

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Юнаков Л. П.
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА

Направление/специальность подготовки	24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	4	144	51	34	0	17	93	0	0	93	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.04.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Овчинникова Ольга Константиновна, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-2.01 — способность проводить анализ газодинамических и теплообменных процессов, сопровождающих работу энергоустановок авиационной и ракетно-космической техники
ПСК-2.02 — способность проводить работы по вычислительному моделированию теплообмена изделий авиационной и ракетно-космической техники, анализировать и обобщать результаты

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-2.01

знания:

газодинамические и теплообменные процессы в энергоустановках авиационной и ракетно-космической техники;

умения:

анализировать газодинамические и теплообменные процессы в энергоустановках авиационной и ракетно-космической техники;

навыки:

анализа газодинамических и теплообменных процессов в энергоустановках авиационной и ракетно-космической техники.

ПСК-2.02

знания:

особенности вычислительного моделирования процессов теплообмена изделий авиационной и ракетно-космической техники;

умения:

проводить исследования и научные разработки процессов теплообмена изделий ракетно-космической техники при помощи численного моделирования;

навыки:

анализа и обобщения результатов исследований.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.04.05 *Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **ВНУТРЕННЯЯ ГАЗОДИНАМИКА ЭНЕРГОУСТАНОВОК**

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-2.01	ПСК-2.02
5	9	Раздел 1. Модель простого газа. Методы описания взаимодействия молекул газа. Модель простого газа и модели молекул простого газа. Законы сохранения при взаимодействии пары молекул. Модель молекул-твёрдых сфер. Расчет траекторий молекул в процессе парного столкновения. Сечения рассеяния. Зеркальное отражение молекул от твердой поверхности.	23	8	5	3	15	20	15
5	9	Раздел 2. Элементарная кинетическая теория. Макроскопические параметры газа как средние по объему. Кинетическое определение термодинамических параметров. Разреженный газ. Пространственно-однородная релаксация. Режимы течения разреженного газа. Процессы переноса молекулярного признака. Самодиффузия, вязкое трение, теплопроводность. Наиболее вероятное распределение молекул по объему. Наиболее вероятное распределение молекул по скоростям.	23	8	5	3	15	10	15
5	9	Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры. Фазовое пространство. Микроскопическое описание газа. Кинетическое описание газа. Фазовая плотность. Функция распределения молекул. Гипотеза молекулярного хаоса. Макроскопические параметры. Статистический смысл макропараметров. Потоки молекулярных признаков.	22	7	5	2	15	10	15
5	9	Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана. Кинетическое уравнение для фазовой плотности. Интеграл столкновений Больцмана для твердых сфер. Внутренняя трансформанта. Интеграл столкновений Больцмана для простого газа.	22	7	5	2	15	15	15
5	9	Раздел 5. Состояния равновесия. Исследование равновесных состояний методом Гиббса. Состояние полного статистического равновесия. Функция распределения Максвелла. Состояние статистического равновесия в поле внешних сил. Кинетические параметры газа в состоянии равновесия. Энтропия Больцмана. Модельное кинетическое уравнение.	17	7	5	2	10	15	15
5	9	Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана. Взаимодействие молекул газа с межфазными поверхностями. Воздействие газа на обтекаемое тело. Граничное условие на непроницаемой для молекул поверхности. Модели отражения молекул от поверхности. Испарение и конденсация. Постановка задач аэродинамики для уравнения Больцмана. Подobie течений разреженного газа.	17	7	5	2	10	15	15
5	9	Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса. Некоторые понятия тензорной алгебры и анализа. Законы сохранения в механике сплошных сред. Уравнение переноса молекулярного признака. Уравнение переноса молекулярного признака в пространстве собственных скоростей. Макроскопические законы сохранения. Замкнутая система уравнений переноса в состоянии локального равновесия. Уравнения Эйлера.	20	7	4	3	13	15	10
Всего за 9 семестр			144	51	34	17	93	100	100
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Модель простого газа.	Методы описания взаимодействия молекул газа. Расчет траекторий молекул в процессе парного столкновения.	3
2	Раздел 2. Элементарная кинетическая теория.	Разреженный газ Самодиффузия, вязкое трение, теплопроводность	3
3	Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры.	Микроскопическое описание газа	2
4	Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана.	Интеграл столкновений Больцмана для простого газа	1
5		Интеграл столкновений Больцмана для твердых сфер	1
6	Раздел 5. Состояния равновесия.	Функция распределения Максвелла	2
7	Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана.	Постановка задач аэродинамики для уравнения Больцмана	1
8		Граничное условие на непроницаемой для молекул	1

		поверхности	
9	Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса.	Законы сохранения в механике сплошных сред	3
Всего за 9 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Модель простого газа.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	15
2	Раздел 2. Элементарная кинетическая теория.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	15
3	Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	15
4	Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	15
5	Раздел 5. Состояния равновесия.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	10
6	Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	10
7	Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	13
Всего за 9 семестр			93

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9						ДР			ТекК	ДР	ДЗ	ТекК			ДЗ	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ДЗ – домашнее задание.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Е. Иванов. Задачник по физике. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015, 10 экз.
2. А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию разреженного газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, 152 экз.
3. А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию разреженного газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 161 экз.
4. Б. В. Алексеев, А. М. Гришин. Физическая газодинамика реагирующих сред. М.: Высш. шк., 1985, 5 экз.
5. Б. В. Алексеев, А. М. Гришин. Физическая газодинамика реагирующих сред. М.: Высш. шк., 1985, эл. рес.
6. В. И. Дронг, В. В. Дубинин, М. М. Ильин. Курс теоретической механики. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 150 экз.
7. Г. В. Белов. Термодинамика. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
8. Д. Л. Фёдоров, Ю. Н. Лазарева, В. Г. Средин. Физика. Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 152 экз.
9. Н. М. Цирельман. Техническая термодинамика. Санкт-Петербург: Лань, 2021, эл. рес.
10. Н. Н. Никитин. Курс теоретической механики. М.: Высш. шк., 1990, 85 экз.
11. Н. Ш. Кремер. Теория вероятностей и математическая статистика. Ч. 1 Теория вероятностей. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Н. А. Брыков, Е. М. Герлиман, В. В. Сахин. Теплообменные аппараты. СПб.: НИЦ АРТ, 2020, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Вестник академии военных наук.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
2. Google Chrome;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Microsoft Office.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
3. Google Chrome;
4. Matlab 2015a SP1;
5. Microsoft Office.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕОРИЯ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.04.05 *Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-2.01 способность проводить анализ газодинамических и теплообменных процессов, сопровождающих работу энергоустановок авиационной и ракетно-космической техники;

ПСК-2.02 способность проводить работы по вычислительному моделированию теплообмена изделий авиационной и ракетно-космической техники, анализировать и обобщать результаты.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами описания взаимодействия бесструктурных молекул простого газа, а также методами и основными результатами элементарной кинетической теории и элементарной теории процессов переноса.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Модель простого газа.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	Б. В. Алексеев, А. М. Гришин. . Физическая газодинамика реагирующих сред: М.: Высш. шк., 1985 (1) А. Н. Волков. . Введение в кинетическую теорию разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (1) Б. В. Алексеев, А. М. Гришин. . Физическая газодинамика реагирующих сред: М.: Высш. шк., 1985 (1) Н. А. Брыков, Е. М. Герлиман, В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.: НИЦ АРТ, 2020 (1-2) Д. Л. Фёдоров, Ю. Н. Лазарева, В. Г. Средин. . Физика. Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1-2)	15
Итого по разделу 1		15
Раздел 2. Элементарная кинетическая теория.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (1-3) А. Н. Волков. . Введение в кинетическую теорию разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (2) Н. М. Цирельман. . Техническая термодинамика: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (1-3) А. Е. Иванов. Задачник по физике. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015 (1-3)	15
Итого по разделу 2		15
Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	Н. Ш. Кремер. Теория вероятностей и математическая статистика. Ч. 1 Теория вероятностей: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (1-3) Н. Н. Никитин. . Курс теоретической механики: М.: Высш. шк., 1990 (1-3) В. И. Дронг, В. В. Дубинин, М. М. Ильин. . Курс теоретической механики: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (1-3) А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1)	15
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана.		
Изучение дидактических	А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию	15

единиц данного раздела, работа с литературой.	разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2)	
Итого по разделу 4		15
Раздел 5. Состояния равновесия.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (2-4) А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3)	10
Итого по разделу 5		10
Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (4)	10
Итого по разделу 6		10
Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	А. Н. Волков. Введение в кинетическую теорию разреженного газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (5)	13
Итого по разделу 7		13

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы для текущего контроля

Вопросы для текущего контроля входят в состав УМК дисциплины.

Домашнее задание

Темы индивидуального домашнего задания входят в состав УМК дисциплины.

Пояснительная записка к домашнему заданию представляется в печатной форме с использованием редактора Word (приложение 4).

Критерии оценивания (в 100-бальной системе):

- правильный расчёт, оформление результатов в соответствии с требованиями и их защита – 100 баллов, Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 50 до 20 являются:
- неуверенная защита результатов расчёта – 20;
- неполный или отсутствующий перечень выводов и предложений по содержанию задания – 30;
- небрежное выполнение пояснительной записки – 30,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба графиков, отсутствие указания единиц измерения на графиках) – 30.

Требования к защите ДЗ: Защита ДЗ осуществляется на уровне собеседования с преподавателем в свободной форме “вопрос - ответ”. Перечень контрольных вопросов прилагается к заданию.

Вес контрольных этапов выполнения ДЗ:

- активность и самостоятельность в ходе выполнения ДЗ – 25%;
- оформление пояснительной записки к ДЗ – 15%;
- своевременное выполнение ДЗ по графику контрольных мероприятий – 20%;
- уровень защиты результатов, ответов на контрольные вопросы – 50%.

При наборе выше 75% домашнее задание считается выполненным.

Экзамен

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме экзамена, к которому допускается обучающийся при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий. Экзамен проводится в форме ответов на 2 вопроса экзаменационного билета. Комплект билетов входит в состав УМК дисциплины. Итоги сдачи экзамена оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – отлично;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – хорошо;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – удовлетворительно;
- неправильные ответы и не готовность к собеседованию по темам билета – неудовлетворительно.

Паспорт фонда оценочных средств

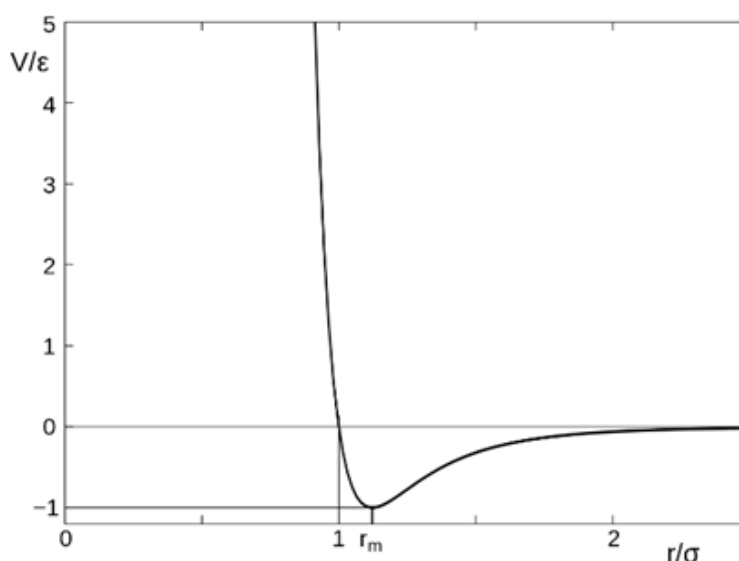
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-2.01	ПСК-2.02	
5	9	Раздел 1. Модель простого газа.	23	8	5	3	15	20	15	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 2. Элементарная кинетическая теория.	23	8	5	3	15	10	15	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 3. Функция распределения и макроскопические параметры.	22	7	5	2	15	10	15	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 4. Кинетическое уравнение Больцмана.	22	7	5	2	15	15	15	Вопросы для текущего контроля, Домашнее задание
5	9	Раздел 5. Состояния равновесия.	17	7	5	2	10	15	15	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 6. Постановка задач для уравнения Больцмана.	17	7	5	2	10	15	15	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 7. Макроскопические уравнения переноса.	20	7	4	3	13	15	10	Вопросы для текущего контроля, Домашнее задание
Всего за 9 семестр			144	51	34	17	93	100	100	
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-2.01

Вопросы открытого типа:

- № 1 Сформулируйте четыре свойства простого газа.
№ 2 На рисунке показан потенциал Леннарда-Джонса



- Дайте расшифровку символов и обозначений координатных осей
- № 3 Перечислите типы слабых электромагнитных взаимодействий (сил), относящихся к силам взаимодействия Ван-дер-Ваальса.
- № 4 Сформулируйте достаточное условие того, чтоб потенциальная сила взаимодействия двух материальных точек являлась центральной
- № 5 Кинетическая теория и статистическая механика — это дисциплины, [1.1]; часто они представлены вместе под общим названием [2.1]
- № 6 Как называется столкновение молекул газа, при котором сумма кинетических энергий поступательного движения не изменяется?
- № 7 Как называется столкновение молекул газа, при котором сумма кинетических энергий поступательного движения изменяется?
- № 8 Для молекул, взаимодействие которых не сопровождается возбуждением их степеней свободы, используют законы механики Ньютона. Такой подход в кинетической теории называют ...
- № 9 Если поступательное и вращательное движение молекулы описывается с помощью законов механики Ньютона, а внутренне, связанное с движением атомов внутри молекулы, описывается в рамках квантовой теории, такой подход называют ...
- № 10 Как называются дальнедействующие силы межмолекулярного (и межатомного) взаимодействия с энергией 10...20 кДж/моль, возникающие при поляризации молекул и образовании диполей?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Какие параметры не являются макроскопическими характеристиками газа:

- Давление
- Объем
- Температура
- Количество вещества
- Скорость молекул
- Угол рассеяния

- № 2 – Частота парных столкновений
Наука описывающая поведение больших ансамблей относительно простых систем, таких как атомы в кристалле, молекулы в газе, фотоны в лазерном пучке, звёзды в галактике называется ...
- Статистическая механика
- Термодинамика простых систем
- Аналитическая механика
- № 3 Математическая статистика
Основная статистическая гипотеза заключается в том, что параметры молекул газа, такие как ..., можно рассматривать как случайные величины
- координаты
- компоненты вектора скорости
- температура
- давление
- № 4 - внутренняя энергия
Как изменяется вероятность неупругих столкновений молекул с ростом температуры газа?
- возрастает
- убывает
- не изменяется
- № 5 - не зависит от температуры
Максимальное число независимых параметров. Необходимых для однозначного определения положения тела или системы тел в пространстве – это ...
- число степеней свободы
- координаты
- № 6 - компоненты радиус-вектора
Какая модель описывает зависимость энергии парного взаимодействия двух частиц от расстояния между ними?
- потенциал Леннард-Джонса
- сила Ван-дер-Ваальса
- интеграл столкновений Больцмана
- № 7 - функция распределения Максвелла
Какой вид в общем случае имеет модель взаимодействия молекул Леннарда-Джонса:
- $\varphi(r) = C_1/r^{s_1} + C_2/r^{s_2}$, $9 \leq s_1 \leq 15$, $s_2 \approx 6$
- $\varphi(r) = -C/r^6$
- $\varphi(r) = C_1/r^{s_1} + C_2/r^{s_2}$, $s_1 \approx 12$, $s_2 \approx 6$
- $\varphi(r) = C/r^{12}$
- № 8 Частный случай потенциала Леннард-Джонса, «Модель центров отталкивания» имеет вид ...

- $\varphi(r) = C/r^s$
 - $\varphi(r) = -C/r^6$
 - $\varphi(r) = C_1/r^{(s_1)} + C_2/r^{(s_2)}$
 - $\varphi(r) = C/r^{12}$
- № 9 Каким образом связаны абсолютная термодинамическая температура газа и среднеквадратичная скорость хаотического движения молекул газа?
- $C = \sqrt{3RT}$, $R=8314/\mu$
 - $C = \sqrt{3RT}$, $R=8314$
 - $C = \sqrt{\gamma RT}$, $R=8314/\mu$
 - $C = \sqrt{\gamma RT}$, $R=8314$
- № 10 По какому критерию режимы течения разделяют на континуальный, переходный и свободномолекулярный?
- число Кнудсена
 - число Маха
 - число Больцмана
 - число Ван-дер-Ваальса
 - число Максвелла

ПСК-2.02

Вопросы открытого типа:

- № 1 Как соотносятся между собой (больше, меньше, равны) интенсивность столкновительного переноса молекулярного признака и конвективного переноса молекулярного признака в разреженном газе?
- № 2 Как называют правую часть кинетического уравнения Больцмана $I(f, f_1) = \partial f / \partial t = St_f$, и что она описывает?
- № 3 Перечислите основные допущения метода Гиббса, принимаемые при выводе закона распределения молекул по скоростям (уравнение Максвелла).
- № 4 Что описывает кинетическое уравнение Больцмана? С какими уравнениями механики сплошной среды его можно сравнить?
- № 5 Являются ли фазовые координаты отдельных молекул независимыми случайными величинами? Как называется такая гипотеза и когда она применима? Дайте развёрнутый обоснованный ответ.
- № 6 Как называют пространство, каждая точка которого соответствует одному и только одному состоянию из множества всех возможных состояний системы, причём для описания точки используется набор параметров, каждый из которых может иметь свой физический смысл и размерность?
- № 7 Фазовое пространство молекулы в случае, когда можно пренебречь взаимодействием газа друг с другом, описывают [1.3] вещественных параметров, которые являются [2.1]
- № 8 Как в кинетической теории называют функцию $FN(X, t)$, описывающую плотность распределения случайного вектора $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ фазовых координат молекул в момент времени t ?
- № 9 Верно ли, что для любого газа существует единственная видовая функция распределения? Какому условию должна удовлетворять видовая функция распределения? Дайте обоснованный ответ с пояснениями.
- № 10 Каким условиям должна удовлетворять видовая функция распределения (из физического и вероятностного смыслов)?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Для описания динамических систем, состоящих из большого числа N молекул, которые описываются набором фазовых координат $X(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t))$, а каждая из фазовых координат молекул содержит шесть скалярных переменных, принимают ... гипотезу: совокупность фазовых координат молекул представляет

- собой 6N-мерный случайный вектор, который имеет обобщенную плотность распределения
- статистическую
 - кинематическую
 - свободномолекулярную
 - кинетическую
- № 2 Ка называют физическую величину, значение которой для группы молекул равно сумме соответствующих величин для отдельных молекул?
- Аддитивная
 - Экстенсивная
 - Макроскопическая
 - Интегральная
 - Обобщенная
 - Средняя
 - Удельная
- № 3 Какая величина является наиболее важным средним значением молекулярного признака?
- Макроскопическая скорость газа
 - Счётная концентрация молекул газа
 - Плотность газа
 - Удельная полная энергия газа
- № 4 Какая величина показывает, насколько скорость отдельной молекулы отличается от макроскопической скорости газа?
- Собственная скорость
 - Средняя скорость хаотического движения
 - Наиболее вероятная скорость хаотического движения
 - Плотность распределения молекул по скоростям
- № 5 Как называют абсолютную величину собственной скорости молекул, при которой функция распределения модулей собственной скорости молекул принимает максимальное значение?
- Наиболее вероятная скорость хаотического движения
 - Средняя скорость хаотического движения
 - Относительная скорость хаотического движения
 - Макроскопическая скорость газа
- № 6 Выберите верное утверждение:
- Вектор макроскопической скорости $u(r,t)$ газа является математическим ожиданием скорости молекул, находящихся в момент времени t в точке r
- Вектор макроскопической скорости $u(r,t)$ газа равен дисперсии распределения молекул газа по скоростям

- Вектор макроскопической скорости $u(r,t)$ газа равен наиболее вероятной скорости хаотического движения молекул, находящихся в момент времени t в точке r
- Вектор макроскопической скорости $u(r,t)$ газа является медианой распределения скорости молекул, находящихся в момент времени t в точке r
- № 7 Как называется выражение $f_v(v_x, v_y, v_z) = \sqrt{\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^3} \exp\left[-\frac{m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)}{2kT}\right]$
- Распределение Максвелла молекул по скоростям
 - Уравнение Больцмана
 - Интеграл столкновений
- № 8 -Распределение Гиббса
- Как называют процесс, при котором отдельные молекулы проникают через отверстие без столкновений между собой (истечение газа из сосуда через отверстие в случае, когда линейный размер меньше средней длины свободного пробега молекул)?
- Эффузия
 - Диффузия
 - Фильтрация
 - Сепарация
- № 9 - Эжекция
- Какое выражение справедливо для оценки средней скорости движения молекул, подчиняющихся распределению Максвелла?
- $v = \sqrt{8RT/\pi\mu}$
 - $v = \sqrt{3RT/\pi\mu}$
 - $v = \sqrt{2RT/\pi\mu}$
 - $v = \sqrt{5RT/\pi\mu}$
- № 10 Установите соответствие оценок характерных скоростей движения молекул, подчиняющихся распределению Максвелла:
- 1 $v = \sqrt{8RT/\pi\mu}$
 - 2 $v = \sqrt{3RT/\pi\mu}$
 - 3 $v = \sqrt{2RT/\pi\mu}$
 - а. Средняя скорость
 - б. Среднеквадратичная скорость
 - в. Наиболее вероятная скорость