


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол № 7 от « 23 » мая 20 19 г.

Согласовано:
Председатель УМК института

Зав. кафедрой  / Балапанов М.Х.

 / Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

дисциплина «**Молекулярная физика**»

(наименование дисциплины)

Б1.Б.08.02, базовая часть

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

программа бакалавриата

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность подготовки


Цифровые технологии обработки информации

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

Бакалавр

(указывается квалификация)

Разработчик (составитель) <u>старший преподаватель</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Шафеев Р.Р.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---	--

Для приема: 2019

Уфа 2019 г.

Составитель / составители: Шафеев Р.Р.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики «23» мая 20 19 г. протокол № 7

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____,
протокол № _____ от «_____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____,
протокол № _____ от «_____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____,
протокол № _____ от «_____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____,
протокол № _____ от «_____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О/

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	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 компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	9
4.3. Рейтинг-план дисциплины	17
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	18
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	18
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	20
Приложение 1	21

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Молекулярная физика» направлен на формирование следующих компетенций, предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 03.03.03. «Радиофизика» (квалификации «Бакалавр»):

Выпускник, освоивший программу, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК):

– способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОПК-1);

– способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2);

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать основные понятия и модели молекулярной физики и термодинамики; законы молекулярной физики и термодинамики; физические принципы действия оборудования, предназначенного для исследования тепловых явлений и вакуумной техники.	ОПК-1	
	Знать: энергии взаимодействия; общие свойства жидкостей и газов, кинематику движения жидкости; типы деформаций твердых тел, величины их характеризующие; основные понятия и законы колебательного и волнового движения.	ОПК-2	
Умения	Уметь понимать, излагать и критически оценивать базовую общезначимую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; использовать законы молекулярной физики для решения типичных задач и оценивать полученные результаты; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике.	ОПК-1	
	Уметь: определять размерности физических величин, использовать систему СИ и метод размерностей; определять перемещение, скорость и ускорение в векторной и координатной формах.	ОПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области тепловых явлений в макросистемах.	ОПК-1	
	Владеть: методологией определения характеристик объектов в разных системах отсчета.	ОПК-2	

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 5 зачетных единиц, 180 академических часов, в том числе 81.7 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем. Итоговая форма контроля: 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 компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции **ОПК-1**

– способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	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
Первый этап (знания)	Знать основные понятия и модели молекулярной физики и термодинамики; законы молекулярной физики и термодинамики; физические принципы действия оборудования, предназначенного для исследования тепловых явлений и вакуумной техники.	Студент не знает или знает фрагментарно: основные понятия и модели молекулярной физики и термодинамики; законы молекулярной физики и термодинамики; физические принципы действия оборудования, предназначенного для исследования тепловых явлений и вакуумной техники.	Студент в целом знает: основные понятия и модели молекулярной физики и термодинамики; законы молекулярной физики и термодинамики; физические принципы действия оборудования, предназначенного для исследования тепловых явлений и вакуумной техники, но допускает грубые ошибки.	Студент знает: основные понятия и модели молекулярной физики и термодинамики; законы молекулярной физики и термодинамики; физические принципы действия оборудования, предназначенного для исследования тепловых явлений и вакуумной техники, но допускает незначительные ошибки.	Студент знает: основные понятия и модели молекулярной физики и термодинамики; законы молекулярной физики и термодинамики; физические принципы действия оборудования, предназначенного для исследования тепловых явлений и вакуумной техники.
Второй этап (умения)	Уметь понимать, излагать и критически оценивать базовую общефизическую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; использовать законы молекулярной физики для решения	Студент не умеет: понимать, излагать и критически оценивать базовую общефизическую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; использовать законы молекулярной	Студент в целом умеет: понимать, излагать и критически оценивать базовую общефизическую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; использовать законы молекулярной	Студент умеет: понимать, излагать и критически оценивать базовую общефизическую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; использовать законы молекулярной физики для	Студент умеет: понимать, излагать и критически оценивать базовую общефизическую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; использовать законы молекулярной физики для

	типичных задач и оценивать полученные результаты; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике.	физики для решения типичных задач и оценивать полученные результаты; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике.	физики для решения типичных задач и оценивать полученные результаты; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике, но допускает грубые ошибки.	решения типичных задач и оценивать полученные результаты; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике, но допускает незначительные ошибки.	решения типичных задач и оценивать полученные результаты; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике.
Третий этап (владение навыками)	Владеть физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области тепловых явлений в макросистемах.	Студент не владеет: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области тепловых явлений в макросистемах.	Студент в целом владеет: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области тепловых явлений в макросистемах, но допускает грубые ошибки.	Студент владеет физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области тепловых явлений в макросистемах, но допускает незначительные ошибки.	Студент владеет: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области тепловых явлений в макросистемах.

Код и формулировка компетенции ОПК-2

– способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (знания)	Знать: энергии взаимодействия; общие свойства жидкостей и газов, кинематику движения жидкости; типы деформаций твердых тел, величины их характеризующие; основные понятия и законы колебательного и волнового движения.	Студент не знает или знает с большими пробелами: энергии взаимодействия; общие свойства жидкостей и газов, кинематику движения жидкости; типы деформаций твердых тел, величины их характеризующие; основные понятия и	Студент в целом знает: энергии взаимодействия; общие свойства жидкостей и газов, кинематику движения жидкости; типы деформаций твердых тел, величины их характеризующие; основные понятия и законы колебательного	Студент набрал от 60 – до 79 баллов	Студент набрал от 80 – 100 баллов

		законы колебательного и волнового движения.	и волнового движения, но допускает грубые ошибки.	движения, но допускает незначительные ошибки.	движения.
Второй этап (умения)	Уметь: определять размерности физических величин, использовать систему СИ и метод размерностей; определять перемещение, скорость и ускорение в векторной и координатной формах.	Студент не умеет: определять размерности физических величин, использовать систему СИ и метод размерностей; определять перемещение, скорость и ускорение в векторной и координатной формах.	Студент в целом умеет: определять размерности физических величин, использовать систему СИ и метод размерностей; определять перемещение, скорость и ускорение в векторной и координатной формах, но допускает грубые ошибки.	Студент умеет: определять размерности физических величин, использовать систему СИ и метод размерностей; определять перемещение, скорость и ускорение в векторной и координатной формах, но допускает незначительные ошибки.	Студент умеет: определять размерности физических величин, использовать систему СИ и метод размерностей; определять перемещение, скорость и ускорение в векторной и координатной формах.
Третий этап (владение навыками)	Владеть: методологией определения характеристик объектов в разных системах отсчета.	Студент не владеет: методологией определения характеристик объектов в разных системах отсчета.	Студент в целом владеет: методологией определения характеристик объектов в разных системах отсчета, но допускает грубые ошибки.	Студент владеет: методологией определения характеристик объектов в разных системах отсчета, но допускает незначительные ошибки.	Студент владеет: методологией определения характеристик объектов в разных системах отсчета.

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать основные понятия и модели молекулярной физики и термодинамики; законы молекулярной физики и термодинамики; физические принципы действия оборудования, предназначенного для исследования тепловых явлений и вакуумной техники.	ОПК-1	Тестирование по молекулярной физике №1 и №2, Контрольная работа №1 и №2, Коллоквиум №1 и №2. Экзамен.
	Знать: энергии взаимодействия; общие свойства жидкостей и газов, кинематику движения жидкости; типы деформаций твердых тел, величины их характеризующие; основные понятия и законы колебательного и волнового движения.	ОПК-2	
2-й этап Умения	Уметь понимать, излагать и критически оценивать базовую общефизическую информацию в области тепловых явлений в макросистемах; использовать законы молекулярной физики для решения типичных задач и оценивать полученные результаты; ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по молекулярной физике.	ОПК-1	Тестирование по молекулярной физике №1 и №2, Контрольная работа №1 и №2, Коллоквиум №1 и №2. Экзамен.
	Уметь: определять размерности физических величин, использовать систему СИ и метод размерностей; определять перемещение, скорость и ускорение в векторной и координатной формах.	ОПК-2	
3-й этап Владеть навыками	Владеть физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области тепловых явлений в макросистемах.	ОПК-1	Тестирование по молекулярной физике №1 и №2, Контрольная работа №1 и №2, Коллоквиум №1 и №2. Экзамен.
	Владеть: методологией определения характеристик объектов в разных системах отсчета.	ОПК-2	

Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (первый вопрос – по модулю 1, второй вопрос – по модулю 2), 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. Изопродессы. 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:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра общей физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

по дисциплине Молекулярная физика

Направление/специальность 03.03.03 Радиофизика

Профиль/Программа/Специализация Цифровые технологии обработки информации

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

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

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 системе «Moodle» (<http://moodle.bashedu.ru/course/category.php?id=158>). 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 системе «Moodle» (<http://moodle.bashedu.ru/course/category.php?id=158>). 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

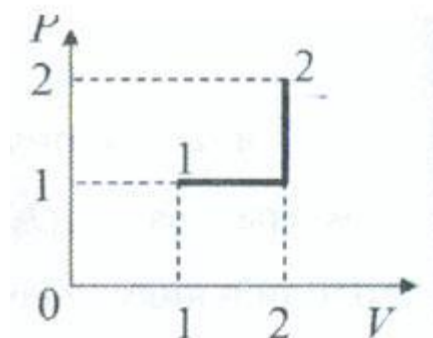
2. Давление идеального газа зависит от:

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

№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.

4.3. Рейтинг-план дисциплины

Молекулярная физика

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление/специальность: 03.03.03 Радиофизика.

курс 1, семестр 2

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль I. Молекулярно-кинетическая теория.			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. Основы термодинамики. Реальные газы, жидкости и твердые тела.			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

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

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 библиот. БашГУ имеется 180 экз. Имеются года: 2001, 2003, 2006, 2013]
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М.: 2010. [В библиот. 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 библиот. 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 библиот. 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 библиот. 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 библиот. 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:

1. Сборник олимпиадных задач по общей физике 2009 – 2016 [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Н. Назаров [и др.]. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Nazarov i dr Sbornik olimpiadnyh zadach po fizike 2009-16 up 2017.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Nazarov_i_dr_Sbornik_olimpiadnyh_zadach_po_fizike_2009-16_up_2017.pdf)>.
2. 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>>.

3. 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>>.
4. 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>>.
5. 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>>.
6. 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>>.
7. 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>>.
8. Определение универсальной газовой постоянной методом изотермического изменения состояния [Электронный ресурс]: лабораторная работа по молекулярной физике №4 / Ф.М. Гирфанова; Р.Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/GirfanovaShafeevLabRabMolekFizike4.pdf>>
9. 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 Shafeev sost lab 7 mu 2015.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova%20Shafeev%20sost%20lab%207%20mu%202015.pdf)>.
10. 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](https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova%20Shafeev%20sost%20lab%209%20mu%202015.pdf)>.
11. Заманова, Г.И. Механика и молекулярная физика: учебное пособие / Г.И. Заманова, Р.Р. Шафеев. – Москва: Директ-Медиа, 2015 – 52 с. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/read/Zamanova Shafeev Mekhanika i molekularnaja fizika 2015.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/read/Zamanova%20Shafeev%20Mekhanika%20i%20molekularnaja%20fizika%202015.pdf)>.
12. Заманова, Г.И. 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](https://elib.bashedu.ru/dl/read/Zamanova%20Shafeev%20Teorija%20pogreshnostej%20Zadachi%20up%202016.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>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
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.

Приложение 1

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
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)	5 / 180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	81.7
лекций	48
практических/ семинарских	32
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	36.5
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	61.8

Форма(ы) контроля:
экзамен 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.								
Молекулярно-кинетическая теория.								
1.	Предмет молекулярной физики. Методы исследования свойств макросистем. Физические величины и их измерение. Системы единиц физических величин. Состояние системы. Процессы.	8	5	0	5	Осн. литер. 1. Введение. 2. Введение Доп. литер. 1. Гл.2 (§§ 1-2), гл.3 (§§1-7)	Осн. литер. 3. 6.1 – 6.24	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	0	5	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	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 молекулярного движения. Давление. Температура. Опытная проверка закона распределения Максвелла.	8	5	0	5	Осн. литер. 1. §§ 2.1.–2.4. 2. §§ 1-12 Доп. литер. 1. Гл.8 (§§ 1-5), гл.9 (§§ 1-7). Гл.10 (§§ 1-3),	Осн. литер. 3. 6.66 – 6.101	Тестирование №1; проверка домашнего задания на практических

	Барометрическая формула. Атмосфера планет. Экспериментальная проверка распределения Больцмана. Подъемная сила.					Гл.12 (§§ 1-6). 2. Гл.2 (§§ 1-2). Гл.3 (§§ 2-5). Гл.4 (§§ 1-7), Гл.9 (§§ 1,2,7).		занятиях
4.	Модель Максвелла-Больцмана. Неразличимость частиц. Распределение различных между собой частиц по энергиям. Расчет движения броуновской частицы. Вращательное броуновское движение.	8	5	0	5	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	Контрольная работа №1; Коллоквиум №1.
Модуль II.								
Основы термодинамики. Реальные газы, жидкости и твердые тела.								
5.	Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Статист. характер второго начала термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах.	4	3	0	4	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	проверка домашнего задания на практических занятиях
6.	Свободная энергия. Энтальпия. Функция Гиббса. Соотношения Максвелла. Формулы для теплоемкостей. Основной критерий т/д устойчивости.	4	3	0	4	Осн. литер. 1. §§ 3.5. 2. §§ 28 Доп. литер. 1. Гл.4 (§ 4), гл.10 (§§ 2,3). 2. Гл.5 (§§ 1-5), Гл.6 (§ 2).	Осн. литер. 3. 6.154 – 6.190	проверка домашнего задания на практических занятиях
7.	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Поверхностное натяжение. Структура жидкостей. Химический потенциал и условия	4	3	0	4	Осн. литер. 1. §§ 5.1.-5.2. 2. §§ 29-33, 36	Осн. литер. 3. 6.295 –	Тестирование №2; проверка

	равновесия фаз. Структуры ЖК. Степень упорядоченности в жидких кристаллах. Фазовые переходы. Свойства и анизотропия свойств ЖК.					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).	6.362	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	0	4.5	Основ. литер. 1. 6.1.-6.3. 2. §§49-55	Осн. литер. 3. 6.191 – 6.227	Контрольная работа №2; Коллоквиум №2.
	Всего часов:	48	32	0	36.5			

