

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики

« 18 »



Могильная Е.П.
2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕРМОДИНАМИКА. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА.
ФИЗИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА»**

По направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль подготовки «Физика»

Луганск 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» по направлению подготовки 03.03.02 Физика. – 27 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» составлена с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 года №891.

СОСТАВИТЕЛЬ:

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физики Лыштва Е.Ю.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физики
«18» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики  Корсунов К.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Директор института технологий и инженерной механики  Могильная Е.П.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики
«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии
института технологий и инженерной механики  Ясуник С.Н.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» – дать студентам глубокие и прочные знания фундаментальных термодинамических и статистических закономерностей макроскопических систем.

Задачи изучения дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика»:

научить студентов применять полученные знания на практике, используя соответствующие методы термодинамики, статистической физики и физической кинетики;

проводить необходимые расчеты физических характеристик макросистем и физически интерпретировать результаты этих расчетов;

давать верную методологическую и философскую оценку физическим закономерностям, наблюдаемым в макросистемах.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» относится к модулю профессиональных дисциплин обязательной части.

Содержание дисциплины является логическим продолжением таких дисциплин: «Молекулярная физика», «Теоретическая механика. Механика сплошных сред», «Электродинамика», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей и математическая статистика» и служит основой для освоения дисциплин: «Физика конденсированного состояния», «Физика фазовых переходов».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Знать: основы термодинамического подхода при решении научно-исследовательских и практических задач; методологические основы описания макроскопических систем, процессов, с учетом их взаимосвязи и взаимодействия, как с феноменологической, так и с теоретической точек зрения. Уметь: применять знания в области термодинамики, статистической физики для анализа физических явлений и процессов в сложных системах. Владеть: навыками использования специализированных методов решения задач термодинамики, статистической физики и физической кинетики.

ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2.1. Умеет обрабатывать и представлять экспериментальные данные ОПК-2.2. Владеет методами физических исследований ОПК-2.3 Применяет методы исследования физических объектов, систем и процессов для решения задач профессиональной деятельности.	Знать: основные понятия, определения, законы равновесной термодинамики, статистической физики и физической кинетики. Уметь: критически анализировать физическую информацию, полученную при исследовании термодинамических систем; проводить анализ и классификацию термодинамических систем; формулировать цели исследования и принципы функционирования равновесных термодинамических систем и неравновесных систем в процессе их перехода к равновесному состоянию; выполнять оценку характеристических функций и основных параметров при исследовании термодинамических систем; Владеть: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области термодинамики, статистической физики и физической кинетики.
---	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)			Заочная форма
	Очная форма			
	7 сем.	8 сем.	всего	-
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5 з.е.)	144 (4 з.е.)	324 (9 з.е.)	-
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	60	56	116	
Лекции	42	28	70	
Семинарские занятия	-	-	-	
Практические занятия	28	28	56	
Лабораторные работы	-	-	-	
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-	-	
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.)	-	-	-	-
Самостоятельная работа студента / форма контактной работы	74 / 36	52 / 36	126 / 72	-
Форма аттестации	экзамен	экзамен		

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 7

Тема 1. Основные понятия и законы термодинамики

Основные понятия и исходные положения термодинамики. Термодинамическая система и термодинамические параметры. Состояние термодинамического равновесия. Квазистатические и нестатические процессы. Внутренняя энергия, количество теплоты и работа.

Уравнения состояния. Первое начало термодинамики. Термические и калорические свойства. Второе начало для квазистатических процессов. Энтропия и абсолютная температура. Основное уравнение термодинамики для квазистатических процессов и его следствия.

Первое начало термодинамики. Термические и калорические свойства. Второе начало для квазистатических процессов. Энтропия и абсолютная температура. Основное уравнение термодинамики для квазистатических процессов и его следствия.

Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Закон возрастания энтропии. Неравенство Клаузиуса. Теоремы Карно.

Третье начало термодинамики и его следствия. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Теплоемкость вблизи абсолютного нуля.

Тема 2. Методы и приложения термодинамики

Метод циклов. Метод термодинамических потенциалов. Системы с фиксированным и нефиксированным числом частиц и их термодинамические потенциалы.

Термодинамика газов. Эффект Джоуля-Томсона. Термодинамика магнетиков и диэлектриков. Магнитный метод охлаждения.

Термодинамика излучения. Термодинамика плазмы. Свободная энергия плазмы. Дебаевский радиус экранировки.

Тема 3. Условия равновесия и устойчивости и термодинамическая теория фазовых переходов

Основные условия термодинамического равновесия и устойчивости равновесного состояния. Условия устойчивости однородной системы. Условия равновесия системы во внешнем поле.

Фазы и компоненты. Условия равновесия гетерогенной системы. Диаграммы фазового равновесия. Критическая точка. Правило фаз.

Фазовые переходы первого и второго родов. Критические и закритические явления. Термодинамическая теория критических индексов.

Тема 4. Основные представления статистической физики

Микроскопическое и макроскопическое описание системы. Проблема многих тел в статистической механике.

Фазовое пространство и уравнение Лиувилля. Квантовое описание состояния системы.

Тема 5. Основные методы статистической теории равновесных систем.

Микроканоническое распределение. Статистический вес и энтропия. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма и свободная энергия. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма и большой термодинамический потенциал.

Аддитивные свойства термодинамических величин и статистический предельный переход. Квазиклассический переход к статистическому интегралу. Условие невырожденности системы. Метод Боголюбова.

Тема 6. Статистическая теория идеальных равновесных систем.

Идеальный классический одноатомный газ. Распределение Максвелла-Больцмана. Классическая теория теплоемкости многоатомного газа, теплоемкости твердого тела и излучения.

Идеальные одноатомные квантовые газы. Учет тождественности частиц. Представление чисел заполнения. Статистика Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Ферми-газ при низких температурах. Электронный газ в металлах. Бозе-газ при низких температурах. Бозе-эйнштейновская конденсация.

Квантовая теория теплоемкости многоатомного идеального газа. Магнитные и электрические свойства идеальных систем. Системы квантовых осцилляторов. Равновесное излучение и формула Планка. Теория Эйнштейна и Дебая теплоемкости твердого тела. Системы с ограниченным энергетическим спектром и абсолютные отрицательные температуры.

Тема 7. Теория классических равновесных неидеальных систем.

Общие свойства статистического интеграла. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале. Закон соответственных состояний. Уравнение Ван-дер-Ваальса и уравнение Клаузиуса. Неидеальный классический одноатомный газ. Групповое разложение в теории газов. Вириальное разложение.

Корреляционные функции и цепочка уравнений для них. Парная корреляционная функция, термодинамические потенциалы и уравнения состояния системы. Статистическая теория плазмы.

Семестр 8

Тема 8. Теория флуктуаций.

Квазиротодинамическая теория флуктуаций. Флуктуации основных термодинамических величин в однородной системе. Статистическая теория флуктуаций. Вычисление флуктуаций методом функций распределения. Флуктуационные явления.

Тема 9. Броуновское движение и вопросы теории случайных процессов.

Физические характеристики броуновского движения. Уравнение Ланжевена. Формула Эйнштейна для среднего квадрата скорости броуновской частицы. Высшие моменты скорости и формула Эйнштейна для среднего квадрата смещения свободной броуновской частицы. Броуновское движение осциллятора.

Случайные величины и процессы. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера-Планка. Эргодичность. Спектральные представления. Флуктуационно-диссипативная теорема.

Тема 10. Термодинамическая теория необратимых процессов.

Основы термодинамической теории неравновесных процессов. Локальное равновесие и основное уравнение термодинамики неравновесных процессов. Уравнения баланса и законы сохранения различных величин.

Термодинамика линейных необратимых процессов. Соотношения взаимности Онзагера. Вариационные принципы термодинамики необратимых процессов. Термомеханические и термоэлектрические явления.

Тема 11. Неравновесные процессы и методы физической кинетики

Кинетические уравнения в статистической механике и их общая структура. Уравнения Боголюбова для классических функций распределения. Вопросы микроскопической обратимости и макроскопической необратимости процессов.

Кинетическое уравнение с релаксационным членом и простейшие его применения. Кинетическое уравнение в приближении самосогласованного поля. Линеаризованное уравнение Власова. Колебания электронной плазмы.

Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема. Локальное распределение Максвелла и уравнения гидродинамики. Коэффициенты переноса.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
Семестр 7			
1	Основные понятия и положения термодинамики	3	-
2	Первое начало термодинамики	3	-
3	Второе начало термодинамики	3	-
4	Второе начало термодинамики для неравновесных процессов	3	-
5	Третье начало термодинамики	3	-
6	Методы термодинамики	3	-
7	Условия равновесия и устойчивости и термодинамических систем	4	-
8	Термодинамика различных физических систем	4	-
9	Термодинамика излучения	4	-
10	Фазовые переходы первого рода	4	-
11	Фазовые превращения второго рода. Уравнения Эренфеста	4	-
12	Критические и закритические явления	4	-
Итого:		42	-
Семестр 8			
13	Основные представления статистической физики	2	-
14	Микроканонический ансамбль и микроканоническое распределение	2	-
15	Некоторые модельные системы статистической физики	1	-
16	Энтропия. Температура и химический потенциал	2	-
17	Основные распределения статистической механики равновесных систем	1	-
18	Квантовые функции распределения	1	-
19	Статистическая термодинамика	2	-
20	Идеальные газы	1	-
21	Химический потенциал идеального газа	2	-
22	Вырожденные газы	2	-
23	Классические неидеальные системы	2	-
24	Реальный газ. Равновесная разреженная плазма	2	-
25	Теория флуктуаций	2	-
26	Элементы термодинамики необратимых процессов	2	-
27	Элементы физической кинетики	2	-
28	Броуновское движение	2	-
Итого:		28	-
Итого за курс:		70	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
	<i>семестр 7</i>		
1	Основные понятия и положения термодинамики	2	
2	Первое начало термодинамики	2	
3	Второе начало термодинамики	2	

4	Второе начало термодинамики для неравновесных процессов	2	
5	Третье начало термодинамики	2	
6	Методы термодинамики	4	
7	Условия равновесия и устойчивости и термодинамических систем	2	
8	Термодинамика различных физических систем	2	
9	Термодинамика излучения	2	
10	Фазовые переходы первого рода	4	
11	Фазовые превращения второго рода. Уравнения Эренфеста	4	
Итого:		28	
<i>семестр 8</i>			
1	Фазовое пространство. Теорема Лиувилля	2	
2	Статистические ансамбли	2	
3	Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Теорема о вириале	2	
4	Распределения Максвелла, Максвелла-Больцмана и Больцмана	2	
5	Статистическая теория классических идеальных систем	2	
6	Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака	2	
7	Статистическая термодинамика квантовых идеальных систем	2	
8	Вычисление флуктуаций и корреляций флуктуаций физических величин методом Гиббса	2	
9	Вычисление флуктуаций физических величин по квазиротермодинамической теории	2	
10	Флуктуационные явления	2	
11	Линейная термодинамика Онзагера	2	
12	Броуновское движение. Теория случайных процессов	2	
13	Вращательное броуновское движение	2	
14	Кинетические уравнения. Газокинетическое уравнение Больцмана	2	
Итого:		28	
Итого за курс:		56	

4.5. Лабораторные работы по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» не предполагаются учебным планом.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
Семестр 7				
1	Основные понятия и положения термодинамики	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	
2	Первое начало термодинамики	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	
3	Второе начало термодинамики	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	
4	Второе начало термодинамики для неравновесных процессов	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	
5	Третье начало термодинамики	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	
6	Методы термодинамики	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего	6	

		задания		
7	Условия равновесия и устойчивости и термодинамических систем	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	6	
8	Термодинамика различных физических систем	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	
9	Термодинамика излучения	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	
10	Фазовые переходы первого рода	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	
11	Фазовые превращения второго рода. Уравнения Эренфеста	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	8	
Итого:			74	
<i>Семестр 8</i>				
1	Фазовое пространство. Теорема Лиувилля	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
2	Статистические ансамбли	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
3	Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Теорема о вириале	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
4	Распределения Максвелла, Максвелла-Больцмана и Больцмана	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
5	Статистическая теория классических идеальных систем	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
6	Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
7	Статистическая термодинамика квантовых идеальных систем	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
8	Вычисление флуктуаций и корреляций флуктуаций физических величин методом Гиббса	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
9	Вычисление флуктуаций физических величин по квазитермодинамической теории	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
10	Флуктуационные явления	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
11	Линейная термодинамика Онзагера	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
12	Броуновское движение. Теория случайных процессов	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	

13	Кинетические уравнения. Газокинетическое уравнение Больцмана	Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания	4	
Итого :			52	
Итого за курс:			126	

4.7. Курсовые работы по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Базаров И.П. и др. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем / И.П. Базаров, Э.В. Геворкян, П.Н. Николаев. – М.: Изд-во МГУ, 1986 – 312 с.

2. Иродов И. Е. Физика макросистем. Основные законы: учебное пособие / Игорь Евгеньевич Иродов – [4-е изд.] – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 207 с.

3. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. Том 2: Теория равновесных систем: Статистическая физика: учеб. пособие / И. П. Квасников – [2-е изд.] - М.: Едиториал УРСС, 2012. – 432 с.

4. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. Том 3: Теория неравновесных систем: учеб. пособие / И. П. Квасников – [2-е изд.] - М.: Едиториал УРСС, 2012. – 448 с.

5. Сборник задач по общему курсу физики. Т 2: Термодинамика и молекулярная физика / В. Л. Гинзбург, Л. М. Левин, Д. В. Сивухин, И. А. Яковлев; под ред. Д. В. Сивухина. – [5-е изд.] – М.: ФИЗМАТЛИТ: ЛАНЬ, 2006. – 176 с.

6. Задачи по термодинамике и статистической физике: учебное пособие / И.П. Базаров, Э.В. Геворкян, П.Н. Николаев. – М.: Высшая школа. Физ. фак. МГУ, 1997. – 353 с.

б) дополнительная литература:

1. Аминов Л.К. Термодинамика и статистическая физика. Конспект лекций и задачи /Л.К. Аминов. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 180с.

2. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика: учеб. пособие / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин – М.: Наука, 1972. – 400 с.

3. Рейф Ф. Берклеевский курс физики, Т.5: Статистическая физика / Ф. Рейф; пер. с англ. [2-е изд.] – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1977. – 354 с.

в) методические указания:

1. Конспект лекций по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» (в 2-х частях), часть 1 «Термодинамика» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика) / Сост.: Е.Ю. Лыштва, Е.И. Харченко. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2020. – 108 с.

2. Конспект лекций по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» (в 2-х частях), часть 2 «Статистическая физика. Физическая кинетика» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика) / Сост.: Е.Ю. Лыштва, Е.И. Харченко. – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2021. – 105 с.

3. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» (в 2-х частях), часть 1 «Термодинамика» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика) / Сост.: Е.Ю. Лыштва. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2020. – 80 с.

4. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» (в 2-х частях), часть 2 «Статистическая физика. Физическая кинетика» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика) / Сост.: Е.Ю. Лыштва. – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2022. – 63 с.

5. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика) (в 2-х частях), часть 1. «Термодинамика» / Сост.: Е.Ю. Лыштва, Е.И. Харченко – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2020. – 137 с.

6. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика) (в 2-х частях). Часть 2. «Статистическая физика. Физическая кинетика» / Сост.: Е.Ю. Лыштва, Е.И. Харченко – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2021. – 100 с.

7. Методические указания к практическим занятиям и контрольные задания по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» / Сост. Е.Ю. Лыштва. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 14 с.

г) Интернет-ресурсы:

• Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

- Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
- Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
- Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
- Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
- Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
- Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
- Электронный каталог Научно-технической библиотеки ЮРГПУ (НПИ) – <https://libweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/register>
- Научная электронная библиотека eLibrary – <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu

Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика»

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Тема 1. Основные понятия и законы термодинамики	7
				Тема 2. Методы и приложения термодинамики	7
				Тема 3. Термодинамическая теория фазовых переходов.	7
				Тема 4. Основные представления статистической физики.	7
				Тема 5. Основные методы статистической теории равновесных систем.	7
				Тема 6. Статистическая теория идеальных равновесных систем.	7
				Тема 7. Теория классических равновесных неидеальных систем	7
				Тема 8. Теория флуктуаций	8
				Тема 9. Броуновское движение и вопросы теории случайных процессов.	8
				Тема 10. Термодинамическ	8

				ая теория необратимых процессов	
				Тема 11. Неравновесные процессы и методы физической кинетики	8
2	ОПК-2	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальны е данные	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3,	Темы 1-7	7
				Темы 8-11	8

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-1 ОПК-1.1 ОПК-1.2	Знать: основы термодинамического подхода при решении научно-исследовательских и практических задач; методологические основы описания макроскопических систем, процессов, с учетом их взаимосвязи и взаимодействия, как с феноменологической, так и с теоретической точек зрения; Уметь: применять знания в области термодинамики, статистической физики для анализа физических явлений и процессов в сложных системах Владеть: навыками использования специализированных методов решения задач термодинамики, статистической физики и физической кинетики.	Темы 1-11	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы.
2	ОПК-2 ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3	Знать: основные понятия, определения, законы равновесной термодинамики, статистической физики и физической кинетики. Уметь: критически анализировать физическую информацию, полученную при исследовании термодинамических систем; проводить анализ и классификацию термодинамических систем; формулировать цели исследования и принципы функционирования равновесных термодинамических систем и неравновесных систем в процессе их	Темы 1-11	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы

		перехода к равновесному состоянию; выполнять оценку характеристических функций и основных параметров при исследовании термодинамических систем; Владеть: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области термодинамики, статистической физики и физической кинетики.		
--	--	---	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика»

Вопросы к контрольным работам часть 1 «Термодинамика»

1. Основные понятия и положения термодинамики

1. Какие системы называются термодинамическими?
2. Сформулируйте понятие исходные положения термодинамики.
3. Какие параметры называются интенсивными? Экстенсивными?
4. Какие системы называются гомогенными, а какие – гетерогенными?
5. Опишите условия равновесного и неравновесного процессов.
6. Какие существуют способы передачи энергии?
7. Напишите формулу работы системы при изменении внешних параметров. Приведите примеры.
8. Охарактеризуйте термические и калорическое уравнения состояния.
9. Запишите термическое и калорическое уравнения для идеального газа?

2. Первое начало термодинамики

1. Сформулируйте и запишите первое начало термодинамики
2. Каков физический смысл первого начала термодинамики
3. Какие величины относятся к калорическим свойствам?
4. Получите калорическое уравнение состояния для идеального газа.
5. Опишите основные термодинамические процессы.
6. Получите формулы связи между модулями упругости и теплоемкостями системы.

3. Второе начало термодинамики

1. Приведите известные вам формулировки второго начала термодинамики.
2. Дайте определение обратимых и необратимых процессов.
3. Дайте понятие приведенной теплоты и энтропии.
4. Дайте определение, размерность и математическое выражение энтропии для различных процессов.
5. Запишите основное уравнение термодинамики для равновесных процессов.
6. Запишите равенство Клаузиуса и объясните его физический смысл.
7. Сформулируйте теорему Гиббса об энтропии газовой смеси.
8. В чем заключается парадокс Гиббса?

4. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов

1. Сформулируйте второе начало в применении к неравновесным, необратимым процессам.
2. Сформулируйте закон возрастания энтропии и объясните его физический смысл.
3. Как определяется КПД тепловых машин,
4. Вычислите КПД цикла Карно, состоящего из двух изотермических и двух адиабатных процессов.
5. Сформулируйте теоремы Карно.
6. Запишите неравенство Клаузиуса и объясните его физический смысл.

5. Третье начало термодинамики

1. Сформулируйте третье начало термодинамики.
2. Недостижимость абсолютного нуля температуры как следствие третьего начала термодинамики.
3. Покажите, как решается задача вычисления энтропии согласно третьему началу.
4. Объясните поведение теплоемкостей при $T \rightarrow 0\text{ К}$.
5. Объясните поведение термических коэффициентов при $T \rightarrow 0\text{ К}$.
6. В чем заключается вырождение идеального газа при низкой температуре.

6. Методы термодинамики

1. В чем заключается метод циклов при термодинамическом исследовании физических явлений?
2. Какое уравнение является исходным в методе термодинамических потенциалов?
3. В чем заключается метод термодинамических потенциалов?
4. В каких переменных внутренняя энергия является характеристической функцией или термодинамическим потенциалом?
5. Приведите термодинамические потенциалы для системы с двумя степенями свободы.
6. Опишите термодинамические потенциалы системы со многими степенями свободы.
7. Покажите, как описывается в методе термодинамических потенциалов система с переменным числом частиц.

7. Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем

1. Сформулируйте принцип возможных перемещений.
2. Запишите основное уравнение термодинамики для неравновесных процессов.
3. Сформулируйте общее условие равновесия изолированной системы.
4. Опишите поведение системы в термостате при постоянном объеме ($T = \text{const}, V = \text{const}, N = \text{const}$).

5. Опишите поведение системы в термостате под постоянным внешним давлением ($T = \text{const}$, $p = \text{const}$, $N = \text{const}$).

6. Запишите общие условия равновесия и устойчивости системы с переменным числом частиц в термостате при постоянных химических потенциалах и объеме ($T = \text{const}$, $V = \text{const}$, $\mu_i = \text{const}$).

7. Запишите условия устойчивости равновесия однородной системы.

8. Сформулируйте принцип Ле Шателье-Брауна.

8. Термодинамика различных физических систем

1. Опишите способы сжижения газа.

2. В чем заключается эффект Джоуля-Томсона?

3. Какое явление называется дифференциальным эффектом Джоуля-Томсона, а какое – интегральным эффектом?

4. Получите выражение для дифференциального эффекта Джоуля-Томсона.

5. Получите выражение для дифференциального эффекта Джоуля-Томсона в случае газа Ван-дер-Ваальса.

6. Опишите охлаждение газа при обратимом адиабатном расширении.

7. Приведите основное уравнение термодинамики для диэлектрика в электрическом поле.

8. В чем заключается магнитный метод охлаждения?

9. Термодинамика излучения

1. Какое излучение называется тепловым или равновесным?

2. Какая величина называется спектральной энергетической светимостью тела?

3. Сформулируйте закон Кирхгофа.

4. Исходя из законов термодинамики получите выражение для закона Стефана-Больцмана.

5. Получите выражение для адиабаты равновесного излучения.

6. Получите условие устойчивости равновесного излучения.

7. Перечислите следствия из закона Вина.

10. Фазовые переходы первого рода

1. Дайте определение фазы.

2. Что такое фазовый переход?

3. Какой переход называется фазовым переходом первого рода?

4. Сформулируйте условие равновесия двух фаз химически однородного вещества.

5. Что такое фазовая диаграмма?

6. Дайте определение теплоты фазового перехода?

7. Приведите и поясните формулу Клапейрона-Клаузиуса.

8. Получите уравнение для равновесия твердое тело-жидкость.

9. Получите уравнение для равновесия твердое тело-газ.

11. Фазовые превращения второго рода. Уравнения Эренфеста

1. Какие превращения называются фазовыми переходами второго рода? Что такое теплота растворения?
2. Перечислите основные свойства фазовых переходов второго рода. Какие растворы называются насыщенными, ненасыщенными.
3. Какие физические величины претерпевают скачкообразные изменения при фазовых переходах второго рода?
4. Получите формулу дифференциала удельной энтропии, если ее рассматривать как функцию температуры и давления.
5. Получите первое уравнение Эренфеста.
6. Запишите второе уравнение Эренфеста.
7. Из каких условий выводятся третье и четвертое уравнения Эренфеста?
8. Приведите примеры фазовых переходов второго рода. Получите закон Рауля.

12. Критические и закритические состояния

1. Как определяется математически граница устойчивости однородной системы?
2. Запишите условия устойчивости критического состояния.
3. Запишите условия устойчивости фазы по теории Семенченко.
4. Что такое спинодаль и бинодаль?
5. В чем сущность теории критических индексов?
6. Приведите критические индексы и как они описывают поведение различных характеристик систем.
7. Какие существуют соотношения между критическими индексами?

Вопросы к контрольным работам часть 2 «Статистическая физика. Физическая кинетика»:

1. Основные представления статистической физики

1. Сформулируйте общее начало термодинамики.
2. Что такое μ -пространство? Γ -пространство?
3. Сформулируйте теорему Лиувилля.
4. Дайте определение статистического оператора.
5. Дайте определение статистического ансамбля.
6. Как определяется статистическое среднее произвольной динамической величины?

2. Микроканонический ансамбль и микроканоническое распределение

1. Запишите функцию распределения объединенной системы двух подсистем при пренебрежении энергией взаимодействия.
2. Напишите микроканоническое распределение равновесных замкнутых систем
3. Сформулируйте эргодическую гипотезу
4. В чем заключается парадокс возвращаемости?

5. В чем заключается парадокс обратимости?

3. Некоторые модельные системы статистической физики

1. Опишите спиновую систему и ее спектр.

2. Запишите выражение для статистического веса макроскопического состояния, характеризуемого параметрами N, m .

3. Запишите выражение для кратности вырождения уровня системы осцилляторов.

4. Запишите уравнение Шредингера для частицы в ящике.

5. Получите выражения для возможных квантовых чисел и энергий стационарных состояний частицы в ящике для одномерного случая.

6. Получите выражения для возможных квантовых чисел, энергий, стационарных состояний частицы в ящике в трехмерном случае.

4. Энтропия, температура и химический потенциал

1. Запишите условие теплового равновесия двух систем.

2. Дайте определение статистической энтропии

3. Дайте определение статистической температуры.

4. Опишите свойства энтропии.

5. Напишите формулу для числа допустимых состояний системы из двух подсистем (с одинаковыми частицами), находящихся в тепловом и диффузионном контакте

6. Дайте определение химическому потенциалу.

5. Основные распределения статистической механики равновесных систем

1. Запишите выражение для большого канонического распределения.

2. Как определяется большая статистическая сумма?

3. Напишите каноническое распределение Гиббса.

4. Напишите классическое большое каноническое распределение.

5. Запишите различные представления энтропии.

6. Квантовые функции распределения

1. Какие частицы называются фермионами и какие – бозонами? Приведите примеры.

2. Каковы свойства симметрии волновых функций систем бозонов и фермионов?

3. Сформулируйте принцип Паули.

4. Запишите функцию распределения Ферми-Дирака. Какой физический смысл она имеет?

5. Запишите функцию распределения Бозе-Эйнштейна. Какой физический смысл она имеет?

6. Что такое вырожденные и невырожденные системы?

7. Сформулируйте условие невырожденности системы.

8. Какой функцией распределения описываются невырожденные системы?

7. Статистическая термодинамика

1. Какие процессы называются обратимыми? Необратимыми?
2. Написать основное термодинамическое тождество.
3. Дайте определения термодинамических потенциалов (свободной энергии Гельмгольца, Гиббса и энтальпии)
4. Запишите выражение для большого потенциала.
5. Запишите уравнения Гиббса-Гельмгольца.

8. Идеальные газы

1. Почему внутренняя энергия ядер атомов не сказывается на термодинамических характеристиках идеального газа?
2. Запишите решения уравнения Шредингера для орбитали свободных частиц в одномерном случае.
3. Как определяются классический и квантовый режимы для газа?
4. Дайте определение идеального газа.
5. Запишите классическую функцию распределения.
6. Используя классическую функцию распределения, получите выражения для тепловых свойств одноатомного газа – химического потенциала, энтропии, теплоемкости, энергии и других.

9. Химический потенциал идеального газа

1. Получите выражение для зависимости концентрации и давления идеального газа от высоты.
2. Как соотносятся парциальные давления азота и кислорода в атмосфере?
3. Что такое квантовый объем? Как он связан с условием классичности идеального газа?
4. Получите выражение для химического потенциала однородного идеального газа с нулевым спином в силовом поле.
5. . Как меняется концентрация газа частиц со спином в неоднородном электрическом поле?
6. Как определяется химический потенциал идеального газа с внутренними степенями свободы?

10. Вырожденные газы

1. Запишите выражение для плотности одночастичных состояний по энергии.
2. Запишите выражения большой статсуммы и большого потенциала идеального ферми-газа.
3. . Почему при рассмотрении электронного ферми-газа в металлах учитывается лишь небольшая доля всех электронов, содержащихся в веществе?
4. Что такое бозе-конденсация?
5. Чему равен термодинамический потенциал черного излучения?
6. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана.
7. Сформулируйте основные положения модели Дебая колебаний твердого тела.

11. Классические неидеальные системы

1. Что означает приближение парных взаимодействий?
2. Как выглядит конфигурационный интеграл для идеального газа во внешнем силовом поле?
3. Найдите вириальные коэффициенты газа Ван-дер-Ваальса.
4. Приведите определение двухчастичной функции распределения и укажите его смысл.
5. Запишите цепочку уравнений для равновесных функций распределения.

12. Реальный газ. Равновесная разреженная плазма

1. Запишите уравнение состояния (давление) реального газа.
2. Напишите феноменологическое уравнение Ван-дер-Ваальса в виде разложения в ряд по степеням плотности $n = N/V$.
3. Получите уравнение Ван-дер-Ваальса, используя выражения для статистической суммы и свободной энергии.
4. Дайте определение плазмы.
5. Получите выражение для свободной энергии и давления равновесной разреженной плазмы.

13. Теория флуктуаций

1. Каким образом определяются флуктуации?
2. Напишите формулу Эйнштейна для вероятности флуктуации в замкнутой системе и поясните ее.
3. Запишите выражение для гауссова распределения вероятности малых флуктуаций.
4. . Получите формулу для флуктуации плотности, рассматривая флуктуации числа частиц в заданном объеме.
5. В чем заключается явление критической опалесценции?
6. Что такое время корреляции?
7. Напишите спектральное представление корреляционной функции.

14. Элементы термодинамики необратимых процессов

1. Дайте определение кинетических коэффициентов.
2. Сформулируйте теорему Онзагера.
3. Получите соотношения Онзагера.
4. Запишите феноменологические выражения для потоков физических величин.
5. В чем заключается термомеханический эффект?

15. Элементы физической кинетики

1. Какие кинетические уравнения вы знаете?
2. Что такое интеграл столкновений?
3. Что лежит в основе принципа детального равновесия? Сформулируйте этот принцип применительно к столкновению двух молекул; квантовым переходам между состояниями с одинаковой энергией.

4. Какого рода системы описываются уравнениями Власова?

16. Броуновское движение

1. Какие процессы называются чисто случайными?
2. Какие процессы называются стационарными?
3. Какие процессы называются марковскими?
4. Запишите уравнение Смолуховского.
5. Запишите уравнение Фоккера-Планка.
6. Получите формулу Эйнштейна для коэффициента диффузии броуновских частиц.
7. Сформулируйте Н-теорему Больцмана.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен, экзамен)

Теоретические вопросы к экзамену

7 семестр

1. Первое начало термодинамики. Термические и калорические свойства. Химический потенциал.
2. Второе начало термодинамики для равновесных процессов. Энтропия и абсолютная температура.
3. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Закон возрастания энтропии. Неравенство Клаузиуса. Условия равновесия и устойчивости изолированной системы.
4. Третье начало термодинамики и его следствия. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Теплоемкость вблизи абсолютного нуля.
5. Свободная энергия как термодинамический потенциал. Экстремальные свойства свободной энергии.
6. Термодинамический потенциал Гиббса и его экстремальные свойства; связь с химическим потенциалом.
7. Энтропия как термодинамический потенциал и ее экстремальные свойства.
8. Термодинамика равновесного электромагнитного излучения. Закон Стефана-Больцмана.
9. Условие устойчивости однородной равновесной системы по отношению к механическим воздействиям.

10. Условие устойчивости однородной равновесной системы по отношению к тепловым воздействиям.
11. Условия равновесия гетерогенной системы. Диаграмма фазового равновесия. Критическая точка. Правило фаз Гиббса.
12. Фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
13. Фазовые переходы 2-го рода. Уравнения Эренфеста.
14. Локальное равновесие и основное уравнение термодинамики неравновесных процессов. Уравнения баланса и законы сохранения различных величин.
15. Термодинамика линейных необратимых процессов. Соотношения взаимности Онзагера.

Теоретические вопросы к экзамену

8 семестр

1. Какие системы изучает статистическая физика?
2. Какое состояние называется равновесным состоянием?
3. Что такое стационарное квантовое состояние?
4. Какая система называется квазизамкнутой?
5. Сформулируйте основной постулат статистической физики.
6. От чего зависят вероятности макроскопического состояния?
7. Какой контакт двух систем называется тепловым?
8. Как определяется энтропия? Какова ее размерность?
9. Как определяется температура? Какова ее размерность?
10. При каком условии системы в тепловом контакте находятся в равновесном состоянии?
11. Как вводится понятие химического потенциала?
12. Сформулируйте условия равновесия для систем в тепловом и диффузионном контакте.
13. Для каких систем справедливо распределение Гиббса?
14. Что такое большая статистическая сумма и статистическая сумма?
15. Как находится среднее значение физической величины по ансамблю?
16. Как вводится понятие фазового пространства?
17. Как записывается элемент объема фазового пространства?
18. Как изображается состояние системы в фазовом пространстве в классической физике?
19. Что такое фазовая траектория?
20. Каковы условия квазиклассического приближения?
21. Что такое квантование фазового пространства?
22. Как можно рассчитать функцию плотности числа состояний?
23. Какой вид имеет распределение Гиббса в классической статистике?
24. Для каких систем справедливо распределение Максвелла-Больцмана?
25. От чего зависит распределение частиц по координатам?
26. Как связано давление с энтропией?
27. Как связано давление с энергией?
28. Как вводится понятие теплоты?

29. Как записывается второе начало термодинамики для обратимых и необратимых процессов?

30. За счет каких процессов изменяется энергия системы при передаче ей теплоты?

31. За счет каких процессов изменяется энергия системы при совершении над ней работы внешней силой?

32. Как определяется энтропия по Больцману?

33. Какие частицы называются фермионами и какие – бозонами? Приведите примеры.

34. Каковы свойства симметрии волновых функций систем бозонов и фермионов?

35. Сформулируйте принцип Паули.

36. Запишите функцию распределения Ферми-Дирака. Какой физический смысл она имеет?

37. Запишите функцию распределения Бозе-Эйнштейна. Какой физический смысл она имеет?

38. Что такое вырожденные и невырожденные системы?

39. Сформулируйте условие невырожденности системы.

40. Какой функцией распределения описываются невырожденные системы?

41. Что такое уравнение состояния?

42. Какие различают типы уравнений состояния?

43. Каким условиям должны удовлетворять термодинамические потенциалы?

44. В каких переменных является потенциалом свободная энергия?

45. Как выражаются энтропия и давление через свободную энергию?

46. При каких условиях свободная энергия достигает минимума?

47. Какие независимые переменные для потенциала Гиббса?

48. При каких условиях потенциал Гиббса достигает минимума?

49. В каких переменных энергия является термодинамическим потенциалом?

50. Какие характеристические переменные для энтальпии?

51. Как связана энтальпия с получаемой системой теплотой?

52. Какие частицы называются фермионами и какие – бозонами? Приведите примеры.

53. Что такое конденсация Бозе-Эйнштейна?

54. Как записывается уравнение бозе-газа при низких температурах?

55. Какие значения может принимать химический потенциал бозе-газа?

56. Какие значения может принимать химический потенциал ферми-газа?

57. В чем проявляется влияние электронов, заполняющих состояния ниже энергии Ферми?

58. Почему фотонный газ вырожден при любых температурах?

59. Запишите формулу Планка и объясните ее физический смысл.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)