

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Н.В. Савина

« 29 » 06 2018г.

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: 2018

Курс II, III

Семестр III, V

Лекции 72 (акад. час.)

Зачет III семестр

Экзамен V семестр (36 акад. час.)

Практические занятия 36 (акад. час.)

Самостоятельная работа 108 (акад. час.)

Общая трудоемкость дисциплины 252 (акад. час.), 7 (з.е.)

Составитель: О.В. Козачкова, канд. пед. наук, доцент
(И.О.Ф., должность, ученая степень)

Факультет: инженерно-физический

Кафедра физики

2018 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

«18» 06 2018 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой  Е.В.Стукова

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

«19» 06 2018 г., протокол № 3

Председатель  Е.В.Сазонов

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебно-методического управления

 Н.А.Чалкина

«19» 06 2018 г.

СОГЛАСОВАНО

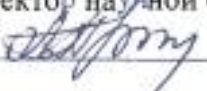
Заведующий выпускающей кафедрой

 Е.В.Стукова

«19» 06 2018 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

 Л.А.Проказина

«19» 06 2018 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 дисциплин «Физика реального кристалла» (5 семестр), «Физика конденсированного состояния» (6 семестр). 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 разделы курсов математики, 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 разделе «Молекулярная физика» курса «Общая 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
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	+	+
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 7 зачетных единиц, 252 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	4		4	Тест (1 раздел)
2.	Первое начало термодинамики	3	4	4	6	Проверка задания №1 РГР
3.	Термодинамическая теория теплоемкости	3	4	2	6	Проверка задания РГР №2 Тест №2 (2-3 разделы)
4.	Второе начало термодинамики	3	4	4	6	Проверка задания №3 РГР Контрольная работа (1-разделы)
5.	Методы термодинамики	3	4	2	6	Проверка задания №4 РГР
6.	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	3	4	2	6	Проверка задания №5 РГР
7.	Фазовые переходы	3	4	2	6	Проверка задания №6 РГР Контрольная работа (5-7 разделы)
8.	Термодинамика различных физических систем	3	4	2	6	Письменный опрос
9.	Термодинамика необратимых процессов	3	4		4	Письменный опрос
10.	Подготовка к зачету				4	Зачет
	Итого в 3 семестре		36	18	54	
Раздел «Статистическая физика»						
11.	Введение в статистическую физику	5	4	2	6	Проверка задания РГР №1
12.	Каноническое распределение (распределение Гиббса)	5	4	2	6	Проверка задания РГР №2 Тест (темы 1-2)
13.	Идеальный газ	5	4	2	6	Проверка задания РГР №3
14.	Методы статистической физики при расчете термодинамических функций идеального газа.	5	4	2	8	Проверка задания РГР №4 Контрольная работа №1
15.	Неидеальный газ	5	4	2	6	Проверка задания РГР №5 Коллоквиум

№ 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	
16.	Распределение Ферми и Бозе	5	4	2	6	Проверка задания РГР №6
17.	Конденсированные тела	5	4	2	8	Контрольная работа №2
18.	Сверхпроводимость	5	4	2	4	Письменный опрос
19.	Флуктуации	5	4	2	4	Письменный опрос
	Итого в 5 семестре		36	18	54	Экзамен (36 акад. часов)

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Лекции

№	Наименование темы	Содержание темы
		Раздел «Термодинамика»
1	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	<p>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.</p> <p>Постулаты термодинамики. Первый постулат термодинамики. Температура. Нулевое начало термодинамики. Второй постулат термодинамики. Существование температуры как особой функции состояния равновесной системы.</p> <p>Термодинамическое равновесие. Равновесные и неравновесные процессы. Термодинамический процесс. Равновесный и неравновесный процесс. Время релаксации.</p>
2	ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	<p>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.</p> <p>Термическое и калорическое уравнения состояния. Термическое и калорическое уравнения состояния для идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса. Вириальная форма уравнения состояния.</p> <p>Физическое содержание первого начала термодинамики.</p>

№	Наименование темы	Содержание темы
3	ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ	<p>Определение теплоемкости. Теплоемкость как функция процесса. Термостат. Формула теплоемкости. Формула Р.Майера. Теплота изотермического изменения внешних параметров.</p> <p>Основные термодинамические процессы и их уравнения. Теплоемкость газов. Изопроцессы. Политропические процессы. Уравнение политропы. Теплоемкость в политропическом процессе.</p>
4	ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ. ЭНТРОПИЯ	<p>Формулировка второго начала термодинамики. Качественная формулировка второго начала термодинамики: невозможность преобразования теплоты в работу без компенсации. Вечный двигатель 2 рода.</p> <p>Обратимые и необратимые процессы. Понятие обратимого термодинамического процесса в узком и широком смысле. Примеры необратимых процессов.</p> <p>Циклические процессы. Обратимый цикл Карно. Теоремы Карно. Определение циклического процесса. Принцип работы тепловой машины. Термический КПД. Обратимый цикл Карно, вывод его КПД. Теоремы Карно.</p> <p>Энтропия. Количественная формулировка второго начала термодинамики. Определение энтропии. Свойства энтропии. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Вычисление энтропии в равновесных процессах.</p> <p>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.</p> <p>Пределы применимости второго начала термодинамики.</p> <p>Третье начало термодинамики. Формулировка третьего начала термодинамики (теоремы Нернста). Некоторые следствия из третьего начала термодинамики.</p>
5	МЕТОДЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	<p>Метод круговых процессов. Метод круговых процессов (циклов). Применение метода циклов для решения некоторых задач термодинамики.</p> <p>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.</p>

№	Наименование темы	Содержание темы
		<p>Термодинамические потенциалы сложных систем с переменным числом частиц. Химический потенциал. Большой термодинамический потенциал. Основное уравнение термодинамики для сложных систем с переменным числом частиц.</p>
6	<p>УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ</p>	<p>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.</p> <p>Принцип Ле-Шателье – Брауна. Формулировка принципа Ле-Шателье – Брауна. Примеры применения принципа Ле-Шателье – Брауна для анализа устойчивости равновесия различных термодинамических систем.</p>
7	<p>ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ</p>	<p>Классификация фазовых переходов по Эренфесту. Фазы и фазовые превращения. Классификация фазовых переходов по Эренфесту.</p> <p>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.</p> <p>Фазовые переходы 2 рода. Уравнения Эренфеста. Определение фазового перехода 2 рода, примеры. Вывод уравнений Эренфеста. Физический смысл уравнений Эренфеста. Пример: термодинамика сверхпроводящего перехода.</p>
8	<p>ТЕРМОДИНАМИКА РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ</p>	<p>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.</p> <p>Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Основное уравнение термодинамики для диэлектриков и магнетиков. Магнострикция, электрострикция. Пьезоэффект. Магнитное (магнитокалорический эффект) и ядерное охлаждения.</p> <p>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. Термодинамиче-</p>

№	Наименование темы	Содержание темы
		ские потенциалы и условие устойчивости равновесного излучения. <i>Термодинамика плазмы.</i> Определение плазмы. Условие полной ионизации. Внутренняя энергия плазмы. Термическое уравнение состояния плазмы.
9	ТЕРМОДИНАМИКА НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ	<i>Исходные положения и основные уравнения термодинамики необратимых процессов.</i> Основные уравнения термодинамики линейных необратимых процессов (теплопроводность, диффузия, вязкость). Кинетические коэффициенты <i>Уравнения баланса и законы сохранения.</i> <i>Принцип Кюри. Диссипативные функции Онзагера.</i> 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 вероят-

№	Наименование темы	Содержание темы
		ности 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 приложениях статистической физики.
12	ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ	Понятие идеального газа в молекулярно – кинетической теории, применение канонического распределения 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

№	Наименование темы	Содержание темы
		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 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	Содержание практического занятия, задания для выполнения в аудиторной форме	Задания для самостоятельного решения (РГР)	Число акад. часов
1	Основные понятия и базовые принципы термодинамики, первое начало термодинамики	№№1,2,3,4,5 Тест №1	РГР 1 (№6,7,8)	4

2	Термодинамическая теория теплоемкости	№№9,10,11,12 Тест №2	РГР 2 (№13,14,15)	2
3	Второе начало термодинамики. Энтропия	№№16,17,18,19	РГР 3 (№21,22,23)	2
Контрольная работа Темы 1-3				1
4	Методы термодинамики	№№24,25,26,27	РГР 4 (№28,29,30)	2
5	Условия равновесия и устойчивости термодинамических си-	№№31,32,33,34	РГР 5 (№35,36,37)	2
6	Фазовые переходы	№№38,39,40,41	РГР 6 (№42,43)	2
Контрольная работа Темы 4-6				1
7	Термодинамика различных физических систем Термодинамика необратимых процессов	Семинарское занятие: обсуждение вопросов для самостоятельного изучения Письменный	Подготовка к семинарскому занятию и письменному опросу по контрольным во-	2
Итого за 3 семестр				18

Задания для выполнения на практических занятиях (раздел «Термодинамика»)

1. Два моля кислорода очень медленно переводятся из состояния 1 в состояние 2. Какое количество теплоты необходимо подвести к газу, если в координатах PV процесс изображается прямой линией? В состоянии 1 газ характеризуется параметрами $P = 1 \text{ атм}$, $V = 24,6 \text{ л}$, $T = 300 \text{ К}$, $P = 3P$, $V = 2V$.
2. Вычислить работу испарения 1 моля воды при переходе ее в пар при 100°C и нормальном давлении. Определить количество теплоты, сообщаемое при этом воде.
3. Вычислить работу, совершаемую за цикл перемагничивания единицы объема сердечника длинного соленоида, если известно, что площадь петли гистерезиса на диаграмме с осями (H, J) равна S .
4. Показать, что элементарная работа поляризации единицы объема диэлектрика равна $\delta W = -(1/4\pi)E \cdot dD$, а работа поляризации в собственном смысле равна $\delta W_c = E \cdot dP$.
5. Термическое и калорическое уравнения состояния идеального электронного газа связаны соотношением $PV = 2/3 E$. Найти для этого газа уравнение адиабаты в переменных P, V . E – внутренняя энергия газа.
6. Идеальный газ расширяется по закону $p = aV$. Найти графически работу, произведенную газом при увеличении объема от V_1 до V_2 . Поглощается или выделяется тепло при таком процессе?
7. Воздух находится в термически изолированной комнате объемом 27 м^3 , в которой имеется небольшое отверстие. Через него воздух может просачиваться наружу, где давление равно 1 атм . Какое количество тепла необходимо подвести в комнату, чтобы температура медленно увеличивалась от 0 до 20°C ? Теплоемкость воздуха можно считать постоянной $C_p = 103 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, $\gamma = 1,41$
8. Найти работу, совершаемую над молекулой идеального газа и количество тепла, получаемое им при сжатии от объема V_1 до объема V_2 в политропическом процессе $pV^n = \text{const}$.
9. Молярная теплоемкость идеального газа при некотором процессе изменяется по закону $C = \alpha/T$, где α - постоянная величина. Найти уравнение, связывающее параметры P и V в этом процессе.
10. Вычислить разность $C_p - C_v$ для газа Ван-дерВаальса.

11. Уравнение состояния некоторой термодинамической системы имеет вид $P = AT^3$, причем коэффициент пропорциональности A зависит от объема, но не зависит от температуры. Найти $\partial C_V / \partial V$ в точке $P = 10^5$ Па, $T = 300$ К.
12. Процессы $PV^2 = const$, $P^2V = const$, $P/V = const$ являются политропными $PV^n = const$ с различными показателями политропы n . Вычислить соответствующие им теплоемкости.
13. На плоскости с координатными осями V и P через некоторую точку A проведены изотерма T и адиабата S идеального газа. Показать, что политропные процессы DAD' и EAE' происходят при отрицательной и положительной теплоемкости соответственно.
14. Моль неидеального газа находится в неограниченном сверху цилиндре, помещенном в однородное поле силы тяжести. Вычислить теплоемкость газа.
15. Определить теплоемкости идеального газа в следующих процессах: а) $PV^2 = const$, б) $P^2V = const$, в) $P/V = const$.
16. Работу двигателей внутреннего сгорания можно моделировать циклом, состоящим из адиабаты, изобары и изохоры. Определить теоретически КПД такого двигателя, если известно, что отношение максимального и минимального объемов газа (степень сжатия) - n .
17. Найти КПД двигателя внутреннего сгорания, работающего по циклу Дизеля. На участке 1-2 – адиабатное сжатие атмосферного воздуха, 2-3 изобарное расширение (впрыскивание горючей смеси и ее сгорание), 3-4 адиабатное расширение, 4-1 – изохорное охлаждение. Параметрами цикла является степень сжатия $\epsilon = V_1/V_2$ и степень предварительного расширения $\rho = V_1/V_2$.
18. Вычислить энтропию газа Ван – дер – Вальса и найти уравнение его адиабаты.
19. Показать, что энтропия увеличивается, когда, например, горячая вода отдает теплоту такой же массе холодной воды, и температуры их выравниваются.
20. Идеальный газ с показателем адиабаты γ совершает цикл, состоящий из: изохоры, адиабаты и изотермы, причем изотермический процесс происходит при максимальной температуре цикла. Найти КПД каждого цикла, если температура в его пределах изменяется в n раз.
21. Железо массой 200 г при температуре 100 °С опущено в калориметр, в котором находится 300 г воды при температуре 12°С. Пренебрегая теплоемкостью калориметра, найти изменение энтропии системы при выравнивании температур. Удельная теплоемкость железа 500 Дж/кг·К.
22. Некоторое количество воды нагревают от 10 до 100 °С и дают ей полностью выкипеть. Какой должна быть масса воды, чтобы ее энтропия в данном процессе изменилась на 3,61 кДж/К (парообразованием при $t < 100^\circ\text{C}$ пренебречь).
23. Методом циклов установить зависимость давления насыщенного пара от температуры.
24. Найти термодинамические потенциалы F, Φ, H для моля одноатомного идеального газа.
25. Определить термодинамические потенциалы при независимых переменных (P, H) и (T, F) .
26. Показать, что для веществ, у которых объем линейно зависит от температуры T , теплоемкость C_p не зависит от давления.
27. Найти уравнение адиабаты и уравнение состояния идеального газа, зная его энтальпию: $H = C_p \cdot P^{(\gamma-1)/\gamma} \cdot \exp((s-s_0)/C_p)$.
28. Методом циклов найти зависимость ЭДС гальванического элемента от температуры.
29. Показать, что для веществ, у которых давление является линейной функцией температуры T , теплоемкость C_V не зависит от объема.
30. Энергия Гиббса некоторой системы равна: $\Phi = aT(1 - \ln T) + RT \ln P - TS_0$, где a, R и S_0 - const. Найти термическое и калорическое уравнения состояния этой системы.
31. Найти условие равновесия в системе, состоящей из жидкости (1) и пара (2) при $T = const$, $V = const$.

32. Показать, что в системе с $S = const$ и $P = const$ равновесие наступает при минимуме эн- тальпии H , а в системе с $S = const$ и $V = const$ - при минимальной внутренней энергии.
33. Определить условия равновесия двух фаз разных веществ, т.е. двухфазной двухкомпо- нентной системы, когда каждый компонент входит в состав только одной фазы.
34. Определить условия равновесия системы во внешнем силовом поле.
35. Для области температур, в которых удельный объем жидкости можно пренебречь по сравнению с удельным объемом пара, найти зависимость давления насыщенного пара от температуры. Удельную теплоту парообразования считать не зависящей от T .
36. Идеальный газ находится в адиабатно изолированном цилиндре с поршнем под постоян- ным давлением. Непосредственно вычислив вариации энтропии δS и $\delta^2 S$, показать, что при равновесии энтропия является максимальной.
37. Показать, что если в некотором состоянии $(\partial T / \partial S)_p = 0$, то для устойчивости такого со- стояния должна одновременно обращаться в нуль также и вторая производная, а $(\partial^3 T / \partial^3 S) > 0$.
38. Найти давление насыщенного пара, учитывая зависимость удельную теплоту перехода λ от температуры.
39. Найти выражение для скачка коэффициента теплового расширения $\Delta\alpha = \alpha_n - \alpha_s$ и скачка $\Delta K = K_n - K_s$ модуля упругости при сверхпроводящем переходе.
40. Установить связь между удельными теплотами плавления λ_{23} (теплота перехода твердо- го тела 3 в жидкость 2), испарения жидкости λ_{12} и сублимации λ_{13} .
41. Под каким давлением вода будет кипеть при 95°C ? Удельная теплота испарения воды равна 2258,4 Дж/г.
42. Найти температурную зависимость теплоты фазового перехода $d\lambda / dT$.
43. Определить коэффициент Джоуля-Томсона в критической точке.

Раздел «Статистическая физика» (5 семестр)

№ темы	Тема занятия	Задания для выполнения в аудитории	Задания для са- мостоятельного решения (РГР)	Число акад. часов
1	Введение в статисти- ческую физику	Задача вычислений средних значе- ний физических величин. Фазовое про- странство, плотности вероятности в классической статистической физике, вероятности состояния, матрицы плот- ности в квантовой статистической фи- зике. Эргодическая гипотеза. Микрока- нонический ансамбль и микрокано- ническое распределение в квантовом и классическом случаях.	РГР №1	2
2	Каноническое рас- пределение (распре- деление Гиббса)	Канонические распределения (рас- пределение Гиббса). Первое и третье начала термодинамики с точки зрения статистической физики. Практическое применение в стати- стической физике значения выражения свободной энергии Гельмгольца.	РГР №2	2

№ темы	Тема занятия	Задания для выполнения в аудитории	Задания для самостоятельного решения (РГР)	Число акад. часов
3	Идеальный газ	Идеальный газ. Вычисление его макроскопических характеристик.	РГР №3	2
4	Методы статистической физики при расчете термодинамических функций идеального газа.	<p>Применение распределения Максвелла для расчета средне – квадратичных скоростей молекул идеального газа.</p> <p>Идеальный газ с учетом квантовых эффектов. Двухатомный, многоатомный газы.</p> <p>Расчет колебательной статистической суммы молекул в гармоническом приближении. Задача расчета вращательной статистической суммы и выражения для вращательной статистической суммы двухатомных молекул.</p> <p>Задача расчета электронной статистической суммы и возможность выражения при не очень высоких температурах электронной статистической суммы основного состояния.</p>	РГР №4	2
5	Неидеальный газ	<p>Неидеальные газы. Вывод уравнения Ван-дер-Ваальса. Формула Леннарда-Джонса.</p> <p>Расчет конфигурационного интеграла в первом приближении метода Майера, групповые интегралы.</p> <p>Примеры применения распределения Больцмана: статистическая совокупность линейных гармонических осцилляторов, электрическое поле около примесного иона в полупроводнике.</p> <p>Коллоквиум</p>	РГР №5	2
6	Распределения Ферми и Бозе	<p>Ферми-газ элементарных частиц. Металлы и полупроводники. Вырожденный электронный газ.</p> <p>Бозе-газ элементарных частиц. Черное излучение.</p>	РГР №6	2
7	Конденсированные тела	<p>Статистика твердого состояния. Теория теплоемкости Дебая.</p> <p>Контрольная работа 2</p>		2
8	Сверхпроводимость	<p>Энергетический спектр. Сверхтекучий ферми-газ. Термодинамические величины. Письменный опрос</p>		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. Письменный опрос		2
10	Итого за 5 семестр			18

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

7.1 Раздел «Термодинамика»

- Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям:
Темы – в соответствии с таблицей практических занятий.
Содержание – в соответствии с программой и контрольными вопросами.
- Выполнение заданий для самостоятельного решения (РГР) – в соответствии с таблицей.
Срок сдачи – не позже 2-х недель после завершения изучения темы.
- 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.
- 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.
- Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение:
 - Тема: «Фазовые переходы 1 рода» - Применение уравнения Клапейрона-Клаузиуса к описанию фазового перехода «жидкость-пар». Уравнение кривой испарения.
 - Тема: «Фазовые переходы 2 рода» - Термодинамика сверхпроводящего перехода.
 - Тема: «Термодинамика диэлектриков и магнетиков» - Пьезоэффект. Магнитное (магнитокалорический эффект) и ядерное охлаждения.
 - Тема: «Термодинамика излучения» - Термическое и калорическое уравнение состояния и энтропия равновесного излучения. Термодинамические потенциалы и условие устойчивости равновесного излучения.
 - Тема: «Термодинамика плазмы» - Внутренняя энергия плазмы. Термическое уравнение состояния плазмы.
 - Тема: «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.

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в акад. часах
1	Основные понятия и базовые принципы термодинамики	Изучение теоретического материала, выполнение домашних заданий, <i>подготовка к тесту</i>	4
2	Первое начало термодинамики	Изучение теоретического материала,	6

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в акад. часах
		подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий	
3	Термодинамическая теория теплоемкости	Изучение теоретического материала, выполнение домашних заданий, <i>подготовка к тесту</i>	6
4	Второе начало термодинамики. Энтропия.	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий; <i>Подготовка к контрольной работе 1</i>	6
5	Методы термодинамики	Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям	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, выполнение домашних заданий, самостоятельное изучение некоторых вопросов; <i>Подготовка к контрольной работе 2</i>	6
8	Термодинамика различных физических систем	Изучение теоретического материала, самостоятельное изучение некоторых вопросов, <i>подготовка к письм. Опросу</i>	6
9	Термодинамика необратимых процессов	Изучение теоретического материала, самостоятельное изучение некоторых вопросов, <i>подготовка к письм. опросу</i>	4
10	Подготовка к зачету	Подготовка по контрольным вопросам	4
11	Итого по дисциплине		54

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 двухмерные 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	Трудоемкость в акад. часах
1	Введение в статистическую физику	Подготовка к практическим занятиям Выполнение РГР №1 (2 задачи)	6
2	Каноническое распределение (распределение Гиббса)	Подготовка к практическим занятиям <i>Подготовка к тесту</i> Выполнение РГР №2 (2 задачи)	6
3	Идеальный газ	Подготовка к практическим занятиям <i>Подготовка к коллоквиуму</i> Выполнение РГР №3 (2 задачи)	6
4	Методы статистической физики при расчете термодинамических функций идеального газа.	Подготовка к практическим занятиям <i>Подготовка к контр. работе №1,</i> <i>подготовка к коллоквиуму</i> Самостоятельное изучение теоретических вопросов Выполнение РГР №4 (2 задачи)	8
5	Неидеальный газ	Подготовка к практическим занятиям, <i>Подготовка к коллоквиуму</i> Выполнение РГР №5 (2 задачи) <i>Подготовка к контр. работе №2</i>	6
6	Распределения Ферми и Бозе	<i>Подготовка к контр. работе №2</i> Подготовка к практическим занятиям Самостоятельное изучение теоретических вопросов Выполнение РГР №6 (2 задачи)	6
7	Конденсированные тела	Подготовка к практическим занятиям Самостоятельное изучение теоретиче-	8

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в акад. часах
		ских вопросов <i>Подготовка к контр. работе №2</i>	
8	Сверхпроводимость	Самостоятельное изучение теоретических вопросов; <i>подготовка к письменному опросу</i>	4
9	Флуктуации	Самостоятельное изучение теоретических вопросов; <i>подготовка к письменному опросу</i>	4
10	Итого в семестре		54
11	Подготовка к экзамену		36

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

1. Термодинамика и статистическая физика [Электронный ресурс]: сб. учебно-метод. материалов для направления подготовки 03.03.02/ АмГУ, ИФФ: сост. О.В.Козачкова. – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-т, 2017. — 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 используются 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.

Вид инноваций	Перечень инноваций
1. Методы, применяемые в обучении	Неимитационные методы обучения: <i>проблемная лекция, лекция-консультация</i> . Неигровые имитационные методы обучения: <i>контекстное обучение, метод решения творческих задач</i> (применяется в ходе практических занятий); <i>кейс-метод</i> (используется в ходе лабораторных занятий). Игровые имитационные методы: <i>мозговой штурм</i> (применяется на практических занятиях и на этапе защиты лабораторных работ)
2. Технологии обучения	Компетентностно-ориентированное обучение
3. Информационные технологии	Лекции проводятся с использованием интерактивной доски и мультимедийного оборудования.
4. Информационные системы	Электронный ресурс библиотеки АмГУ: http://www.biblio@amursu.ru/ .
5. Инновационные методы контроля	Компьютерное интернет-тестирование. Бально-рейтинговая система оценки деятельности студентов.

Объем занятий, проводимых в интерактивной форме, составляет 38 академических часов (в соответствии с требованиями ФГОС), в том числе:

Раздел «Термодинамика» (3 семестр)

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

Раздел «Статистическая физика» (5 семестр)

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

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ 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».

9.1 Примерные зачетные вопросы

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.

9.2 Примерные экзаменационные вопросы

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 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 одномерного 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. Лисейкина Т.А. Курс физики. Раздел шестой. Статистическая физика и термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.А. Лисейкина, Т.Ю. Пинегина, А.Г. Черевко. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2013. — 122 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45476.html>

2. Козырев А.В. Термодинамика и молекулярная физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Козырев. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012. — 114 с. — 978-5-4332-0029-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13871.html>

б) дополнительная литература:

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

2. Леонтович, М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. А. Леонтович. - СПб. : Лань, 2008. - 420 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=226

3. Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика [Текст] : в 3 т.: Учеб. пособие: Рек. УМО вузов / И. А. Квасников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Едиториал

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Перечень программного обеспечения (обеспеченного лицензией)	Реквизиты подтверждающих документов
1	Операционная система MS Windows 7 Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	Электронный ресурс библиотеки АмГУ: http://www.amursu.ru/	Содержит электронный каталог, электронную библиотеку, ссылки на разнообразные образовательные ресурсы в российском интернете.
2	Единое окно доступа к образовательным ресурсам window.edu.ru/window/library	Раздел сайта «математика и естественнонаучное образование» содержит большой перечень учебников и учебно-методических пособий по всем разделам курса молекулярной физики и термодинамики.
3	Электронная библиотечная система «Iprbooks» 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
4	http://www.e.lanbook.com	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия

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 переменной 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 пометить 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 (типовые 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 вторая 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 искомых 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 искомых 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

13. БАЛЛЬНО - РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Раздел «Термодинамика» (3 семестр)

Соотношение видов рейтинга

№	Виды рейтинга	Весовой коэффициент (баллы)
1	Текущий	60
2	Итоговый	40
	Итого за семестр	100

Для **итогового контроля** (зачет) устанавливается следующее распределение баллов: «удовлетворительно» – 20 баллов, «хорошо» – 30 баллов, «отлично» – 40 баллов. По результатам текущего и итогового контроля студенту выставляется оценка: «зачтено» – 60-100 баллов (из которых результаты итогового контроля составляют не менее 20 баллов), «не зачтено» – менее 60 баллов.

Соотношение видов учебной деятельности студента в рамках текущего рейтинга

№	Вид учебной деятельности	Весовой коэффициент (баллы)
1	Лекции (36 акад. час)	10
2	Практические занятия (18 акад. час)	50
	Итого	60

Начисление баллов в каждом из видов учебной деятельности

1. Лекции. Баллы начисляются за посещение лекций из расчета 0,5 балла за каждую лекцию, 2 балла зачисляется в конце семестра за наличие качественного конспекта лекций ($0,5 \times 16 + 2 = 10$). За лекции, пропущенные по уважительной причине (при наличии справки), баллы начисляются по предоставлению конспекта пропущенной лекции.

2. Практические занятия. Баллы начисляются за посещение и работу на занятиях (0,5 за 1 зан.: $0,5 \times 16 = 8$ баллов; 2 занятия отводятся на проведение контр. раб.) и письменные проверочные работы (тесты) из расчета: «удовлетворительно» - 1 балл, «хорошо» - 2 балла, «отлично» - 3 балла.

За контрольную работу выставляются оценки от 0 до 5 баллов («неуд» - 0 баллов, «уд» - 1 балл, «хор» - 3 балла, «отл» - 5 баллов).

За выполнение индивидуального задания (домашнего задания) баллы начисляются из расчета 0,5 баллов за задачу (всего за семестр 34 задачи).

План мероприятий по дисциплине (практические занятия)

№ занятия	Раздел дисциплины	Вид контроля	Максимальное кол-во баллов
1	Основные понятия и базовые принципы термодинамики	Письменный опрос (тест)	3
2	Первое начало термодинамики	Контроль РГР №1	3
3	Термодинамическая теория теплоемкости	Контроль РГР №2	3
4	Второе начало термодинамики. Энтропия.	Контроль РГР №3	3
5	Разделы 1-4	Контрольная работа №1	5
6	Методы термодинамики	Контроль РГР №4	3
7	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	Контроль РГР №5	3
8	Фазовые переходы	Контроль РГР №6	3
9	Разделы 5-7	Контрольная работа №2	5
10	Термодинамика различных физических систем	Оценка участия в семинаре	4
11	Термодинамика необратимых процессов	Письменный опрос (тест)	3
12	Посещение и работа на занятиях	Ведение конспекта	8
13	Самостоятельное изучение материала	Ведение конспекта	4
Итого			50

Система премиальных и штрафных баллов

Премиальные баллы могут быть начислены:

- за активную работу на практическом занятии (0,5 или 1 балл на усмотрение преподавателя);
- за выполнение рефератов, творческих заданий, и других работ не являющихся обязательными (не более 2 баллов за работу);
- за участие в олимпиадах различного уровня (в зависимости от уровня олимпиады и результата, но не более 5 баллов).

Штрафные баллы начисляются:

- за пропуск занятий (лекционных и практических) без уважительной причины снимается 0,5 балла за одно занятие;
- за неподготовленность к занятию снимается от 0,5 до 2 баллов за отсутствие конспекта самостоятельно изучаемых тем, домашней работы и т.п.
- за сдачу задания после установленного срока снимается 2 балла за первую неделю просрочки и по 0,5 балла за каждую последующую неделю;
- за замечания по поведению на всех видах занятий снимается от 0,5 до 2 баллов на усмотрение преподавателя.

Раздел «Статистическая физика» (5 семестр)

Соотношение видов рейтинга

№	Виды рейтинга	Весовой коэффициент (баллы)
1	Текущий	60
2	Итоговый (экзамен)	40
Итого за семестр		100

Соотношение видов учебной деятельности студента в рамках текущего рейтинга

№	Вид учебной деятельности	Весовой коэффициент (баллы)
1	Лекции (18 акад. час)	18
2	Практические занятия (36 акад. час)	42
Итого		60

Начисление баллов в каждом из видов учебной деятельности

1. Лекции. Баллы начисляются за ведение конспектов лекций из расчета 1 балл за каждую лекцию. За лекции, пропущенные по уважительной причине (при наличии справки), баллы начисляются по предоставлению конспекта пропущенной лекции. Контроль производится два раза в семестр (на коллоквиуме и экзамене).

2. Практические занятия. Баллы начисляются за *письменные работы* (тесты, письменные опросы) из расчета: «удовлетворительно» - 1,5 балла, «хорошо» - 2,25 балла, «отлично» - 3 балла. За *контрольную работу* (решение задач) и *коллоквиум*: «удовлетворительно» - 2 балла, «хорошо» - 3 балла, «отлично» - 4 балла.

За работу по самостоятельному изучению отдельных тем (**Сит**) баллы выставляются из расчета 1 балла за конспект по каждой теме (всего 6 баллов). За индивидуальное задание (**РГР**) баллы выставляются из расчета 2 балла за решенную задачу (всего 6 баллов). За устный ответ по самостоятельно изучаемой теме оценка может быть повышена (но не более 3 баллов) по усмотрению преподавателя. Контроль проводится на практических занятиях, во время коллоквиума и зачета.

План мероприятий по дисциплине (практические занятия)

№ занятия	Раздел дисциплины	Вид контроля	Максимальное кол-во баллов
1	1. Введение в статистическую физику	Письменный опрос	2
2	2. Каноническое распределение (распределение Гиббса)	Контроль РГР	3
		Контроль Сит	2
3	3. Идеальный газ	Контроль РГР	3
		Контроль Сит	2
4	4. Методы статистической физики при расчете термодинамических функций идеального газа	Письменный опрос	2
		Контроль Сит	2
5	Разделы 1-4	Контрольная работа №1	4
6	5. Неидеальный газ	Контроль РГР	2
		Контроль Сит	2
7	6. Распределения Ферми и Бозе	Контроль Сит	2
		Контроль РГР	2
8	Разделы 1-4	<i>Коллоквиум</i>	4

№ занятия	Раздел дисциплины	Вид контроля	Максимальное кол-во баллов
9	Разделы 5-6	Контрольная работа №2 Контроль РГР	4 2
10	7. Конденсированные тела	Письменный опрос	2
11	8. Сверхпроводимость	Контроль Сит	1
12	9. Флуктуации	Контроль Сит	1
Итого			42

Система премиальных и штрафных баллов

Премиальные баллы могут быть начислены:

- за активную работу на практическом занятии (от 1 до 3 баллов на усмотрение преподавателя);
- за выполнение рефератов, творческих заданий, и других работ, не являющихся обязательными (не более 3 баллов за работу);
- за участие в олимпиадах различного уровня (в зависимости от уровня олимпиады и результата, но не более 5 баллов).

Штрафы начисляются:

- за пропуск занятий без уважительной причины снимается 1 балл за одно занятие;
- за неподготовленность к занятию: отсутствие конспекта самостоятельно изучаемых тем, домашнего задания (задач) и т.п. снимается от 1 до 3 баллов (на усмотрение преподавателя в зависимости от объема невыполненной работы).

Минимальное количество баллов текущего контроля, при котором студент допускается к сдаче экзамена, составляет **40 баллов**.

Студент, набравший к моменту окончания семестра менее 40 баллов по текущему контролю, считается не выполнившим график учебного процесса, аттестуется по дисциплине неудовлетворительно и к экзамену не допускается.

Студент, пропустивший занятия при наличии уважительной причины, имеет право повысить свой рейтинговый балл. Устранение задолженности, образовавшейся по уважительной причине, по отдельным контролируемым темам дисциплины в рамках текущего контроля может проводиться в форме дополнительного контрольного опроса по материалу тем дисциплины, по которым студент имеет право повысить балл. Устранение задолженности может проходить в течение семестра в часы занятий или консультаций преподавателя, установленных в расписании.

Студентам, которые не смогли набрать минимальный текущий рейтинг в установленные сроки по уважительным причинам (документально подтвержденным), деканат устанавливает индивидуальные сроки ликвидации задолженности согласно нормативным документам университета.

По усмотрению преподавателя и при наличии у него необходимого времени на занятиях и консультациях, не более одного раза в семестр, может приниматься ликвидация задолженностей, образовавшихся у студентов по неуважительной причине.

Начисление баллов в итоговом рейтинге

Ответ на экзамене оценивается в баллах из расчета:

- 1) за ответ на теоретический вопрос на оценку «удовлетворительно» – 5 баллов, на оценку «хорошо» – 7,5 баллов, на оценку «отлично» – 10 баллов;
- 2) за решение задачи на оценку «удовлетворительно» – 10 баллов, на оценку «хорошо» – 15 баллов, на оценку «отлично» – 20 баллов.

Экзаменационный билет содержит 2 теоретических вопроса и задачу. Максимальный балл за ответ по билету 40 баллов.

Оценка в зачетную книжку выставляется по сумме баллов текущего рейтинга и экзамена, границы оценки задаются следующим образом:

- менее 51 балла - «неудовлетворительно»;
- от 51 до 74 баллов - «удовлетворительно»;
- от 75 до 90 баллов - «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов - «отлично».

Студент, получивший по результатам текущего контроля и экзамена рейтинговую оценку по дисциплине менее 51 балла, аттестуется неудовлетворительно и ему предоставляется возможность ликвидировать задолженность по дисциплине в установленном порядке (согласно положению о курсовых экзаменах и зачетах).