

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Инженерный институт



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Молекулярная физика Б1.Б.9

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Налетов В.В.

Рецензент(ы): Недопекин О.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Таюрский Д. А.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Налетов В.В. (Кафедра общей физики, Отделение физики), Vladimir.Naletov@kpfu.ru

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

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6	способностью работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-4	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- физические основы явлений, связанных с атомарно-корпускулярным строением вещества;
- основные классические и современные экспериментальные результаты в области тепловых явлений, явлений переноса, фазовых переходов;
- основные законы термодинамики, методы термодинамического и статистического описания многочастичных систем;
- принципы работы и устройство современной экспериментальной аппаратуры для исследования тепловых явлений, явлений переноса, фазовых переходов.

Должен уметь:

- применять статистические и термодинамические методы к описанию явлений, связанных с атомарно-корпускулярным строением вещества;
- использовать методы физических исследований для изучения термодинамических процессов;
- устанавливать взаимосвязь молекулярных явлений с другими разделами физики, и особо, в пограничных областях - физической химии и химической физики;
- использовать современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний

Должен владеть:

- навыками расчетов в рамках термодинамического и статистического методов описания;
- навыками работы с простейшей измерительной аппаратурой;
- навыками работы с учебной и научной литературой.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- к решению задач, связанных с атомарно-корпускулярным строением вещества
- эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование
- работать с современными образовательными и информационными технологиями

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.9 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.01 "Техническая физика (не предусмотрено)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 80 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 44 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 28 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в молекулярную физику	2	1	0	0	1
2.	Тема 2. Феноменологическая термодинамика	2	5	7	0	4
3.	Тема 3. Молекулярно-кинетическая теория	2	3	4	0	2
4.	Тема 4. Статистические распределения	2	4	6	0	4
5.	Тема 5. Второе начало термодинамики	2	6	7	0	4
6.	Тема 6. Реальные газы	2	5	4	0	3
7.	Тема 7. Жидкое состояние	2	4	5	0	3
8.	Тема 8. Твердые тела	2	2	2	0	1
9.	Тема 9. Фазовые превращения	2	2	3	0	2
10.	Тема 10. Элементы физической кинетики	2	4	6	0	4
	Итого		36	44	0	28

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в молекулярную физику

Введение в молекулярную физику. Предмет молекулярной физики. Модель материального тела. Массы атомов и молекул. Количество вещества. Агрегатные состояния вещества. Основные признаки агрегатных состояний. Модель идеального газа. Методы изучения систем многих частиц. Динамический метод. Статистический метод. Термодинамический метод.

Тема 2. Феноменологическая термодинамика

Температура. Термометрическое тело и термометрическая величина. Эмпирические температурные шкалы. Идеально-газовая шкала температур. Абсолютная термодинамическая шкала температур (шкала Кельвина). Термодинамическая система. Состояние системы. Обратимые и необратимые процессы. Уравнение состояния идеального газа. Работа. Внутренняя энергия. Количество теплоты. Первое начало термодинамики. Теплоемкость и внутренняя энергия идеального газа. Процессы в идеальных газах: изобарный, изохорный, изотермический, адиабатический и политропический.

Тема 3. Молекулярно-кинетическая теория

Молекулярно-кинетическая теория. Число ударов молекул о стенку. Давление газа на стенку. Основное уравнение кинетической теории. Физический смысл температуры. Степени свободы. Распределение энергии по степеням свободы. Средняя энергия молекул. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа. Зависимость теплоемкости от температуры.

Тема 4. Статистические распределения

Основные понятия теории вероятностей. Вероятность. Плотность вероятности. Теоремы вероятности. Нормировка вероятности. Среднее значение случайной величины. Распределение Максвелла. Характерные скорости: наиболее вероятная скорость, средняя скорость, среднеквадратичная скорость. Экспериментальная проверка распределения Максвелла. Распределение Больцмана. Экспериментальная проверка распределения Больцмана. Барометрическая формула. Атмосфера планет.

Тема 5. Второе начало термодинамики

Направление процессов. Тепловая машина. Формулировки второго начала. Цикл Карно. Первая теорема Карно. Вторая теорема Карно. Абсолютная термодинамическая шкала температур. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Вычисление и применение энтропии. Макроскопическое и микроскопическое состояние системы. Вероятность микросостояния и статистический вес. Статистический смысл второго начала термодинамики и энтропии. Термодинамические функции и условия термодинамической устойчивости. Математические выражения. Полный дифференциал. Термодинамические функции (потенциалы). Условия термодинамической устойчивости.

Тема 6. Реальные газы

Силы взаимодействия. Химическая связь. Ковалентная, ионная и металлическая связь. Молекулярные силы. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Жидкое и газообразное состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Энергия газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы уравнения Ван-дер-Ваальса. Определение параметров критической точки. Экспериментальные изотермы. Изотермы системы газ-жидкость. Критическое состояние. Область двухфазных состояний. Насыщенный пар. Свойства вещества в критическом состоянии. Теплота фазового превращения. Эффект Джоуля-Томсона. Эффект Джоуля - Томсона в газе Ван-дер-Ваальса. Сжижение газов.

Тема 7. Жидкое состояние

Поверхностное натяжение. Силы поверхностного натяжения. Давление под изогнутой поверхностью. Формула Лапласа. Условие равновесия на границе сред. Краевой угол. Капиллярные явления. Поверхностно активные вещества. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры. Структура жидкостей. Парная функция распределения. Жидкие растворы. Растворимость. Теплота растворения. Закон Рауля. Закон Генри. Зависимость растворимости от температуры. Диаграммы состояния раствора. Осмотическое давление. Обратный осмос.

Тема 8. Твердые тела

Твердые тела. Кристаллы и аморфные тела. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллических решеток. Определение. Точечные дефекты. Дислокации. Теплоемкость твердых тел. Классическая теория. Модель Эйнштейна. Модель Дебая. Фононы. Колебательная энергия решетки. Теплоемкость кристалла. Тепловое расширение.

Тема 9. Фазовые превращения

Фаза. Фазовые переходы. Условия фазового равновесия. Теплота фазового превращения. Фазовые переходы первого рода. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграмма состояния (фазовая диаграмма). Область применимости. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Фазовые переходы второго рода.

Тема 10. Элементы физической кинетики

Эмпирические уравнения процессов переноса. Эффективный диаметр молекулы. Средняя длина свободного пробега. Молекулярно-кинетическая интерпретация явлений переноса. Плотность потока. Общее уравнение переноса. Диффузия. Вязкость (внутреннее трение). Теплопроводность. Анализ коэффициентов переноса. Процессы переноса в разреженных газах. Процессы переноса в жидкостях. Процессы переноса в твердых телах.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Видеолекции и открытые образовательные материалы Физтеха Термодинамика и молекулярная физика Лекции - <https://mipt.lectoriy.ru/course/Physics-Thermodynamics-AdSems>

Видеолекции по физике от МИТ - <http://ocw.mit.edu/courses/physics/>

Сайт Физика-Студент - <http://fizika-student.ru/>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 2			
Текущий контроль			
1	Контрольная работа	ОК-7	2. Феноменологическая термодинамика 6. Реальные газы
2	Контрольная работа	ОК-7	3. Молекулярно-кинетическая теория 4. Статистические распределения 5. Второе начало термодинамики
3	Контрольная работа	ОК-7	7. Жидкое состояние 9. Фазовые превращения 10. Элементы физической кинетики
4	Устный опрос	ОК-7	1. Введение в молекулярную физику 8. Твердые тела
	Экзамен	ОК-6, ОК-7, ОПК-4	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 2					
Текущий контроль					
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий.	Задания выполнены более чем наполовину.	Задания выполнены менее чем наполовину.	1
		Присутствуют незначительные ошибки.	Присутствуют серьезные ошибки.	Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом.	2
		Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	4
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 2

Текущий контроль

1. Контрольная работа

Темы 2, 6

Тема 2

1. В сосуде объемом $V = 30$ л содержится идеальный газ при температуре 0 °С. После того как часть газа была выпущена наружу, давление в сосуде понизилось на $\Delta p = 0,78$ атм (без изменения температуры). Найти массу выпущенного газа. Плотность данного газа при нормальных условиях $\rho = 1,3$ г/л.

2. Сосуд объемом $V = 20$ л содержит смесь водорода и гелия при температуре $t = 20$ °С и давлении $p = 2,0$ атм. Масса смеси $m = 5,0$ г. Найти отношение массы водорода к массе гелия в данной смеси.

3. Какое количество тепла надо сообщить азоту при изобарическом нагревании, чтобы газ совершил работу $A = 2,0$ Дж?

4. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на $\Delta T = 72$ К, сообщив ему количество тепла $Q = 1,60$ кДж. Найти приращение его внутренней энергии и величину $\gamma = C_p/C_v$.

Тема 6

1. Какому давлению необходимо подвергнуть углекислый газ при $T = 300$ К, чтобы его плотность оказалась равной $\rho = 500$ г/л? Расчет провести как для идеального газа, так и для ван-дер-ваальсовского.
2. Один моль кислорода расширили от объема $V_1 = 1,00$ л до $V_2 = 5,0$ л при постоянной температуре $T = 280$ К. Вычислить количество поглощенного газом тепла. Газ считать ван-дер-ваальсовским.

2. Контрольная работа

Темы 3, 4, 5

Тема 3

1. Плотность смеси гелия и азота при нормальных условиях $\rho = 0,60$ г/л. Найти концентрацию атомов гелия.
2. Найти число атомов в молекуле газа, у которого при ?замораживании? колебательных степеней свободы постоянная γ увеличивается в $\eta = 1,20$ раза.

Тема 4.

1. Азот массы $m = 15$ г находится в закрытом сосуде при $T = 300$ К. Какое количество теплоты необходимо сообщить азоту, чтобы средняя квадратичная скорость его молекул возросла в $\eta = 2,0$ раза?
2. Найти температуру газообразного азота, при которой скоростям молекул $v_1 = 300$ м/с и $v_2 = 600$ м/с соответствуют одинаковые значения функции распределения $F(v)$.
3. Найти силу, действующую на частицу со стороны однородного поля, если концентрации этих частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на $\Delta h = 30$ мм (вдоль поля), различаются в $\eta = 2,0$ раза. Температура системы $T = 280$ К.

Тема 5

1. Моль идеального газа из жестких двухатомных молекул совершает цикл Карно. Температура нагревателя $T_1 = 400$ К. Найти КПД цикла, если при адиабатическом сжатии газа затрачивается работа $A = 2,0$ кДж.
2. Найти КПД цикла, состоящего из двух изобар и двух адиабат, если в пределах цикла давление изменяется в η раз. Рабочее вещество ? идеальный газ с показателем адиабаты γ .
3. Гелий массы $m = 1,7$ г адиабатически расширили в $p = 3,0$ раза и затем изобарически сжали до первоначального объема. Найти приращение энтропии газа.

3. Контрольная работа

Темы 7, 9, 10

Тема 7

1. В дне сосуда со ртутью имеется круглое отверстие диаметра $d = 70$ мкм. При какой максимальной толщине слоя ртути она еще не будет вытекать через это отверстие?
2. Вертикальный капилляр с внутренним диаметром $0,50$ мм погрузили в воду так, что длина выступающей над поверхностью воды части капилляра $h = 25$ мм. Найти радиус кривизны мениска.

Тема 9

1. Пространство в цилиндре под поршнем, имеющее объем $V_0 = 5,0$ л, занимает один насыщенный водяной пар, температура которого $t = 100$ °С. Найти массу жидкой фазы, образовавшейся в результате изотермического уменьшения объема под поршнем до $V = 1,6$ л. Насыщенный пар считать идеальным газом.
2. Вычислить постоянные Ван-дер-Ваальса для углекислого газа, если его критическая температура $T_{кр} = 304$ К и критическое давление $p_{кр} = 73$ атм.
3. Найти удельный объем насыщенного водяного пара при нормальном давлении, если известно, что уменьшение давления на $\Delta p = 3,2$ кПа приводит к уменьшению температуры кипения воды на $\Delta T = 0,9$ К.
4. Лед с начальной температурой $t_1 = 0$ °С, нагревая, превратили сначала в воду, а затем в пар при $t_2 = 100$ °С. Найти приращение удельной энтропии системы.

Тема 10

1. Во сколько раз средняя длина свободного пробега молекул азота, находящегося при нормальных условиях, больше среднего расстояния между его молекулами?
2. Как зависят средняя длина свободного пробега и число столкновений каждой молекулы в единицу времени от температуры T идеального газа в следующих процессах: а) изохорическом; б) изобарическом?
3. В результате некоторого процесса вязкость идеального газа увеличилась в $\alpha = 2,0$ раза, а коэффициент диффузии ? в $\beta = 4,0$ раза. Как и во сколько раз изменилось давление газа?
4. Теплопроводность гелия в $8,7$ раза больше, чем у аргона (при нормальных условиях). Найти отношение эффективных диаметров атомов аргона и гелия.

4. Устный опрос

Темы 1, 8

1. Предмет молекулярной физики.
2. Массы атомов и молекул.
3. Количество вещества.
4. Агрегатные состояния вещества.
5. Модель идеального газа.
6. Методы изучения систем многих частиц. Динамический метод.
7. Статистический метод.

8. Термодинамический метод.
9. Кристаллы и аморфные тела.
10. Теплоемкость твердых тел. Классическая теория.
11. Модель Эйнштейна.
12. Модель Дебая.
13. Тепловое расширение.

Экзамен

Вопросы к экзамену:

Вопросы к экзамену

1. Предмет молекулярной физики. Массы атомов и молекул. Количество вещества. Агрегатные состояния вещества. Модель идеального газа.
2. Методы изучения систем многих частиц. Динамический метод. Статистический метод. Термодинамический метод.
3. Температура: Термометрическое тело и термометрическая величина. Шкала температур. Термодинамическая шкала температур. Термометры. Международная практическая шкала температур.
4. Термодинамическая система. Состояние системы. Обратимые и необратимые процессы. Уравнение состояния идеального газа.
5. Работа. Внутренняя энергия. Количество теплоты. Первое начало термодинамики.
6. Теплоемкость и внутренняя энергия идеального газа.
7. Процессы в идеальных газах: изобарный, изохорный, изотермический и адиабатический.
8. Давление газа на стенку. Основное уравнение кинетической теории.
9. Степени свободы. Распределение энергии по степеням свободы. Средняя энергия молекул.
10. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа. Зависимость теплоемкости от температуры.
11. Основные понятия теории вероятностей: Вероятность. Плотность вероятности. Теоремы вероятности. Нормировка вероятности. Среднее значение случайной величины. Функция распределения вероятностей.
12. Распределение Максвелла. Экспериментальная проверка распределения Максвелла.
13. Распределение Больцмана. Экспериментальная проверка распределения Больцмана. Барометрическая формула. Атмосфера планет.
14. Направление процессов. Тепловая машина. Формулировки второго начала. Цикл Карно.
15. Первая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Вторая теорема Карно.
16. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Вычисление и применение энтропии.
17. Макроскопическое и микроскопическое состояние системы. Вероятность микросостояния и статистический вес.
18. Статистический смысл второго начала термодинамики и энтропии.
19. Термодинамические функции и условия термодинамической устойчивости: Математические выражения. Полный дифференциал. Термодинамические функции (потенциалы). Условия термодинамической устойчивости.
20. Силы взаимодействия. Химическая связь. Ковалентная, ионная и металлическая связь. Молекулярные силы. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Жидкое и газообразное состояния.
21. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Энергия газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы уравнения Ван-дер-Ваальса. Определение параметров критической точки.
22. Экспериментальные изотермы. Изотермы системы газ-жидкость.
23. Критическое состояние. Область двухфазных состояний. Насыщенный пар. Свойства вещества в критическом состоянии. Теплота фазового превращения.
24. Эффект Джоуля-Томсона. Эффект Джоуля - Томсона в газе Ван-дер-Ваальса. Сжижение газов.
25. Поверхностное натяжение. Силы поверхностного натяжения. Давление под изогнутой поверхностью. Формула Лапласа.
26. Условие равновесия на границе сред. Краевой угол. Капиллярные явления. Поверхностно активные вещества. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры.
27. Структура жидкостей. Парная функция распределения.
28. Жидкие растворы. Растворимость. Теплота растворения. Закон Рауля. Закон Генри. Зависимость растворимости от температуры. Диаграммы состояния раствора. Осмотическое давление. Обратный осмос.
29. Кристаллы и аморфные тела. Теплоемкость твердых тел. Классическая теория. Модель Эйнштейна. Модель Дебая. Тепловое расширение.
30. Фазовые переходы. Условия фазового равновесия. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграмма состояния (фазовая диаграмма).
31. Эмпирические уравнения процессов переноса. Эффективный диаметр молекулы. Средняя длина свободного пробега.
32. Молекулярно-кинетическая интерпретация явлений переноса. Плотность потока. Общее уравнение переноса. Диффузия. Вязкость (внутреннее трение). Теплопроводность. Анализ коэффициентов переноса.
33. Процессы переноса в разреженных газах.
34. Процессы переноса в жидкостях. Процессы переноса в твердых телах.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 2			
Текущий контроль			
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	15
		2	16
		3	16
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	4	3
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

- Иродов, И.Е. Физика макросистем. Основные законы [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Е. Иродов. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 210 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84090>. - Загл. с экрана.
- Иродов, И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Е. Иродов. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2012. - 431 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4389>. - Загл. с экрана.
- Савельев, И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 3. Молекулярная физика и термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.В. Савельев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. ? 224 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/706>. - Загл. с экрана.
- Алешкевич, В.А. Курс общей физики. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Алешкевич. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2016. ? 312 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91145>. ? Загл. с экрана.

7.2. Дополнительная литература:

- Фриш, С.Э. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны [Электронный ресурс] : учебник / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 480 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/416>. - Загл. с экрана.
- Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.В. Сивухин. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2006. - 544 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2316>. - Загл. с экрана.

3. Лозовский, В.Н. Курс физики. В 2-х тт. Т.2 [Электронный ресурс] : учебник / В.Н. Лозовский. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 608 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/239>. - Загл. с экрана.

4. Кикоин, А.К. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2008. ? 480 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/185>. ? Загл. с экрана.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Лабораторные работы -

<http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-obschej-fiziki/fizicheskij-praktikum/praktikum-po-molekulyarnoj-fizike-laboratorii-7>

Методическое пособие - <http://kpfu.ru/docs/F1428869461/termodinamika.doc>

Термодинамика. МФТИ - <https://mipt.lectoriy.ru/course/Physics-Thermodynamics-AdSems>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Учащимся рекомендуется самостоятельно вести конспекты лекций. Где стоит особое внимание уделить собственным вопросам, возникающим во время слушания лекций. Так же важно записывать сформулированные преподавателем определения и физические законы. Целесообразно оставлять в тетрадях примерно половину места свободным (например, четные страницы), что бы в дальнейшем при подготовке к экзамену заполнить их пояснениями.
практические занятия	Главное назначение практических занятий - более тесное общение преподавателя со студентами на темы определённые преподавателем заранее. При подготовке требуется попытаться выполнить все домашние задания и попытаться наиболее чётко сформулировать непонятные и проблемные этапы возникшие при этом. Непосредственно на занятии нужно обсудить возникшие вопросы с преподавателем.
самостоятельная работа	Самостоятельную проработку лекционного материала следует начинать с разбора собственных конспектов, прибегая к помощи 'Электронного учебника ИФ КФУ'. Углублённое проникновение в тему достигается путём дополнительного использования книг из набора 'Основная литература' К материалам лекций следует обращаться в течение всего семестра, в частности, при подготовке домашних заданий к практическим занятиям и оформлении отчётов по физическому практикуму. При самостоятельном решении заданных на дом задач следует чётко следовать рекомендованным преподавателем алгоритмам решения. В качестве помощи могут использоваться методическое пособие Нигматуллина Р.Р. и др. , книги Иродова И.Е., Фирганга Е.В. из набора 'Основная литература', а также 'Электронный учебник ИФ КФУ'.
контрольная работа	Важно помнить, что задачи, на основе которых составляются контрольные задания, являются упрощёнными версиями задач стандартного задачника Иродова И.Е. из набора 'Основная литература'. Поэтому своевременное выполнение домашних заданий - залог успеха на контрольных и в целом успешной аттестации по дисциплине. Перед контрольной работой имеет смысл просмотреть все домашние задания по данной теме и попытаться ликвидировать обнаруженные пробелы в знаниях и умениях.

Вид работ	Методические рекомендации
устный опрос	<p>Устный опрос является одним из основных способов учета знаний обучающихся. Развернутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.</p> <p>Основные качества устного ответа, подлежащего оценке.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Правильность ответа по содержанию (учитывается количество и характер ошибок при ответе). 2. Полнота и глубина ответа. 3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала). 4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией). 5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели). 6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе). 7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов). 8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов).
экзамен	<p>Все экзаменационные билеты содержат по два вопроса: один из которых больше касается теории, а другой - эксперимента. При подготовке к "теоретическому" вопросу используйте (в порядке углубления знаний) собственные конспекты лекций, "Электронный учебник ИФ КФУ", другие учебники из основного и дополнительного списков литературы. Единственный надёжный способ подготовки к "экспериментальному" вопросу - своевременное выполнение заданий Общего физического практикума. Важно, что подготовка к защите работ ОФП - существенно упрощает также освоение теоретического материала данного курса.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Молекулярная физика" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Молекулярная физика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено .