


**МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
(подпись) Юнаков Л. П.  
ФИО  
« 31 » 05 2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ С ФАЗОВЫМИ ПЕРЕХОДАМИ

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

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
6	11	4	144	51	34	0	17	93	0	0	93	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.04.05 Двигатели летательных аппаратов**

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Емельянов Владислав Николаевич, д.т.н., профессор



---

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

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



---

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

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



---

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ С ФАЗОВЫМИ ПЕРЕХОДАМИ**

### **Разделы рабочей программы**

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

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

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

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-2.01**

*знания:*

на уровне представлений: базовые теоретические знания в области физики фазовых переходов и критических явлений, основные виды и типы диаграмм фазовых равновесий; основные законы и правила, регулирующие фазовые равновесия; методики расчета газодинамических и технологических процессов с фазовыми переходами;

на уровне воспроизведения: основные физические свойства процессов фазового перехода, принципы построения фазовых диаграмм; основные методы фазового анализа многокомпонентных систем; классификация фазовых переходов;

на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности; основные методы теоретического и экспериментального исследования физических и химических явлений при фазовых переходах, методы поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий;

*умения:*

теоретические: применять указанные выше законы и правила при анализе конкретных многокомпонентных систем; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении фазовых процессов; строить математические модели физических и химических явлений;

практические: применять результаты основных физико-химических методов анализа систем для построения диаграмм и исследования фазовых равновесий; выбирать физические методы анализа фазовых процессов; выбирать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики, для исследования газодинамических процессов с фазовыми переходами;

*навыки:*

владение общими подходами к физико-химическому анализу многокомпонентных систем; владение основными способами и приемами обработки результатов анализа многокомпонентных систем инструментальными методами; владение методиками проведения типовых расчетов фазовых процессов; формулированием проблем, которые можно решить с помощью фазового превращения.

## **ПСК-2.02**

*знания:*

на уровне представлений: базовые теоретические знания в области физики фазовых переходов и критических явлений, основные виды и типы диаграмм фазовых равновесий; основные законы и правила, регулирующие фазовые равновесия; методики расчета газодинамических и технологических процессов с фазовыми переходами;

на уровне воспроизведения: основные физические свойства процессов фазового перехода, принципы построения фазовых диаграмм; основные методы фазового анализа многокомпонентных систем; классификация фазовых переходов;

на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности; основные методы теоретического и экспериментального исследования физических и химических явлений при фазовых переходах, методы поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий;

*умения:*

теоретические: применять указанные выше законы и правила при анализе конкретных многокомпонентных систем; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении фазовых процессов; строить математические модели физических и химических явлений;

практические: применять результаты основных физико-химических методов анализа систем для построения диаграмм и исследования фазовых равновесий; выбирать физические методы анализа фазовых процессов; выбирать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики, для исследования газодинамических процессов с фазовыми переходами;

*навыки:*

владение общими подходами к физико-химическому анализу многокомпонентных систем; владение основными способами и приемами обработки результатов анализа многокомпонентных систем

инструментальными методами; владение методиками проведения типовых расчетов фазовых процессов; формулированием проблем, которые можно решить с помощью фазового превращения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ С ФАЗОВЫМИ ПЕРЕХОДАМИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.04.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ, ВНУТРЕННЯЯ ГАЗОДИНАМИКА ЭНЕРГОУСТАНОВОК**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен использовать современные информационные технологии при выполнении научных исследований и разработок; использовать стандартные пакеты прикладных программ; способен к алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований; организовывать и соблюдать требования информационной безопасности в профессиональной деятельности
- ОПК-4 — Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики, разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов для постановки и решения научно-технических задач по направлению подготовки
- ОПК-5 — Способен участвовать в работе проектно-конструкторских подразделений по разработке проектных решений двигателей летательных аппаратов на всех этапах жизненного цикла
- ПСК-2.01 — способность проводить анализ газодинамических и теплообменных процессов, сопровождающих работу энергоустановок авиационной и ракетно-космической техники
- ПСК-2.03 — готовность к профессиональной эксплуатации современных прикладных программных средств вычислительного моделирования процессов тепломассопереноса

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-2.01	ПСК-2.02
6	11	Раздел 1. Общие сведения о фазовых переходах. Классификация фазовых переходов. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и Эренфеста. Фазовые переходы типа порядок-беспорядок и порядок-порядок. Феноменологические описания фазовых переходов. Теория Ландау, и её недостатки.	37	12	8	4	25	20	20
6	11	Раздел 2. Классическое представление о фазовых переходах. Критические флуктуации. Корреляционная функция. Теория Орштейна-Цернике. Критерий Гинзбурга. Теория подобия (скейлинг). Неравенства между критическими индексами. Законы подобия и уравнение состояния.	25	13	8	5	12	20	20
6	11	Раздел 3. Современное представление о фазовых переходах. Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга). Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности. Теория ренормализационной группы и $\epsilon$ -разложения. Коррекция к скейлингу и кроссоверные явления. Мультикритические явления.	30	15	10	5	15	20	20
6	11	Раздел 4. Динамические и критические явления. Концентрационные фазовые переходы и теория протекания. Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках, спиновых стеклах и системах со случайным полем. Динамика критических флуктуаций. Феноменологическое описание и теория взаимодействующих мод. Гипотеза динамического подобия и классы универсальности. Экспериментальные методы исследования равновесных свойств. Экспериментальные исследования динамических свойств.	27	11	8	3	16	20	20
6	11	Раздел 5. Подготовка и написание реферата. Написание реферата на индивидуальную тему.	25	0	0	0	25	20	20
Всего за 11 семестр			144	51	34	17	93	100	100
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общие сведения о фазовых переходах.	Основные законы термодинамики. Понятие фазы. Равновесие гетерогенных систем. Правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы. Уравнения состояния. Динамика фазовых переходов.	4
2	Раздел 2. Классическое представление о фазовых переходах.	Первый закон термодинамики. Уравнение состояния. Термические коэффициенты. Зависимость теплоты процесса от температуры (уравнение Кирхгоффа). Второй закон термодинамики. Энтропия, методы расчета энтропии. Изохорно-изотермический потенциал. Изобарно-изотермический потенциал. Термодинамические потенциалы. Характеристические функции. Условия равновесия. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы первого рода. Фазовые переходы второго рода/	5
3	Раздел 3. Современное представление о фазовых переходах.	Применение моделей для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга). Теория ренормализационной группы и $\epsilon$ -разложения.	5
4	Раздел 4. Динамические и критические явления.	Метод ядерной магнитной релаксации. Метод наблюдения доменов. Магнитооптический метод. Метод лоренцевской электронной микроскопии. Метод интерференционной электронной микроскопии.	3
Всего за 11 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общие сведения о фазовых переходах.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	5
2		Выполнение практического задания №1 "Моделирование двухфазной задачи Стефана".	20
3	Раздел 2. Классическое представление о фазовых переходах.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	12
4	Раздел 3. Современное представление о фазовых переходах.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	15
5	Раздел 4. Динамические и критические явления.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	16
6	Раздел 5. Подготовка и написание реферата.	Написание и защита реферата.	25
<b>Всего за 11 семестр</b>			<b>93</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
11			Отч. по ПЗ			ДР	КВ			ДР				КВ	Реф	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- КВ – контрольные вопросы;
- Реф – реферат.

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- контрольные вопросы;
- реферат.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 2 Техническая термодинамика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 215 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. Д. Бланк, Э. И. Эстрин. . Фазовые превращения в твёрдых телах при высоком давлении. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, 1 экз.
2. Г. Г. Цыпкин. . Течения с фазовыми переходами в пористых средах. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, 1 экз.
3. И. К. Камиров. . Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах. Махачкала: Наука ДНЦ, 2011, 0 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

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

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:

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

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

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

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

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

### Аннотация рабочей программы

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

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

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

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с исследованием процессов в изделиях высокой технологии, а также для проведения исследований процессов и оптимизации их характеристик в энергетических установках различных типов. Дисциплина направлена на описание методов расчетного моделирования газодинамических и технологических процессов с фазовыми переходами в объектах АРКТ.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- контрольные вопросы;
- реферат.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

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

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

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

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Общие сведения о фазовых переходах.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 2 Техническая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (Введение, 1)	5
Выполнение практического задания №1 "Моделирование двухфазной задачи Стефана".		20
Итого по разделу 1		25
Раздел 2. Классическое представление о фазовых переходах.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 2 Техническая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2)	12
Итого по разделу 2		12
Раздел 3. Современное представление о фазовых переходах.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	В. Д. Бланк, Э. И. Эстрин. . Фазовые превращения в твёрдых телах при высоком давлении: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (2 - 4)	15
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Динамические и критические явления.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	В. Д. Бланк, Э. И. Эстрин. . Фазовые превращения в твёрдых телах при высоком давлении: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (9 - 12)	16
Итого по разделу 4		16
Раздел 5. Подготовка и написание реферата.		
Написание и защита реферата.	Г. Г. Цыпкин. . Течения с фазовыми переходами в пористых средах: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009 (Все главы) И. К. Камилов. . Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах: Махачкала: Наука ДНЦ, 2011 (Все главы)	25
Итого по разделу 5		25

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- контрольные вопросы;
- реферат;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ. Отчет по ПЗ должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения;
- схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;
- графическое представление полученных результатов;
- содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

Защита ПЗ проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты ПЗ обучающиеся должны продемонстрировать знания, умения и навыки:

- культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала,
- понимание постановки задачи, знание основных элементов математической модели, формулировка начальных и граничных условий, обоснование основных упрощающих положений;
- умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах;
- умение анализировать полученные результаты и умение прогнозировать характер процессов в технических устройствах на основании полученных данных;
- умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Оценка защиты работы выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- выполнение ПЗ – 40 баллов,
- оформление пояснительной записки – 20 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

ПЗ считается принятым при наборе более 80 баллов.

### Контрольные вопросы

Ответы на контрольные вопросы по определенным разделам дисциплины осуществляются в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса в рамках изучаемого раздела, для успешной аттестации необходимо правильно ответить на 2 и выше вопросов. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов.

1. Классификация фазовых переходов. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и Эренфеста.
2. Фазовые переходы типа порядок-беспорядок и порядок-порядок.
3. Феноменологические описания фазовых переходов. Теория Ландау, и ее недостатки.
4. Классическое представление о фазовых переходах: критические флуктуации, корреляционная

функция.

5. Теория Орштейна-Цернике. Критерий Гинзбурга.

6. Теория подобия (скейлинг).

7. Статический закон подобия в теории критических явлений (приближение обобщенной однородности термодинамических функций).

8. Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга).

9. Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности.

10. Теория ренормализационной группы и  $\epsilon$ -разложения. Коррекция к скейлингу и кроссоверные явления.

11. Мультикритические явления, наблюдающиеся в фазовых переходах второго рода.

12. Концентрационные фазовые переходы и теория протекания.

13. Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках, спиновых стеклах и системах со случайным полем.

14. Динамика критических флуктуаций. Феноменологическое описание и теория взаимодействующих мод. Гипотеза динамического подобия и классы универсальности.

15. Экспериментальные методы исследования равновесных свойств.

16. Экспериментальные исследования динамических свойств.

### Реферат

Объем реферата – не менее 15 стр. Обязательно использование не менее 3-х отечественных и не менее 1-го иностранного источника, опубликованных в последние 15 лет. Пояснительная записка с текстом, рисунками и графиками выполняется в редакторе “Word”. Процедура защиты реферата включает ответы на вопросы преподавателя, выступление с презентацией результатов и последующим групповым обсуждением темы. В ходе защиты реферата обучающиеся должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы.

Критерии оценивания.

Оценка реферата выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- оформление пояснительной записки – 30 баллов,
- постановка доклада и доклад – 30 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

Распределение баллов по элементам:

- соответствие содержания заявленной теме, отсутствие в тексте отступлений от темы 7 баллов;
- соответствие целям и задачам дисциплины 7 баллов;
- постановка проблемы, корректное изложение смысла основных научных идей, их теоретическое обоснование и объяснение 8 баллов;
- логичность и последовательность в изложении материала 8 баллов;
- способность к работе с литературными источниками, интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой 8 баллов;
- объем исследованной литературы и других источников информации 7 баллов;
- владение иностранными языками, использование иностранных источников 7 баллов;
- способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса 7 баллов;
- умение извлекать информацию, соответствующую поставленной цели, и перераспределять информацию 7 баллов;
- навыки планирования и управления временем при выполнении работы 7 баллов;
- обоснованность выводов 7 баллов;
- наличие авторской аннотации к реферату 7 баллов;
- правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.) 7 баллов;
- соблюдение объема, шрифтов, интервалов (соответствие оформления правилам компьютерного набора текста) 6 баллов.

Реферат считается принятым при наборе студентом более 85 баллов.

Примеры тем рефератов.

1. Фазовые переходы в магнитных материалах.
2. Теплообмен при фазовых превращениях теплоносителей.
3. Теория подобия (скейлинг). Неравенства между критическими индексами. Законы подобия и уравнение состояния.
4. Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга).
5. Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности.
6. Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках.

7. Фазовые переходы и критические явления в спиновых стеклах.
8. Фазовые переходы и критические явления в системах со случайным полем.
9. Динамика критических флуктуаций. Феноменологическое описание и теория взаимодействующих мод. Гипотеза динамического подобию и классы универсальности.
10. Фазовые диаграммы пар жидкость.
11. Моделирование фазовых процессов в современных САЕ-программ.

### **Экзамен**

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Экзамен включает в себя два контрольных вопроса по выбору преподавателя из списка экзаменационных вопросов, перечень которых представлен в УМК дисциплины.

Знания, умения и навыки студентов определяются следующим образом:

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-2.01	ПСК-2.02	
6	11	Раздел 1. Общие сведения о фазовых переходах.	37	12	8	4	25	20	20	Отчет по практическому заданию
6	11	Раздел 2. Классическое представление о фазовых переходах.	25	13	8	5	12	20	20	Контрольные вопросы
6	11	Раздел 3. Современное представление о фазовых переходах.	30	15	10	5	15	20	20	Контрольные вопросы
6	11	Раздел 4. Динамические и критические явления.	27	11	8	3	16	20	20	Контрольные вопросы
6	11	Раздел 5. Подготовка и написание реферата.	25	0	0	0	25	20	20	Реферат
Всего за 11 семестр			144	51	34	17	93	100	100	
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	100	