pm 0,8) \text{ мм}; \quad y = (12,2 \pm 0,7) \text{ мм}; \quad z = (35,4 \pm 0,8) \text{ мм}.$$

2. Обработка результатов косвенных измерений

(на примере определения объема тела)

Для косвенных измерений предлагается следующий порядок обработки результатов:

1. Вычисляется среднее значение функции: $(\bar{U} = f(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \dots))$.

2. Для каждой конкретной лабораторной работы выводится формула косвенной погрешности:

$$\Delta U = \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial z} \Delta z\right)^2 + \dots}$$

где $\frac{\partial U}{\partial x}, \frac{\partial U}{\partial y}, \frac{\partial U}{\partial z}$, частные производные по одной переменной x, y, z соответственно, другие

переменные при этом считаются постоянными величинами. В большинстве случаев удобнее пользоваться формулой для относительной погрешности:

$$\varepsilon_U = \frac{\Delta U}{\bar{U}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial z} \Delta z\right)^2 + \dots}}{\bar{U}} = \sqrt{\left(\frac{\frac{\partial U}{\partial x} \Delta x}{\bar{U}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{\partial U}{\partial y} \Delta y}{\bar{U}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{\partial U}{\partial z} \Delta z}{\bar{U}}\right)^2 + \dots}$$

3. Вычислив $\bar{U}$ и ε_U , нужно найти абсолютную погрешность:

$$\Delta U = \varepsilon_U \cdot \bar{U}.$$

4. Окончательный результат записывается в виде: $U = \bar{U} \pm \Delta U$.

Выше были даны общие формулы, которые будут использованы в дальнейшем при обработке результатов косвенных измерений. Ниже показан пример обработки результатов косвенных измерений.

1. Найти среднее значение объема тела:

$$\bar{V} = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z}$$

$$\bar{V} = 8,6 \cdot 12,2 \cdot 35,4 = 3714,17 \text{ мм}^3$$

2. Найти относительную погрешность ε_V объема:

$$\varepsilon_V = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\bar{y}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta z}{\bar{z}}\right)^2} = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_z^2};$$

$$\varepsilon_V = \sqrt{(0,088)^2 + (0,053)^2 + (0,021)^2} = \sqrt{0,0077 + 0,0028 + 0,00044} = 0,10.$$

3. Определить абсолютную погрешность определения объема тела:

$$\Delta V = \bar{V} \cdot \varepsilon_V;$$

$$\Delta V = 3714,17 \cdot 0,10 = 371,4 \text{ мм}^3.$$

Результат измерений представляет собой приближенное число, точность которого определяется погрешностью. Приближенное число принято записывать так, чтобы погрешность последней цифры не превышала десяти единиц соответствующего разряда.

При такой записи все цифры числа, кроме последней, будут верными. Последняя цифра числа называется сомнительной, все цифры правее сомнительной – неверными. В приближенном числе сохраняют одну неверную цифру. Например, если результат измерений равен 1, 2763, а абсолютная погрешность – 0,02, то окончательный результат будет $(1,28 \pm 0,02)$, где отброшены две неверные цифры, оставлены две верные и одна сомнительная.

4. Округлить результаты измерений и записать окончательный результат:

$$V = (\bar{V} \pm \Delta V), \quad V = (3714,2 \pm 371,4) \text{ мм}^3. \quad \varepsilon_V = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100\%, \quad \varepsilon_V = 10\%.$$

После завершения обработки результатов прямых и косвенных измерений, исходя из цели лабораторной работы и анализа полученных результатов, пишется вывод.

Критерии оценки (в баллах):

- **2 балла** выставляется студенту, если отчет выполнен по всем требованиям, аккуратно и без ошибок;
- **1 балл** выставляется студенту, если отчет выполнен по требованиям, но неаккуратно и допущены ошибки;
- **0 баллов** выставляется студенту, если отчет не выполнен.

Защита лабораторной работы (устный опрос)

Структура устного опроса:

Устный опрос состоит из четырех теоретических вопросов, на которые студент должен в течение 60 минут дать в устном виде или в письменном виде развернутый ответ.

Примерные вопросы для проведения устного опроса:

1. Макросистемы. Статистический и термодинамический методы.
2. Основные понятия молекулярной физики Массы атомов и молекул.
3. Состояние термодинамической системы. Процесс.
4. Внутренняя энергия системы. Работа при изменениях объема.
5. Температура. Первое начало термодинамики.
6. Газообразное состояние. Уравнение состояния идеального газа.
7. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа.
8. Изопроцессы. Политропические процессы.
9. Гипотеза о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
10. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
11. Ван-дер-Ваальсовский газ. Внутренняя энергия Ван-дер-ваальсовского газа.
12. Некоторые сведения из теории вероятностей. Вероятность макросостояния. Флуктуации.
13. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла). Характерные скорости распределения Максвелла.
14. Распределение Больцмана.
15. Средняя энергия столба жидкости в поле сил тяжести (задача).
16. Барометрическая формула. Подъемная сила.
17. Опытное обоснование молекулярно-кинетической теории (опыт Штерна, опыт Ламмерта, опытное определение постоянной Авогадро).
18. Явления переноса. Кинетические характеристики молекулярного движения.
19. Частота ударов молекул о стенку. Поперечное сечение.
20. Средняя длина свободного пробега. Частота столкновений.
21. Экспериментальное определение средней длины свободного пробега и поперечного сечения столкновений.
22. Процессы переноса: теплопроводность, диффузия, вязкость.
23. Процессы переноса в газах. Связь между коэффициентами, характеризующими процессы переноса.
24. Явления в разреженных газах. Вакуум и методы его получения.
25. Теплопередача, диффузия и трение при малых давлениях.
26. Реальные газы. Фазы с межмолекулярным взаимодействием.
27. Силы межмолекулярного взаимодействия. Ионная связь. Ковалентная связь.
28. Сила Ван-дер-Ваальса. Потенциал межмолекулярного взаимодействия.
29. Экспериментальные изотермы. Критическое состояние. Область двухфазовых состояний.

30. Насыщенный пар. Правило рычага. Свойства критического состояния.
31. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Отклонение свойств газов от идеальных.
32. Физический смысл постоянных, входящих в уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
33. Эффект Джоуля-Томсона. Физическая сущность эффекта.
34. Первое начало термодинамики.
35. Обратимые процессы. Циклические процессы.
36. Работа цикла. Коэффициент полезного действия. Цикл Карно. Цикл Отто.
37. Второе начало термодинамики. Формулировки Кельвина и Клаузиуса второго начала термодинамики и эквивалентность этих формулировок.
38. Холодильная машина и тепловой двигатель.
39. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Формулировка начала термодинамики с помощью энтропии.
40. Статистический характер второго начала термодинамики.
41. Изменение энтропии в необратимых процессах. Определение энтропии идеального газа. Физический смысл энтропии.
42. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа.
43. Термодинамические потенциалы. Жидкое состояние.
44. Поверхностное натяжение. Свободная поверхностная энергия.
45. Условие равновесия на границе жидкость-твердое тело.
46. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления. ПАВы.
47. Фазовые равновесия и фазовые превращения. Испарение и кипение жидкостей.
48. Сущность динамического равновесия на границе пар-жидкость. Свойства системы пар-жидкость.
49. Кипение. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
50. Метастабильные состояния. Перегретая жидкость.
51. Пузырьковые камеры. Переохлажденный пар. Камера Вильсона.
52. Кристаллизация и плавление.
53. Кристаллизация и сублимация. Полиморфизм.
54. Фазовые переходы первого и второго рода.

Критерии оценки (в баллах):

– **18-20 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на вопросы, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы;

– **13-17 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности;

– **7-12 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос;

– **1-6 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Иродов И.Е. Физика макросистем.: основные законы / Изд. 2-е, доп. М.: 2006. [В библ. БашГУ имеется 180 экз. Имеются года: 2001, 2003, 2006, 2013]
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М.: 2010. [В библ. БашГУ имеется 191 экз. Имеются года: 1981, 2006, 2010]
3. Иродов И.Е. / Задачи по общей физике. – Изд. 8-е. – СПб.: Лань, , 2007. – 432 с. [В библ. БашГУ имеется 107 экз. Имеются года: 2007, 2009, 2010, 2012, 2014]

Дополнительная литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики: т.2. Термодинамика и молекулярная физика – М.: Физматлит, 2005. – 529 с. [В библ. БашГУ имеется 166 экз. Имеются года: 1975, 1979, 1990, 2005, 2006]
2. Савельев И.В. Курс общей физики: т. 1: Механика. Молекулярная физика и термодинамика. – М.: КНОРУС, 2012. – 528 с. [В библ. БашГУ имеется 217 экз. Имеются года: 1975, 1989, 1991, 1998, 2008]
3. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Курс физики с примерами решения задач: т. 1.: учебник / М.: КНОРУС, 2015 . – 584 с. [В библ. БашГУ имеется 140 экз. Имеются года: 2001, 2003, 2004, 2007, 2013]

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. – Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства „Лань“. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://e.lanbook.com/>
4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

Дополнительная литература в ЭБС БашГУ:

Методические указания к лабораторным работам

1. Определение коэффициента объемного расширения жидкости по методу Дюлонга и ПТИ [Электронный ресурс]: лабораторная работа по молекулярной физике №7 / Ф.М. Гирфанова; Р.Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova_Shafееv_sost_lab_7_mu_2015.pdf>.

2. Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме [Электронный ресурс]: лабораторная работа по молекулярной физике № 6 / Ф. М.

Гирфанова; Р.Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova_Shafeev_sost_Opred_otnoshenija_teploemkostej_Lab_6_mu_2019.pdf>.

3. Определение универсальной газовой постоянной методом изотермического изменения состояния [Электронный ресурс]: лабораторная работа № 4 по молекулярной физике / Ф.М. Гирфанова; Р.Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova_Shafeev_sost_Opred_univers_gaz_postojanno_j_Lab_4_mu_2019.pdf>.

4. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения раствора от концентрации и температуры [Электронный ресурс]: лабораторная работа по молекулярной физике №9 / Ф.М. Гирфанова; Р.Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova_Shafeev_sost_lab_9_mu_2015.pdf>.

Учебные пособия для подготовки к олимпиадам

1. Олимпиадные задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Н. Назаров, Р.Р. Шафеев, И.Р. Каюмов; – Уфа: БашГУ, 2011. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/read/Olimp-2011.pdf>>.

2. Олимпиадные задачи по общей физике (15 апреля 2011) [Электронный ресурс] / В.Н. Назаров, Р.Р. Шафеев, И.Р. Каюмов; – Уфа: БашГУ, 2011. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Olimp-15.04.2011.pdf>>.

3. Олимпиадные задачи по общей физике (2011-2012 г.г.) [Электронный ресурс]: методическое руководство по решению физических задач / В.Н. Назаров [и др.]; – Уфа: БашГУ, 2012. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Olimp-2012.pdf>>.

4. Сборник олимпиадных задач по общей физике 2012-2013 гг. [Электронный ресурс]: методическое руководство по решению физических задач / В.Н. Назаров [и др.]; – Уфа: БашГУ, 2013. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Olimp-2013.pdf>>.

5. Сборник олимпиадных задач по общей физике 2013-2014 гг. [Электронный ресурс]: методическое руководство по решению физических задач / Р.Р. Шафеев, Ф.К. Закирьянов, А.Т. Харисов; – Уфа: БашГУ, 2014. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Olimp-2014.pdf>>.

6. Сборник олимпиадных задач по общей физике 2009 – 2016 [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Н. Назаров [и др.]. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Nazarov_i_dr_Sbornik_olimpiadnyh_zadach_po_fizike_2009-16_up_2017.pdf>.

Учебные пособия

1. Общая физика: Раздел «Механика. Молекулярная физика. Электричество и магнетизм» [Электронный ресурс]: учебное пособие для самостоятельной работы студентов / Р.Р. Шафеев, Г.И. Заманова – Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/local/Shafeev_Zamanova_Obzhajja_fizika_up_2019.pdf>.

2. Механика и молекулярная физика: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г.И. Заманова, Р.Р. Шафеев. – М.: Директ-Медиа, 2015 – 52 с. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/read/Zamanova_Shafeev_Mekhanika_i_molekularnaja_fizika_2015.pdf>.

3. Теория погрешностей. Задачи и тесты по механике и молекулярной физике. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.И. Заманова, Р.Р. Шафеев; – Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:https://elib.bashedu.ru/dl/read/Zamanova_Shafeev_Teorija_pogreshnostej_Zadachi_up_2016.pdf>.

4. Методические указания по решению задач. Механика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: для студ. химического факультета / Г. И. Заманова; Р. Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013 – 54 с. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/ZamanovaShafeevMetUkazReshZadachMehMolekPhiz.pdf>>.

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
1	2	3
Большая физическая аудитория 02	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитории № 322 или № 324 или № 318 (физмат корпус)	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.
Читальный зал №4 (корпус биофака, 4 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 60.
Лаборатория молекулярной физики 308 (физмат корпус)	Лабораторные работы	Установка к ЛР №1 «Определение коэффициента вязкости воздуха капиллярным методом» ФПТ1-1 – 1 шт. (инв. 210042060) Насос Комовского к ЛР №2 «Определение отношения удельных теплоемкостей газов методом Клемана и Дезорма» Установка к ЛР №3 «Определение коэффициента теплопроводности методом нагретой нити» ФПТ1-3 – 1 шт. (инв.2101042059) Установка к ЛР №4 «Определение универсальной газовой постоянной методом изотермического изменения состояния» ФПТ1-12 – 1 шт.

		Барометр-анероид – 1 шт., трехходовой кран – 1 шт. к ЛР №4 «Определение универсальной газовой постоянной методом изотермического изменения состояния» Установка к ЛР №5 «Определение средней длины свободного пробега молекул воздуха» – 1 шт., аспиратор – 1 шт., мензурка – 1 шт. Установка к ЛР №6 «Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме» ФПТ1-6 – 1 шт. (инв.2101042063) Установка к ЛР №7 «Определение коэффициента объемного расширения жидкости по методу Дюлонга и Пти» – 1 шт. Катетометр – 1 шт. инв. 11010409772, набор капиллярных трубок с держателем – 1 шт. к ЛР №8 «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости в капиллярных трубках» Прибор Кантора-Ребиндера – 1 шт. к ЛР №9 «Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения раствора от концентрации и температуры» Кольцо на подвесе – 1 шт., штангенциркуль – 1 шт., набор гирь – 1 шт. к ЛР №11 «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца» Генератор – 1 шт., осциллограф – 1 шт., резонатор с микрофоном и динамиком – 1 шт. к ЛР №12 «Определение скорости звука в воздухе и отношения удельных теплоемкостей методом стоячей волны» Установка к ЛР №13 «Определение теплоемкости твердого тела» ФПТ1-8 – 1 шт. (инв.2101042065) Установка к ЛР №14 «Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара» ФПТ1-4 – 1 шт. (инв.2101042056) Установка к ЛР №15 «Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянных давлении и объеме резонансным методом» ФПТ1-7 – 1 шт. (инв.2101042062) Установка к ЛР №16 «Определение теплоты парообразования воды» ФПТ1-10 – 1 шт. Тигельная печь с оловом – 1 шт., термopapa – 1 шт., штатив – 1 шт., гальванометр – 1 шт. к ЛР № 18 «Определение теплоты плавления металла и приращения энтропии» Жидкостные манометры – 4 шт. к ЛР №2, к ЛР №4, к ЛР №5, к ЛР №9 Термостаты – 5 шт. Столы дер. покраш. белые 120*60 – 12 шт. Столы дер.покр.бел.гол.ножки 1.23*54-2 шт. Доска ауд.-1 шт. инв.2101067123 Мет.шкаф 2хдвер 1,70*1,00 – 1шт. Мет.шкаф 2хдвер 1,90*1,00 – 1шт. Мет.шкафы с 4мя выдвиж. полками 49*52 – 8 шт. Мет.сейф 1дверью – 3 шт. Аквадистиллятор – 1шт. Доска информ. пробковая – 1 шт. Стулья – 33шт. Жалюзи – 4шт.
--	--	---

Приложение 1

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Молекулярная физика» на 2 семестр
(наименование дисциплины)

дневная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	7 / 252
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	145.9
лекций	48
практических/ семинарских	32
лабораторных	64
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.9
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	79.1
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма(ы) контроля:

экзамен, зачет, контрольные работы – второй семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоят ельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР /СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Модуль I.								
Уравнение состояния газа. Процессы. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Молекулярно-кинетическая теория. Распределения Максвелла и Больцмана.								
1.	Предмет молекулярной физики. Методы исследования свойств макросистем. Физические величины и их измерение. Системы единиц физических величин. Состояние системы. Процессы.	8	5	8	10	Осн. литер. 1. Введение. 2. Введение Доп. литер. 1. Гл.2 (§§ 1-2), гл.3 (§§1-7)	Осн. литер. 3. 6.1 – 6.24	Отчет к лаб. работам №1; 3; проверка домашнего задания на практических занятиях.
2.	Внутренняя энергия. Теплоемкость идеального газа. Политропические процессы. Молекулярно-кинетическая теория. Гипотеза о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Газ Ван-дер-Ваальса.	8	5	8	10	Осн. литер. 1. §§ 1.2. -1.7. 2. 19-20 Доп. литер. 1. Гл.5 (§§ 1-7), гл.11(§§ 1-5,7) 2. Гл.1 (§§ 1-5), гл.2 (§§ 1-5).	Осн. литер. 3. 6.25 – 6.65	Отчет к лаб. работам №4; 5; проверка домашнего задания на практических занятиях.
3.	Математические понятия. Вероятность. Средние значения. Функция распределения вероятностей. Среднее число частиц в объеме. Относительная величина флуктуаций. Кинематические характеристики	8	5	8	10	Осн. литер. 1. §§ 2.1.–2.4. 2. §§ 1-12 Доп. литер.	Осн. литер. 3. 6.66 – 6.101	Тестирование №1; отчет к лаб. работам №6;

	молекулярного движения. Давление. Температура. Опытная проверка закона распределения Максвелла. Барометрическая формула. Атмосфера планет. Экспериментальная проверка распределения Больцмана. Подъемная сила.					1. Гл.8 (§§ 1-5), гл.9 (§§ 1-7). Гл.10 (§§ 1-3), Гл.12 (§§ 1-6). 2. Гл.2 (§§ 1-2). Гл.3 (§§ 2-5). Гл.4 (§§ 1-7), Гл.9 (§§ 1,2,7).		12; проверка домашнего задания на практических занятиях.
4.	Модель Максвелла-Больцмана. Неразличимость частиц. Распределение различных между собой частиц по энергиям. Расчет движения броуновской частицы. Вращательное броуновское движение.	8	5	8	10	Осн. литер. 1. §§ 2.4. 2. §§ 13-14 Доп. литер. 1. Гл.12 (§ 2). 2. Гл.3 (§§ 1-4), гл.14 (§§ 1-3).	Осн. литер. 3. 6.101 – 6.136	Устный опрос по лабораторным работам. Контрольная работа №1; Коллоквиум №1.
Модуль II.								
Второе и третье начала термодинамики. Энтропия. Явления переноса. Тепловое излучение. Жидкости. Капиллярные явления. Фазовые превращения. Тепловые двигатели. Реальные газы.								
5.	Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Статист. характер второго начала термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах.	4	3	8	10	Осн. литер. 1. §§ 3.1.-3.5.. 2. §§ 27 Доп. литер. 1. Гл.4 (§§ 1-4), гл.13 (§§ 1-4), гл.14 (§§ 1-5). 2. Гл.5 (§§ 2,4,5).	Осн. литер. 3. 6.137 – 6.153	Отчет к лаб. работам №2; 7; проверка домашнего задания на практических занятиях.
6.	Свободная энергия. Энтальпия. Функция Гиббса. Соотношения Максвелла. Формулы для теплоемкостей. Основной критерий т/д устойчивости.	4	3	8	10	Осн. литер. 1. §§ 3.5. 2. §§ 28 Доп. литер. 1. Гл.4 (§ 4), гл.10 (§§ 2,3).	Осн. литер. 3. 6.154 – 6.190	Отчет к лаб. работам №8; 9; проверка домашнего задания на

						2. Гл.5 (§§ 1-5), Гл.6 (§ 2).		практических занятиях.
7.	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Поверхностное натяжение. Структура жидкостей. Химический потенциал и условия равновесия фаз. Структуры ЖК. Степень упорядоченности в жидких кристаллах. Фазовые переходы. Свойства и анизотропия свойств ЖК.	4	3	8	10	Осн. литер. 1. §§ 5.1.-5.2. 2. §§ 29-33, 36 Доп. литер. 1. Гл.15 (§§ 1-9), гл.16 (§§ 1-5), гл.15 (§§ 1-5). Гл.21 (§§ 1-5), гл.23 (§§ 1-2, 4), гл.24 (§§ 1-2), гл.25 (§§ 1-3). 2. Гл.7 (§§ 1-8). Гл.10 (§§ 4-6), гл.11 (§§ 1-4), гл.12 (§§ 1-8), гл.13 (§§ 1-5).	Осн. литер. 3. 6.295 – 6.362	Тестирование №2; отчет к лаб. работам №11; 18; проверка домашнего задания на практических занятиях.
8.	Виды процессов переноса. Процессы переноса в газах. Физические явления в разреженных газах. Явления переноса в твердых телах и жидкостях.	4	3	8	9.1	Основ. литер. 1. 6.1.-6.3. 2. §§49-55	Осн. литер. 3. 6.191 – 6.227	Устный опрос по лабораторным работам. Контрольная работа №2; Коллоквиум №2.
	Всего часов:	48	32	64	79.1			

