

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной работе

Семф А.В. Лейфа

« 21 » *мая* 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Термодинамика и статистическая физика
(наименование учебной дисциплины/модуля)

Модуль «Теоретическая физика»

Направление подготовки 03.03.02 – Физика

Программа подготовки: академический бакалавриат

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора: 2020

Курс II, III

Семестр III, V

Лекции 50 (акад. час.)

Зачет III семестр (0,2 акад. часа)

Зачет с оценкой V семестр (0,2 акад. часа)

Практические занятия 34 (акад. час.)

Самостоятельная работа 131,6 (акад. час.)

Общая трудоемкость дисциплины 216 (акад. час.), 6 (з.е.)

Составители: В.Л. Дубов, канд. физ.-мат. наук

О.В. Козачкова, канд. пед. наук, доцент

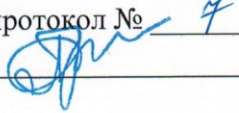
Факультет: инженерно-физический

Кафедра физики

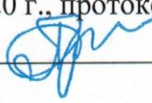
2020 г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 «Физика», степень: бакалавр

Рабочая программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры физики

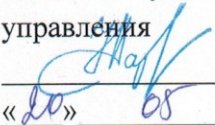
« 15 » 05 2020 г., протокол № 7
Заведующий кафедрой  Е.В.Стукова

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методического совета по направлению подготовки 03.03.02 «Физика»

« 20 » 05 2020 г., протокол № 1
Председатель 

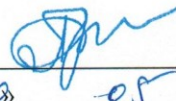
СОГЛАСОВАНО

Начальник учебно-методического
управления

 Н.А.Чалкина
« 20 » 05 2020 г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

 Е.В.Стукова
« 20 » 05 2020 г.

СОГЛАСОВАНО

И.о. директора научной библиотеки

 О.В. Петрович
« 20 » 05 2020 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В процессе освоения студентами дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» *реализуются следующие цели:*

1. Сформировать у студентов современное представление об основных методах термодинамического (феноменологического) описания свойств равновесных и неравновесных макроскопических физических систем, а также познакомить студентов с общей статистической теорией, которая может быть применена к широкому кругу задач: идеальным и неидеальным газам, твердому телу, излучению черного тела, электронам в металлах, флуктуациям и т.д., научить применять эти знания к решению прикладных задач.
2. Сформировать у студентов ясное представление о границах применимости физических моделей и гипотез, используемых при описании динамики и свойств термодинамических систем. Излагая историю развития термодинамики и статистической физики, дать представление о существовании и путях разрешения философских и методологических проблем в данной предметной области.

Задачи дисциплины:

1. Изучение основных законов классической термодинамики и статистической физики, способов описания равновесных и неравновесных термодинамических систем на основе общих методов термодинамики и математической статистики.
2. Изучение основных методологических подходов и приемов решения физических задач в указанной предметной области.
3. Освоение студентами методов теоретического расчета физических характеристик простейших термодинамических систем путем применения законов, моделей и уравнений, рассматриваемых в лекционном курсе.
4. Формирование у будущего физика диалектико-материалистического мировоззрения, в основе которого должны лежать четкие представления о современной физической картине мира и её месте в современной естественнонаучной картине мира.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Термодинамика и статистическая физика» входит в базовую часть учебного плана, в состав модуля «Теоретическая физика». Курс «Термодинамика и статистическая физика», являющийся одним из разделов теоретической физики, читается после курса «Теоретическая механика и механика сплошных сред». В 3 семестре изучается раздел «Термодинамика», в 5 семестре – раздел «Статистическая физика». Курс представляет собой теоретическую основу изучения дисциплины «Физика твердого тела». В нем вводятся основные методы теоретического описания, расчета, качественного и количественного анализа равновесного и неравновесного состояния материи, общие для любых физических систем. Математической базой курса являются все дисциплины модуля «Математика», изученные студентами к началу 3 семестра.

Для освоения дисциплины необходимо знать: основы дифференциально-интегрального и вариационного исчисления (дифференциал функции, производная функции, вариация, определенный и неопределенный интеграл, дифференциальные и интегральные уравнения и неравенства), понятие логарифма.

Дисциплина «Термодинамика и статистическая физика», являясь высшим уровнем обобщения физической теории, опирается на базовые представления теории строения вещества и принципы термодинамического описания макросистем, полученные студентами в курсе «Общая физика» (раздел «Молекулярная физика»).

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В процессе освоения дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

1. Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей физики и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
2. Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- основные понятия, определения, законы, уравнения и неравенства равновесной термодинамики и статистической физики, как методов исследования макроскопических систем;
- методологические основы термодинамического и статистического подхода к анализу процессов, протекающих в макроскопических системах;

уметь:

- понимать, излагать и критически анализировать базовую общезначимую информацию;
- пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики макросистем;

владеть:

- методами обработки и анализа теоретической физической информации;
- методами решения научных и практических задач, связанных с изучением термодинамических свойств макроскопических систем, находящихся под воздействием внешних факторов (механических и термических).

4. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Темы, разделы дисциплины	Компетенции	
	ОПК-3	ПК-1
1	2	3
3 семестр (термодинамика)		
Основные понятия и базовые принципы термодинамики	+	+
Первое начало термодинамики	+	+
Термодинамическая теория теплоемкости	+	+
Второе начало термодинамики. Энтропия	+	+
Методы термодинамики	+	+
Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	+	+
Фазовые переходы	+	+
Термодинамика различных физических систем	+	+
Термодинамика необратимых процессов	+	+
5 семестр (статистическая физика)		
Введение в статистическую физику	+	+

1	2	3
Каноническое распределение (распределение Гиббса)	+	+
Идеальный газ	+	+
Методы статистической физики при расчете термодинамических функций идеального газа.	+	+
Неидеальный газ	+	+
Распределение Ферми и Бозе	+	+
Конденсированные тела	+	+

5. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» составляет 6 зачетных единиц, 216 акад. час.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	семестр	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	СРС	
Раздел «Термодинамика»						
1.	Основные понятия и базовые принципы термодинамики	3	2		4	Тест (1 раздел)
2.	Первое начало термодинамики	3	4	2	6	Проверка задания №1 РГР (самостоятельное решение задач)
3.	Термодинамическая теория теплоемкости		4	2	6	Проверка задания №2 РГР (самостоятельное решение задач)
4.	Второе начало термодинамики	3	4	4	6	Проверка задания №3 РГР (самостоятельное решение задач) Контрольная работа (1-4 разделы)
5.	Методы термодинамики	3	4	2	6	Проверка задания №4 РГР (самостоятельное решение задач)
6.	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	3	4	2	6	Проверка задания №5 РГР (самостоятельное решение задач)
7.	Фазовые переходы	3	4	2	6	Проверка задания №6 РГР (самостоятельное решение задач) Контрольная работа (5-7 разделы)
8.	Термодинамика различных физических систем	3	4	2	6	Оценка участия студен-

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	семестр	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоем- кость (в академических ча- сах)			Формы текущего кон- троля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практи- ческие занятия	СРС	
						тов в семинарском заня- тии
9.	Термодинамика необратимых процессов	3	4		6	Тест (8-9 разделы)
10.	Подготовка к зачету	3			5,8	
	Итого в 3 семестре	3	34	16	57,8	Зачет (0,2 акад. часа)
Раздел «Статистическая физика»						
11.	Введение в статистическую фи- зику	5	2	2	6	Домашнее задание (самос- тоятельное решение за- дач).
12.	Каноническое распределение (распределение Гиббса)	5	2	2	8	Домашнее задание (самос- тоятельное решение за- дач). Тест.
13.	Идеальный газ	5	2	2	8	Домашнее задание (самос- тоятельное решение за- дач).
14.	Методы статистической физики при расчете термодинамических функций идеального газа.	5	2	2	8	Домашнее задание (самос- тоятельное решение за- дач). Контрольная работа
15.	Неидеальный газ	5	2	2	8	Домашнее задание (самос- тоятельное решение за- дач). Письменный опрос.
16.	Распределение Ферми и Бозе	5	2	2	8	Домашнее задание (самос- тоятельное решение за- дач).
17.	Конденсированные тела	5	2	2	6	Домашнее задание (самос- тоятельное решение за- дач). Контрольная работа
18.	Сверхпроводимость	5	1	2	6	Проверка конспекта
19.	Флуктуации	5	1	2	6	Проверка конспекта
20.	Подготовка к зачету	5			9,8	
	Итого в 5 семестре	5	16	18	73,8	Зачет с оценкой (0,2 акад. часа)

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Лекции

№	Наименование темы	Содержание темы
Раздел «Термодинамика»		
1	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	Термодинамические системы, их основные свойства и способы описания. Характер термодинамических законов. Основные определения и понятия термодинамического описания системы (изолированная система, замкнутая система, тепловое равновесие). Макроскопические параметры. Равновесное состояние. Виды параметров, определяющих состояние систем. Постулаты термодинамики. Первый постулат термодинамики. Температура. Нулевое начало термодинамики. Второй постулат термодинамики. Существование температуры как особой функции состояния равновесной системы. Термодинамическое равновесие. Равновесные и неравновесные процессы. Термодинамический процесс. Равновесный и неравновесный процесс. Время релаксации.
2	ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	Внутренняя энергия термодинамической системы, работа и теплота. Внутренняя энергия. Количество теплоты. Работа термодинамической системы. Вычисление работы расширения системы, работы сил поверхностного натяжения, работы поляризации диэлектрика, работы намагничивания магнетика, работы деформации твердого тела. Термическое и калорическое уравнения состояния. Термическое и калорическое уравнения состояния для идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса. Виральная форма уравнения состояния. Физическое содержание первого начала термодинамики.
3	ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ	Определение теплоемкости. Теплоемкость как функция процесса. Термостат. Формула теплоемкости. Формула Р.Майера. Теплота изотермического изменения внешних параметров. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Теплоемкость газов. Изопроцессы. Политропические процессы. Уравнение политропы. Теплоемкость в политропическом процессе.
4	ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ. ЭНТРОПИЯ	Формулировка второго начала термодинамики. Качественная формулировка второго начала термодинамики: невозможность преобразования теплоты в работу без компенсации. Вечный двигатель 2 рода. Обратимые и необратимые процессы. Понятие обратимого термодинамического процесса в узком и широком смысле. Примеры необратимых процессов.

№	Наименование темы	Содержание темы
		Циклические процессы. Обратимый цикл Карно. Теоремы Карно. Определение циклического процесса. Принцип работы тепловой машины. Термический КПД. Обратимый цикл Карно, вывод его КПД. Теоремы Карно. Энтропия. Количественная формулировка второго начала термодинамики. Определение энтропии. Свойства энтропии. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Вычисление энтропии в равновесных процессах. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Закон возрастания энтропии. Неравенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии. Следствия из закона возрастания энтропии для неравновесных систем: изменение энтропии при диффузии газов, при теплопроводности, трении. Пределы применимости второго начала термодинамики. Третье начало термодинамики. Формулировка третьего начала термодинамики (теоремы Нернста). Некоторые следствия из третьего начала термодинамики.
5	МЕТОДЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	Метод круговых процессов. Метод круговых процессов (циклов). Применение метода циклов для решения некоторых задач термодинамики. Термодинамические потенциалы. Метод термодинамических потенциалов. Термодинамические потенциалы (характеристические функции) и их полные дифференциалы: внутренняя энергия, свободная энергия Гельмгольца, энтальпия, энтропия, термодинамический потенциал Гиббса, их физический смысл. Связь между частными и смешанными производными. Соотношения Максвелла. Применение метода термодинамических потенциалов для определения соотношений между механическими и термическими характеристиками макроскопических систем. Термодинамические потенциалы сложных систем с переменным числом частиц. Химический потенциал. Большой термодинамический потенциал. Основное уравнение термодинамики для сложных систем с переменным числом частиц.
6	УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	Общие условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Принцип виртуальных перемещений. Общее условие равновесия различных систем (изолированная система, система в термостате при постоянном объеме, система в термостате при постоянном внешнем давлении и др.). Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однородной системы.

№	Наименование темы	Содержание темы
		Принцип Ле-Шателье – Брауна. Формулировка принципа Ле-Шателье – Брауна. Примеры применения принципа Ле-Шателье – Брауна для анализа устойчивости равновесия различных термодинамических систем.
7	ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ	Классификация фазовых переходов по Эренфесту. Фазы и фазовые превращения. Классификация фазовых переходов по Эренфесту. Фазовые переходы 1 рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Примеры фазовых переходов 1 рода. Удельная теплота перехода. Вывод дифференциального уравнения Клапейрона-Клаузиуса. Применение уравнения Клапейрона-Клаузиуса к описанию фазового перехода «жидкость-пар». Уравнение кривой испарения. Фазовые переходы 2 рода. Уравнения Эренфеста. Определение фазового перехода 2 рода, примеры. Вывод уравнений Эренфеста. Физический смысл уравнений Эренфеста. Пример: термодинамика сверхпроводящего перехода.
8	ТЕРМОДИНАМИКА РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ	Охлаждение газа при необратимом и обратимом адиабатных расширениях. Эффект Джоуля-Томсона. Вывод дифференциального коэффициента Джоуля-Томсона. Температура инверсии, ее связь с постоянными Ван-дер-Ваальса и критической температурой. Охлаждение газа при обратимом адиабатном расширении. Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Основное уравнение термодинамики для диэлектриков и магнетиков. Магнестрикция, электрострикция. Пьезоэффект. Магнитное (магнитокалорический эффект) и ядерное охлаждения. Термодинамика излучения. Понятие теплового излучения. Коэффициенты пропускания, поглощения и отражения. Абсолютно черное тело, зеркальное (белое) тело, абсолютно прозрачное тело. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Термическое и калорическое уравнение состояния и энтропия равновесного излучения. Термодинамические потенциалы и условие устойчивости равновесного излучения. Термодинамика плазмы. Определение плазмы. Условие полной ионизации. Внутренняя энергия плазмы. Термическое уравнение состояния плазмы.
9	ТЕРМОДИНАМИКА НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ	Исходные положения и основные уравнения термодинамики необратимых процессов. Основные уравнения термодинамики линейных необратимых процессов (теплопроводность, диффузия, вязкость). Кинетические коэффициенты Уравнения баланса и законы сохранения. Принцип Кюри. Диссипативные функции Онзагера.

№	Наименование темы	Содержание темы
		Принцип симметрии Кюри. Диссипативные функции Онзагера. Вариационные принципы термодинамики необратимых процессов. Принцип наименьшего рассеяния энергии Онзагера. Принцип минимума производства энтропии Пригожина. Вариационный принцип Онзагера. Устойчивость стационарных состояний. Принцип Ле-Шателье в неравновесной термодинамике.
	Раздел «Статистическая физика»	
10	ВВЕДЕНИЕ В СТАТИСТИЧЕСКУЮ ФИЗИКУ	Общие вопросы теории. Законы статистической физики. Статистическая физика, как наука, опирающаяся на молекулярно – кинетическую теорию. Этапы развития статистической физики. Элементы теории вероятностей, реализуемые в статистической физике. Возможности и ограничения использования классического описания молекулярных систем. Необходимость двойственной формулировки основных положений статистической физики – квантовой и классической (квазиклассической). Задача вычислений средних значений физических величин, как одна из главных задач статистической физики. Понятия фазового пространства, плотности вероятности в классической статистической физике, вероятности состояния, матрицы плотности в квантовой статистической физике. Ансамбли в статистической физике. Среднее по времени и среднее по ансамблю. Эргодическая гипотеза. Микроканонический ансамбль и микроканоническое распределение в квантовом и классическом случаях. Число состояний в квазиклассическом случае. Смысл $N!$ в знаменателе выражения для числа состояний в квазиклассическом случае.
11	КАНОНИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ (РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИББСА)	Канонические распределения (распределение Гиббса). Вывод канонического распределения. Запись формул канонического распределения для классического и квантового случая. График зависимости вероятности энергии от энергии. Статистическая сумма. Выражения для статистической суммы в квантовом и классическом случаях. Первое начало термодинамики с точки зрения статистической физики. Выражение для энтропии через вероятности и через число состояний. Статистический смысл закона возрастания энтропии. Третье начало термодинамики с точки зрения статистической физики. Выражение свободной энергии Гельмгольца через статистическую сумму. Значение этого выражения в практических применениях статистической физики.
12	ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ	Понятие идеального газа в молекулярно – кинетической теории, применение канонического распреде-

№	Наименование темы	Содержание темы
		ления к идеальному газу. Распределение молекул по координатам и по скоростям как следствие применения канонического распределения к идеальному газу. Применение распределения Максвелла для расчета средней с средне – квадратичной скоростей молекул. Распределение молекул в поле силы тяжести. Теорема о распределении кинетической энергии молекул по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости идеального газа и ее недостатки.
13	МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА	Выражение статистической суммы идеального газа через статистическую сумму молекул. Возможность приближенного разделения уровней энергии молекул на составляющие. Колебательные, вращательные и электронные уровни энергии молекул. Представление статистической суммы молекул в виде произведения поступательной, вращательной, колебательной и электронной статистических сумм. Возможность классического расчета поступательной статистической суммы, формулы для поступательной статистической суммы. Расчет колебательной статистической суммы молекул в гармоническом приближении. Задача расчета вращательной статистической суммы и выражения для вращательной статистической суммы двухатомных молекул. Задача расчета электронной статистической суммы и возможность выражения при не очень высоких температурах электронной статистической суммы основного состояния. Формула для энтропии одноатомного идеального газа (формула Сакура - Тетроде) и сравнение расчета энтропии на этой формуле с опытом для некоторых газов. Выражения для констант равновесия химических газовых реакций через молекулярные статистические суммы. Применение этих формул для расчетов степени ионизации газов. Формула Саха.
14	НЕИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ	Проблема учета взаимодействия молекул при расчете термодинамических функций неидеального газа. Общий характер зависимости потенциальной энергии молекул от расстояния между центрами молекул. Формула Леннарда-Джонса. Случаи парных и непарных (специфических) взаимодействий молекул. Конфигурационный интеграл, как сомножитель в выражении статистической суммы, отражающий взаимодействие молекул. Метод Майера разложения конфигурационного интеграла в ряд. Расчет конфигурационного интеграла в первом приближении метода Майера, групповые интегралы. Представление о диаграммной технике вычисления групповых интегралов. Термодинамические величины классической плазмы. Уравнения самосогласованного электрического поля

№	Наименование темы	Содержание темы
		электронов и ионов. Метод Дебая – Хюккеля. Дебаевский радиус. Метод корреляционных функций.
15	РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФЕРМИ И БОЗЕ	Распределение Больцмана для числа частиц больших числа частиц в данном квантовом состоянии. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Понятие о вырожденном и невырожденном газе. Неравновесные бозе- и ферми- газы. Основные свойства бозе- и ферми- газов. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Магнетизм электронного газа. Сильные и слабые поля. Вырожденный бозе-газ. Статистика фотонов.
16	КОНДЕНСИРОВАННЫЕ ТЕЛА	Твердые тела. Высокие и низкие температуры. Формула Дебая. Квантовая жидкость Сверхтекучесть. Вырожденный бозе-газ с взаимодействием.
17	СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ	Куперовская неустойчивость. Сверхтекучий ферми-газ. Энергетический спектр. Сверхтекучий ферми-газ. Термодинамические величины. Учет Кулоновского отталкивания. Теория Гинзбурга – Ландау.
18	ФЛУКТУАЦИИ	Общая формула для вероятности флуктуации в изолированной системе. Понятие о мере (средней величине) флуктуации и относительной флуктуации. Теорема о зависимости относительной флуктуации от числа независимых частей системы. Распределение Гаусса для одного или нескольких величин. Флуктуация в системе, находящейся в термостате. Флуктуации основных физических величин. Связь флуктуации энергии и теплоемкости. Особенности флуктуации энергии при фазовых переходах и при низких температурах. Флуктуация плотности. Флуктуации в открытой системе. Формула для величины флуктуации числа частиц. Формула Пуассона.

6.2. Практические занятия

Раздел «Термодинамика» (3 семестр)

№ темы	Тема занятия	Задания для выполнения в аудитории	Задания для самостоятельного решения (РГР)	Число акад. часов
1	Первое начало термодинамики	№№1,2,3,4,5	№№6,7,8	2
2	Термодинамическая теория теплоемкости	№№9,10,11,12	№№ 13,14,15	2
3	Второе начало термодинамики. Энтропия	№№16,17,18,19	№№ 21,22,23	2
	Контрольная работа Темы 1-3			2
4	Методы термодинамики	№№24,25,26,27	№№28,29,30	2

№ темы	Тема занятия	Задания для выполнения в аудитории	Задания для самостоятельного решения (РГР)	Число акад. часов
5	Условия равновесия и устойчивости термодинамических	№№31,32,33,34	№№35,36,37	2
6	Фазовые переходы	№№38,39,40,41	№№42,43	1
	Контрольная работа Темы 4-6			1
7	Термодинамика различных физических систем	Семинарское занятие: обсуждение вопросов для самостоятельного изучения	Подготовка к семинарскому занятию по контрольным вопросам	2
	Итого за 3 семестр			16

Раздел «Статистическая физика» (5 семестр)

№ темы	Тема занятия	Задания для выполнения в аудитории	Задания для самостоятельного решения (РГР)	Число акад. часов
1	Введение в статистическую физику	Задача вычислений средних значений физических величин. Фазовое пространство, плотности вероятности в классической статистической физике, вероятности состояния, матрицы плотности в квантовой статистической физике. Эргодическая гипотеза. Микроканонический ансамбль и микроканоническое распределение в квантовом и классическом случаях.	РГР	2
2	Каноническое распределение (распределение Гиббса)	Канонические распределения (распределение Гиббса). Первое и третье начала термодинамики с точки зрения статистической физики. Практическое применение в статистической физике значения выражения свободной энергии Гельмгольца.	РГР	2
3	Идеальный газ	Идеальный газ. Вычисление его макроскопических характеристик.	РГР	2

№ темы	Тема занятия	Задания для выполнения в аудитории	Задания для самостоятельного решения (РГР)	Число акад. часов
4	Методы статистической физики при расчете термодинамических функций идеального газа.	Применение распределения Максвелла для расчета средне – квадратичных скоростей молекул идеального газа. Идеальный газ с учетом квантовых эффектов. Двухатомный, многоатомный газы. Расчет колебательной статистической суммы молекул в гармоническом приближении. Задача расчета вращательной статистической суммы и выражения для вращательной статистической суммы двухатомных молекул. Задача расчета электронной статистической суммы и возможность выражения при не очень высоких температурах электронной статистической суммы основного состояния.	РГР	2
5	Неидеальный газ	Неидеальные газы. Вывод уравнения Ван-дер-Ваальса. Формула Леннард-Джонса. Расчет конфигурационного интеграла в первом приближении метода Майера, групповые интегралы. Примеры применения распределения Больцмана: статистическая совокупность линейных гармонических осцилляторов, электрическое поле около примесного иона в полупроводнике.	РГР	2
6	Распределения Ферми и Бозе	Ферми-газ элементарных частиц. Металлы и полупроводники. Вырожденный электронный газ. Бозе-газ элементарных частиц. Черное излучение.	РГР	2
7	Конденсированные тела	Статистика твердого состояния. Теория теплоемкости Дебая.	РГР	2
8	Сверхпроводимость	Энергетический спектр. Сверхтекучий ферми-газ. Термодинамические величины.	РГР	2

№ темы	Тема занятия	Задания для выполнения в аудитории	Задания для самостоятельного решения (РГР)	Число акад. часов
9	Флуктуации	Флуктуации основных термодинамических величин. Броуновское движение. Распределение Гаусса для одного или нескольких величин.	РГР	2
10	Итого за 5 семестр			18

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

7.1 Раздел «Термодинамика»

1. Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям:
Темы – в соответствии с таблицей практических занятий.
Содержание – в соответствии с программой и контрольными вопросами.
2. Выполнение заданий для самостоятельного решения (РГР) – в соответствии с таблицей. Срок сдачи – не позже 2-х недель после завершения изучения темы.
3. Подготовка к практическим занятиям состоит в изучении материалов лекции, соответствующих разделов учебника, самопроверка осуществляется по контрольным вопросам, которые выдаются студентам в начале семестра. Контрольные вопросы разработаны для каждой темы и служат основой для составления проверочного теста, проводимого в начале практического занятия, с целью осуществления текущего контроля успеваемости студентов.
4. Контрольная работа 1 содержит задания по темам 1-4, проводится на 6 неделе. Контрольная работа 2 содержит задания по темам 3-6, проводится на 15 неделе. Подготовка к контрольной работе состоит в выполнении задач РГР и повторения основных законов и формул.
5. Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение:
 - 5.1. Тема: «Фазовые переходы 1 рода» - Применение уравнения Клапейрона-Клаузиуса к описанию фазового перехода «жидкость-пар». Уравнение кривой испарения.
 - 5.2. Тема: «Фазовые переходы 2 рода» - Термодинамика сверхпроводящего перехода.
 - 5.3. Тема: «Термодинамика диэлектриков и магнетиков» - Пьезоэффект. Магнитное (магнитокалорический эффект) и ядерное охлаждения.
 - 5.4. Тема: «Термодинамика излучения» - Термическое и калорическое уравнение состояния и энтропия равновесного излучения. Термодинамические потенциалы и условие устойчивости равновесного излучения.
 - 5.5. Тема: «Термодинамика плазмы» - Внутренняя энергия плазмы. Термическое уравнение состояния плазмы.
 - 5.6. Тема: «Вариационные принципы термодинамики необратимых процессов» - Принцип наименьшего рассеяния энергии Онзагера. Принцип минимума производства энтропии Пригожина. Вариационный принцип Онзагера. Устойчивость стационарных состояний. Принцип Лешателлье в неравновесной термодинамике.

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в акад. часах
1	Основные понятия и базовые принципы термодинамики	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий	4
2	Первое начало термодинамики	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий, подготовка к тесту	6
3	Термодинамическая теория теплоемкости	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий	6
4	Второе начало термодинамики. Энтропия.	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий; <i>Подготовка к контрольной работе</i>	6
5	Методы термодинамики	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, подготовка к тесту	6
6	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий	6
7	Фазовые переходы	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий, самостоятельное изучение некоторых вопросов	6
8	Термодинамика различных физических систем	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, самостоятельное изучение некоторых вопросов	6
9	Термодинамика необратимых процессов	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий, самостоятельное изучение некоторых вопросов	6
10	Подготовка к зачету	Подготовка по контрольным вопросам	5,8
11	Итого по дисциплине		57,8

7.2 Раздел «Статистическая физика»

1. Подготовка к практическим занятиям: темы – в соответствии с п. 6.2 списка тем практических занятий, содержание – в соответствии с программой и вопросами для самопроверки.
2. Подготовка к контрольным работам – в основном состоит в выполнении домашних задач и краткого повторения.
3. Выполнение индивидуального домашнего задания. Индивидуальное задание представляет

собой набор задач по изучаемым темам. Количество задач, их источник и номера определяется преподавателем и сообщается студенту в начале семестра. Все задания выполняются студентом в часы, отведенные на самостоятельную работу, опираясь на изученный теоретический материал, изложенный в лекционном курсе, и проработанный на практических аудиторных занятиях. Индивидуальное задание сдается на проверку в течение семестра (по мере изучения соответствующих разделов). Каждая задача оформляется на отдельном листе форматом А4. Схемы, рисунки и графики выполняются карандашом с помощью чертежных инструментов. Индивидуальное задание зачитывается, если решения не содержат ошибок принципиального характера и выполнены все требования по оформлению. Незачтенные задачи индивидуального задания должны быть выполнены заново и представлены на повторную проверку вместе с первоначальной работой и замечаниями преподавателя. На исправление замечаний отводится недельный срок со дня их выдачи после первой проверки.

4. Подготовка к экзамену. Подготовка осуществляется в соответствии с вопросами, выносимыми на экзамен.
5. Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение:
 - 5.1 Тема: Тепловое расширение твёрдых тел
 - 5.2 Тема: Фононы
 - 5.3 Тема: Термодинамические величины классической плазмы
 - 5.4 Тема: Отрицательные температуры
 - 5.5 Тема: Флуктуации в приборах
 - 5.6 Тема: Метод молекулярного поля в теории магнетизма
 - 5.7 Тема: Флуктуации параметра порядка
 - 5.8 Тема: Линейная реакция системы на механическое воздействие
 - 5.9 Тема: Электропроводность и магнитная восприимчивость
 - 5.10 Тема: Спектральные представления временных корреляторов и двумерные функции Грина
 - 5.11 Тема: Дисперсионные соотношения Крамерса Кронинга и принцип симметрии Онсагера
 - 5.12 Тема: Метод квазичастиц и функции Грина
 - 5.13 Тема: Уравнение Дайсона
 - 5.14 Тема: Эффективное взаимодействие и диэлектрическая проницаемость
 - 5.15 Тема: Функция Грина при конечной температуре.

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоем- кость в акад. часах
1	Введение в статистическую физику	Подготовка к практическим занятиям Подготовка к контрольной работе №1 Подготовка к коллоквиуму Самостоятельное изучение теоретических вопросов Выполнение РГР (2 задачи)	6
2	Каноническое распределение (распределение Гиббса)	Подготовка к практическим занятиям Подготовка к коллоквиуму Подготовка к контрольной работе №1 Самостоятельное изучение теоретических вопросов Выполнение РГР (2 задачи)	8
3	Идеальный газ	Подготовка к практическим занятиям	8

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоем- кость в акад. часах
		Подготовка к контрольной работе №1 Подготовка к коллоквиуму Выполнение РГР (2 задачи)	
4	Методы статистической физи- ки при расчете термодинами- ческих функций идеального газа.	Подготовка к практическим занятиям Подготовка к контрольной работе №2 Подготовка к коллоквиуму Самостоятельное изучение теоретиче- ских вопросов Выполнение РГР (2 задачи)	8
5	Неидеальный газ	Подготовка к контрольной работе №2 Подготовка к практическим занятиям	8
6	Распределения Ферми и Бозе	Подготовка к контрольной работе №2 Подготовка к практическим занятиям Самостоятельное изучение теоретиче- ских вопросов	8
7	Конденсированные тела	Подготовка к практическим занятиям	6
8	Сверхпроводимость	Самостоятельное изучение теоретиче- ских вопросов	6
9	Флуктуации	Самостоятельное изучение теоретиче- ских вопросов	6
10	Подготовка к зачету с оценкой		9,8
11	Итого в семестре		73,8

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Термодинамика и статистическая физика»:

1. Термодинамика и статистическая физика [Электронный ресурс]: сб.учебн.-метод. матери-
алов по дисциплине для направления подготовки 03.03.02/АмГУ, ИФФ; сост.
О.В.Козачкова. – Благовещенск: Изд-во Амур. Гос. Ун-та, 2017 – 45 с. – Режим доступа:
http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9986.pdf

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции проводятся как в традиционной форме, так и с использованием интерактивной доски и мультимедийного оборудования. При проведении лекционных и практических занятий часто используется дискуссионная форма обсуждения теоретических вопросов, что обусловлено спецификой дисциплины и существованием в науке разных взглядов на ряд изучаемых вопросов.

Практические занятия ориентированы на приобретение студентами навыков решения физических задач в области термодинамики и статистической физики. Преподаватель совместно со студентами обсуждает особенности построения алгоритма решения данного класса задач, а так же подходы к решению каждой конкретной задачи; студенты самостоятельно реализуют разработанный алгоритм, после чего обсуждаются полученные результаты. В ряде случаев прогнозируется поведение исследуемой физической системы (проблемной ситуации) в измененных условиях, выявляется диапазон ее возможных физических состояний, функциональные свойства и т.п.

При изучении дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» применяются следующие **интерактивные технологии**: метод заданий, метод презентации информации – на лекционных и практических занятиях; на лекциях наряду с традиционным подходом ис-

пользуются продуктивные методики, стимулирующие активное участие студентов в обсуждаемых вопросах теории – проблемная лекция, лекция-дискуссия.

На лекциях (*технологии концентрированного, дифференцированного и активного (контекстного) обучения*), в рамках реализации методов, направленных на первичное овладение знаниями и совершенствование знаний, формирование умений и навыков, предлагаются для самостоятельного изучения некоторые дополнительные темы. На практических (*технологии проблемного, активного (контекстного), развивающего обучения и деловой игры*) занятиях даются домашние задания для самостоятельного решения задач. Выделенный объем самостоятельной работы студента направлен на подготовку к практическим занятиям, выполнению семестровой контрольной работы с задачами повышенной сложности (*репродуктивный метод*).

Для контроля усвоения студентами текущего материала по дисциплине в каждом семестре предусмотрено проведение контрольных работ, тестирования (*творчески-репродуктивный метод*), контрольных опросов по лекционному материалу.

Используется рейтинговая система оценки, включающая в бальном выражении работу студента на практических занятиях, лекциях, результаты письменных опросов, тестирования, семестровой контрольной работы. Результаты экзамена также оцениваются в баллах.

Раздел «Термодинамика» (3 семестр)

№	Тема	Вид занятий	Применяемая технология
1	Первое начало термодинамики. Энтропия	лекция	Проблемная лекция
2	Второе начало термодинамики	лекция	Лекция-дискуссия
3	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	лекция	Лекция с элементами самостоятельного поиска (условий равновесия и устойчив. некоторых физических систем)
4	Фазовые переходы	лекция практика	Лекция-дискуссия Мозговой штурм
5	Термодинамика различных физических систем	практика	Метод заданий, коллективное обсуждение и дискуссия

Раздел «Статистическая физика» (5 семестр)

№	Тема	Вид занятий	Применяемая технология
1	Введение в статистическую физику	лекция	Лекция-дискуссия
2	Каноническое распределение (распределение Гиббса)	лекция	Проблемная лекция
3	Идеальный газ	лекция	Проблемная лекция
4	Методы статистической физики при расчете термодинамических функций идеального газа	практика	Метод заданий, коллективное обсуждение и дискуссия Мозговой штурм
5	Неидеальный газ	практика	Метод заданий, коллективное обсуждение и дискуссия
	Распределения Ферми и Бозе	лекция	Лекция с элементами самостоятельного поиска
	Конденсированные тела	практика	Метод заданий
	Сверхпроводимость	практика	Метод заданий
	Флуктуации	практика	Метод заданий

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Термодинамика и статистическая физика».

Вопросы к зачету

Семестр 3 (раздел «Термодинамика»)

1. Термодинамическая система, ее параметры и равновесие (основные понятия). Постулаты термодинамики. Температура.
2. Внутренняя энергия термодинамической системы. Работа и теплота.
3. Примеры расчета работы термодинамической системы в различных процессах (расширение газа, растяжение пленки, поляризация диэлектрика, намагничивание магнетика).
4. Термическое и калорическое уравнения состояния. Термическое уравнение состояния для идеального и реального газов. Вириальная форма уравнения состояния.
5. Первое начало термодинамики.
6. Определение теплоемкости. Теплоемкость простых и сложных систем. Уравнение Майера. Теплота изотермического изменения внешних параметров.
7. Основные термодинамические процессы и их уравнения.
8. Второе начало термодинамики, сущность и основные определения.
9. Обратимые и необратимые процессы. Примеры.
10. Циклы. Обратимый цикл Карно, расчет термического КПД цикла Карно. Теорема Карно.
11. Количественная формулировка второго начала термодинамики. Энтропия. Свойства энтропии.
12. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Вычисление энтропии в равновесных процессах.
13. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Неравенство Клаузиуса. Следствия из закона возрастания энтропии для неравновесных систем: изменение энтропии при диффузии, теплопроводности.
14. Пределы применимости второго начала термодинамики.
15. Третье начало термодинамики. Недостижимость абсолютного нуля температур.
16. Методы термодинамики. Метод круговых процессов. Пример: применение метода круговых процессов для определения зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры.
17. Термодинамические потенциалы и их дифференциалы (внутренняя энергия, энергия Гельмгольца, энергия Гиббса, энтальпия), физический смысл.
18. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости для различных систем.
19. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.
20. Условия устойчивости равновесия однородной системы. Принцип Ле-Шателье – Брауна.
21. Классификация фазовых переходов по Эренфесту. Фазовые переходы I рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Пример: применение уравнения Клапейрона –Клаузиуса к описанию фазового перехода «жидкость - пар»; вывод уравнения кривой испарения $P=P(T)$.
22. Фазовые переходы II рода. Уравнения Эренфеста.
23. Охлаждение газа при необратимом адиабатическом расширении. Эффект Джоуля-Томсона. Дифференциальный коэффициент Джоуля-Томсона. Температура инверсии. Возможности охлаждения газа при обратимом адиабатическом расширении.
24. Термодинамика диэлектриков и магнетиков.

25. Термодинамика теплового излучения.

Вопросы к зачету с оценкой

Семестр 5 (раздел «Статистическая физика»)

1. Макроскопические и микроскопические величины, характеризующие системы, состоящие из большого числа частиц. Задачи термодинамики и статистической физики.
2. Задачи статистической физики. Понятие фазового пространства и плотности вероятности.
3. Ансамбли в статистической физике. Микроканонический ансамбль и микроканоническое распределение. Классический и квантовый случаи.
4. Каноническое распределение. Его вывод. Каноническое распределение в классической и квантовой статистике.
5. Первое начало термодинамики с точки зрения статистической физики. Выражения для внутренней энергии. Работы и количества тепла в статистической физике.
6. Энтропия в статистической физике. Второе начало термодинамики с точки зрения статистической физики.
7. Энтропия в квазиклассической статистической физике. Число состояний в квазиклассическом случае.
8. Статистическая сумма. Квантовый и классический случаи. Связь свободной энергии Гельмгольца и статической суммы.
9. Применение канонического распределения к идеальному газу. Распределение молекул по скоростям и по координатам.
10. Распределение Максвелла. Две формы распределения Максвелла. Молекулы в поле силы тяжести. Барометрическая формула.
11. Выражение статистической суммы идеального газа через статистическую сумму молекул. Уровни энергии молекул.
12. Теорема о распределении энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости идеального газа. Ее недостатки.
13. Задачи расчета поступательной, вращательной и колебательной составляющих статистических сумм молекул.
14. Расчет колебательной составляющей статистической суммы гармонического осциллятора и его средней энергии.
15. Выражение констант равновесия химических реакций в идеальном газе через статистические суммы.
16. Проблема учета взаимодействий при расчете термодинамических функций неидеального газа. Метод Майера. Связь вириальных коэффициентов с групповыми интегралами.
17. Статистическая физика открытых систем. Большое каноническое распределение и большая статистическая сумма.
18. Применение большого канонического распределения для определения среднего числа частиц в открытой системе. Выражение для давления через большую статистическую сумму.
19. Квантовые распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна для идеального газа. Распределение Больцмана.
20. Типы кристаллических решеток. Закон Дюлонга и Пти. Область применения этого закона.
21. Понятие о функции распределения частот в твердом теле. Расчет распределения в одномерном, двумерном и трехмерном кристаллах в приближении Дебая.
22. Основы теории Дебая теплоемкости твердых тел. Определение дебаевской температуры. Связь дебаевской температуры и скорости распространения волн в кристаллах.
23. Основы теории Борна-Кармана расчета в кристаллической решетке на примере одномер-

- ного кристалла.
24. Электроны в металле. Приближение свободных электронов, как Ферми-частиц, движущихся внутри потенциального ящика в теории металлов. Импульс Ферми и энергии Ферми.
 25. Основы зонной теории проводимости твердых тел. Зависимость сопротивления полупроводников от температуры.
 26. Бозе-конденсация.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. Ефремов, Ю. С. Статистическая физика и термодинамика : учебное пособие для вузов / Ю. С. Ефремов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 209 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05152-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.biblio-online.ru/bcode/454022>
2. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 3: термодинамика, статистическая физика, строение вещества : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спиринов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 369 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1755-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.biblio-online.ru/bcode/425491>

б) дополнительная литература:

1. Новиков, И.И. Термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.И. Новиков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 592 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/286> . — Загл. с экрана.
3. Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Ансельм. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2007. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/692> . — Загл. с экрана.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iprbookshop.ru/	Электронно-библиотечная система IPRbooks — научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования.
2	http://e.lanbook.com	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия
3	https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
4	https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru	Поисковая система по академической и научной литературе мира «Академия Гугл»
5	https://www.scopus.com/	База данных реферируемой научной и образовательной литературы издательства «Elsevier B.V.»

№	Перечень программного обеспечения (обеспеченного лицензией)	Реквизиты подтверждающих документов (при наличии), тип и количество
1	Операционная система MS Windows 7 Pro,	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года

г) профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

№	Наименование ресурса	Описание
1	http://dxdy.ru/fizika-f2.html	Научный форум. Физика, Математика, Химия, Механика и Техника. Обсуждение теоретических вопросов, входящих в стандартные учебные курсы. Дискуссионные темы физики: попытки опровержения классических теорий и т.п. Обсуждение нетривиальных и нестандартных учебных задач. Полезные ресурсы сети, содержащие материалы по физике.
2	http://www.mavicanet.ru/	MavicaNET - Многоязычный Поисковый Каталог. Теоретическая физика. Институты, лаборатории и др. организации, занимающиеся исследованиями в области теоретической физики. Может содержать все существующие подкатегории раздела физика, если источник связан с теоретическими исследованиями.
3	https://uisrussia.msu.ru/	<u>Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ).</u>
4	https://www.runnet.ru	RUNNet (Russian UNiversity Network) - крупнейшая в России научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обладающая протяженной высокоскоростной магистральной инфраструктурой и международными каналами, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (National Research and Education Networks, NREN) и с Интернет.
5	https://minobrnauki.gov.ru/	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Общие рекомендации по организации самостоятельной работы

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется **самоконтролем**, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3–5 часов ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра, пропущенные дни будут потеряны безвозвратно, компенсировать их позднее усиленными занятиями без снижения качества работы и ее производительности невозможно.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напо-

следок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (черчение, построение графиков и т.п.).

При планировании самостоятельной работы важно представлять себе трудозатратность тех или иных действий, необходимых для подготовки к занятиям.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела, например чередованием умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность.

11.2. Самостоятельная работа с лекционным материалом

При изучении дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» студентам рекомендуется составлять подробный конспект лекций, т.к. специфика данного курса состоит в изучении отдельных разделов физики, определяющих основы работы элементной базы технических устройств электроэнергетики и электротехники, и имеющих отношение к дисциплинам, изучаемым на старших курсах.

Подготовка к самостоятельной работе над лекционным материалом должна начинаться на самой лекции. Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал – это необходимое условие для его понимания, но недостаточно только слушать лекцию. Возможности памяти человека не универсальны. Как бы внимательно студент не слушал лекцию, большая часть информации вскоре после восприятия будет забыта. Из сказанного следует, что для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать.

Общие советы по конспектированию лекций и дальнейшей работе с записями.

1. Конспект лекций по каждой дисциплине должен быть в отдельной тетради.
2. Конспект должен легко восприниматься зрительно (чтобы максимально использовать «зрительную» память), поэтому он должен быть аккуратным. Выделяйте заголовки, отделяйте один вопрос от другого, соблюдайте абзацы, подчеркните термины.
3. При прослушивании лекции обращайте внимание на интонацию лектора и вводные слова «таким образом», «итак», «необходимо отметить» и т.п., которыми он акцентирует наиболее важные моменты. Не забывайте пометать это при конспектировании.
4. Не пытайтесь записывать каждое слово лектора, иначе потеряете основную нить изложения и начнете писать автоматически, не вникая в смысл. Техника прочтения лекций преподавателем такова, что он повторяет свою мысль два-три раза. Постарайтесь вначале понять ее, а затем записать, используя сокращения.
5. Используйте общепринятую аббревиатуру (СТО - специальная теория относительности, ИСО - инерциальная система отсчета, ЭМП - электромагнитное поле и др.). Придумайте собственную систему сокращений, аббревиатур и символов, удобную только вам (но не забудьте сделать словарь, иначе существует угроза не расшифровать текст). Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.
6. Конспектируя лекцию, надо оставлять поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места. Полезно после каждой лекции оставлять одну страницу свободной, она потребуется при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников: чертежи, графики, схемы, цитаты и т.п.

Прослушанный материал лекции необходимо проработать. Насколько эффективно студент это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать.

Опыт показывает, что предсессионный штурм непродуктивен, материал запоминается ненадолго. Необходим систематический труд в течение всего семестра.

Методические рекомендации по работе с лекционным материалом

1. Внимательно прочитайте конспект лекции.
2. Дополните конспект материалом из учебных пособий, учебников, типовой лекции (типичные лекции представлены в локальной сети).
3. Выделите основные физические понятия, рассмотренные на лекции (процесс, величина, закон и др.), и хорошо разберитесь в них, делая основной акцент на выяснение физического смысла.
4. Основные определения выучите наизусть.
5. Проанализируйте вывод основных формул, отражающих физические законы, самостоятельно повторите выводы на листе бумаги.
6. Попытайтесь запомнить приведенные в лекционном материале другие (вспомогательные) формулы.
7. Отметьте неясные и трудные для себя вопросы и попытайтесь разобраться в них с помощью учебных пособий, товарищей по группе.
8. Обязательно обратитесь за консультацией к преподавателю чтобы получить ответы на непонятые вопросы.

11.3. Самостоятельная работа по изучению отдельных вопросов и тем дисциплины

Темы для самостоятельного изучения сообщаются студентам во время лекций. Для подготовки конспекта рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу. По окончании конспектирования рекомендуется проверить степень овладения темой по вопросам самопроверки.

Темы и вопросы, изучаемые самостоятельно, включаются в список экзаменационных вопросов.

Методические рекомендации по составлению конспекта

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова.
2. Выделите главное, составьте план. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта (автора книги, ее название, год издания, название главы, номера параграфов).
3. Кратко сформулируйте основные положения.
4. Выделите в тексте тезисы и запишите их с последующей аргументацией, подкрепляя примерами и конкретными фактами.
5. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. Записи следует вести четко, ясно.
6. Особое внимание следует обратить на определение основных понятий, и законов изучаемой темы.
7. При записи формул, отражающих физические законы, особое внимание следует обратить на выяснение физического смысла. Знание математической записи закона (т.е. формулы) без понимания ее физической сущности бесполезно, т.к. приводит к неправильному ее применению при решении прикладных задач.

8. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют применение общих законов для частных случаев, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно.
9. Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.
10. Собственные комментарии, вопросы, раздумья располагайте на полях.

11.4. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Для успешной подготовки к практическим занятиям необходимо руководствоваться следующими правилами.

1. Использовать конспекты лекций, учебники и учебные пособия, указанные в списке рекомендуемой основной и дополнительной литературы, доступные интернет-ресурсы и т.п.
2. Прочитать тему занятия, выделить те вопросы теории, которые подлежат обсуждению в аудитории.
3. Прочитать конспект лекции, освещающей данную тему.
4. Ответить на вопросы для самопроверки. При возникновении трудностей с пониманием теоретических основ изучаемой темы, обратиться к учебнику или методическому пособию. Целесообразно использовать в ходе подготовки учебники разных авторов, где изучаемый вопрос рассматривается с разных методических позиций.
5. При выполнении индивидуальных расчетно-графических заданий внимательно просмотреть решение аналогичных задач, рассматриваемых на учебных занятиях и в данном пособии, осмыслить методы и методические приемы, используемые при их решении.
6. Постараться самостоятельно воспроизвести решение этих задач; при возникновении трудностей вернуться к тому месту в конспекте, который вызвал затруднения. Вновь повторить эту процедуру – до тех пор, пока воспроизведение не станет уверенным.
7. Освоив методику решения данного класса задач, приступить к решению задач из индивидуального задания. При этом следует придерживаться следующих правил:
 - записать краткие условия; выяснить, что известно и что требуется найти;
 - сделать чертеж, изобразить схему или график, поясняющий суть задачной ситуации;
 - выделить объекты задачи и выяснить природу происходящих с ними изменений (процессов); записать ключевые отношения, законы, описывающие данное физическое явление;
 - применить эти отношения к системе объектов задачи, получить математическую модель физической системы (процесса), описанной в задаче: как правило, это система уравнений, решение которой дает ответ на требования задачи;
 - оформить аккуратно решение задачи на листе формата А4.
8. На практических занятиях целесообразно иметь при себе конспекты лекций, учебники и учебные пособия, в которых изложены теория и методика решения задач по данному учебному курсу.

11.5. Общие методические рекомендации по решению задач

Физическая задача – это словесная модель физического явления с некоторыми известными и неизвестными физическими величинами, которые существенным образом характеризуют это явление. Решить физическую задачу – это значит восстановить неизвестные связи и найти неизвестные величины. Из этого определения следуют две квалификации физических задач. Первая основана на различии методов нахождения неизвестных величин, а вто-

рая учитывает содержание данного явления, которое отражает данная физическая задача. Деление по методу предполагает, что для нахождения неизвестных физических величин можно выбрать два пути: экспериментальный и теоретический. При первом методе предполагается, что неизвестные величины определяются из опыта путем измерений. В теоретическом методе неизвестные величины определяются из анализа физических законов, управляющих этим явлением, что предполагает решение замкнутой системы математических уравнений: алгебраических, дифференциальных, интегральных, функциональных, из которых можно восстановить неизвестные физические величины. В данной методической разработке предполагается решение теоретических задач, без использования измерений.

Любая физическая задача выражает собой физическое явление, группу явлений или его какую-то часть. Соотношения между исходными и искомыми физическими величинами содержатся внутри анализируемого явления. Для того чтобы найти эти связи, приводящие, в конечном итоге, к системе замкнутых уравнений, необходимо:

- знать и понимать сущность данного явления,
- систему физических законов, “управляющих” данным явлением,
- систему физических величин, описывающих данное явление,
- границы применимости физических законов,
- группу факторов и явлений, приведших к “идеализации” данной задачи,
- умение выделить все эти элементы в задаче.

Приступая к предварительному анализу задачи после её первого прочтения, полезно записать её условия, осмыслить данные, искомые величины и попытаться “нащупать” связи между ними. Для этого необходимо сделать чертеж, схему, рисунок, обозначить на них все данные и искомые величины и, если это возможно, вычертить графики заданных физических величин. Такая предварительная работа позволяет наглядно представить физическое явление задачи. Как известно, физическое явление содержит качественную и количественную стороны. Поэтому сначала полезно определить качественную характеристику явления (чем это явление отличается от других, по каким причинам оно происходит, в чём его сущность и т.д.). Затем необходимо выделить физическую систему, произвести «идеализацию», то есть построить *физическую модель* рассматриваемого в задаче явления и выделить физические процессы, в которых участвуют выделенные объекты системы. После этого этапа необходимо установить количественные связи и соотношения между физическими величинами для того, чтобы получить замкнутую систему уравнений для искомым физических величин, которую по праву можно считать *математической моделью* рассматриваемого явления.

Таким образом, в процессе решения задачи можно выделить ряд относительно самостоятельных этапов, реализация которых существенно помогают при её решении.

I этап начинается с ознакомления с условиями задачи и заканчивается составлением замкнутой системы уравнений (в большинстве случаев дифференциальных или алгебраических), в число неизвестных которой входят искомые величины. После получения замкнутой системы уравнений на основании связей (законов) для неизвестных величин задача считается физически решенной. При этом весьма полезным оказывается графическое представление исходной информации (рисунок, графики функций, которые в визуальной форме помогают найти место искомым физических величин в изучаемом физическом явлении).

II этап начинается решением замкнутой системы уравнений и заканчивается получением формулы для неизвестных величин через известные и численного ответа. Задача решена правильно только в том случае, если получен верный общий и численный ответ.

III этап. Анализ решения проводят после получения решения в общем виде и численного ответа. На этом этапе выясняют, от каких физических величин зависит искомая величина, при каких физических условиях эта зависимость осуществляется и т.п. В заключение общего анализа рассматривается возможность постановки других физических задач путем изменения, обобщения и преобразования условий данной задачи. При анализе общего решения методом размерностей устанавливается правильность полученного решения, что является необходимым, но недостаточным признаком правильности полученного решения. При анализе численного ответа необходимо проверить: а) размерность искомой физической величины; б) соответствие полученного ответа физически разумным значениям искомой величины; в) при получении многозначного ответа – соответствие полученных ответов условиям задачи.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Занятия по дисциплине «Термодинамика и статистическая физика» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета

На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе процессора Intel Pentium, проектор.