

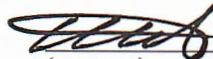


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК


«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП, доцент кафедры  
теоретической и ядерной физики  
(название кафедры)

 Ширмовский С.Э.  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)  
«08» сентября 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
теоретической и ядерной физики  
(название кафедры)

 Ширмовский С.Э.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
«08» сентября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория фазовых переходов

Направление подготовки 03.04.02 Физика

магистерская программа «Теоретическая физика»

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3

лекции 14 час.

практические занятия 38 час.

лабораторные работы 0 час.

в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_\_ /пр. 9 /лаб. \_\_\_\_\_ час.

всего часов аудиторной нагрузки 52 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 128 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы (количество) нет

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен

зачет не предусмотрен

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 №235.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и ядерной физики, протокол № 19 от «08» сентября 2018 г.

Заведующий (ая) кафедрой Ширмовский С.Э. \_\_\_\_\_  
Составитель (ли): д.ф.-м.н, профессор Белоконь В.И.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Master's degree in 03.04.02 Physics.**

**Master's Program "Theoretical Physics".**

**Course title:** Theory of Phase Transitions.

**Variable part of Block B1, \_5\_credits**

**Instructor:** associate professor Belokon' V. I.

**At the beginning of the course a student should be able to:**

- 1) GPC-1 – The ability to adapt to changes in the scientific profile of their professional activities, socio-cultural and social conditions of activity.

**Learning outcomes:**

- 1) GPC-3 - the ability to active social mobility, research and innovation.
- 2) SPC-3 - the ability to use freely the physics sections necessary for solving scientific and innovative problems, and to apply the results of scientific research in innovation activities.

**Course description:** The main objective of the course is to study one of the most important problems of modern physics - the behavior of strongly correlated systems near the stability boundaries. The study of the theory of phase transitions is a necessary element of the modern education of a student specializing in theoretical physics and condensed matter physics.

**Main course literature:**

1. Prudnikov, V.V. Phase transitions and methods of their computer modeling [Electronic resource]: a tutorial / V.V. Prudnikov, A.N. Vakilov, P.V. Prudnikov. - Electron. Dan. - Moscow: Fizmatlit, 2009. - 224 p. - Access mode: <https://e.lanbook.com/book/2288>. - Title from the screen.
2. Vshivkov, S.A. Phase and structural transitions of liquid crystal nanosystems [Electronic resource]: tutorial / S.A. Vshivkov. - Electron. Dan. - St. Petersburg: Lan, 2012. - 112 p. - Access mode: <https://e.lanbook.com/book/4038>. - Title from the screen.
3. Landau, LD Theoretical Physics: a textbook for physical specialties of universities in 10 tons.: T. 5. Statistical physics: Part 1 / L. D. Landau, E. M. Lifshits; by ed. L.P. Pitaevsky. M.: Fizmatlit, 2010. - 616 p.
4. NB "FEFU":  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:675043&theme=FEFU>

**Form of final knowledge control:** exam.

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Теория фазовых переходов»**

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория фазовых переходов» разработана для студентов 2 курса магистратуры по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», профиль «Теоретическая физика» в соответствии требованиями ОС ВО ДВФУ по данному направлению.

Дисциплина «Теория фазовых переходов» относится к разделу Б1.В.ДВ дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (14 часов), практические занятия (38 часов.) и самостоятельная работа (128 часов). Дисциплина реализуется в 3 семестре 2 курса и завершается экзаменом в 3 семестре

Для освоения данной дисциплины необходимы знания и умения обучающегося, приобретенные в результате освоения курсов: «Математический анализ», «Квантовая теория», «Линейные и нелинейные уравнения физики», «Электродинамика», «Статистическая физика».

### **Цель.**

Основная цель курса состоит в изучении одной из важнейших проблем современной физики - особенности поведения сильно коррелированных систем вблизи границ устойчивости. Изучение теории фазовых переходов является необходимым элементом современного образования студента, специализирующегося в области теоретической физики и физики конденсированного состояния.

### **Задачи:**

- Общие представления о фазовых переходах первого и второго рода.
- Фазовый переход II рода и симметрия. Непрерывность функций состояния. Скачок производных от термодинамических потенциалов. Теория Ландау
- Критические точки и критические показатели. Параметры порядка. Флуктуации параметра порядка.
- Классические модели точечных гамильтонианов. Модель Изинга, модель Гейзенберга. Блочные гамильтонианы и преобразование Каданова

- Ренормализационная группа (РГ). Корреляционная длина и гипотеза подобия. Масштабное преобразование и анализ размерностей.
- Неподвижные точки и показатели. Связь между математической структурой РГ и основными чертами критических явлений. Неподвижная точка и ее окрестность.
- Переходы первого рода на примерах газ – жидкость – твердое тело, металл – изолятор.

Для полноценного освоения содержания дисциплины студенты должны обладать предварительными компетенциями:

ОПК-4 - Способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 Способность к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ	Знает	Основные правила организации научно-исследовательских работ
	Умеет	Написать проект научных исследований в области теории фазовых переходов
	Владеет	Методами организации научных исследований
ПК-3 Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Знает	Математический аппарат и методы теоретической физики, в том числе и методы теории фазовых переходов
	Умеет	Использовать этот аппарат для решения научных и инновационных задач
	Владеет	Разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Теория фазовых переходов» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: *дискуссии, совместное обсуждение решений задач.*

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (14 часов)**

### **Тема 1. Идеальный газ - первая фундаментальная модель физического строения материи, 3 часа.**

Введение. Фундаментальный характер модели идеального газа. Учет неидеальности. Термодинамические неравенства и термодинамическая устойчивость. Уравнение состояния.

Неидеальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Другие уравнения состояния неидеального газа. Критическая точка.

### **Тема 2. Параметр порядка и симметрия, 4 часа.**

Разложение Ландау. Основные результаты теории Ландау. Сравнение с экспериментом. Физическая причина нарушения теории Ландау. Термодинамическая теория флуктуаций.

### **Тема 3. Корреляционная функция. Флуктуации параметра порядка, 3 часа.**

Ближний и дальний порядки. Корреляционная функция. Области упорядочения и домены.

### **Тема 4. Соображения подобия и группа перенормировки в теории критических явлений, 4 часа.**

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (38 часов).**

### **Занятие 1. Сверхпроводящее состояние, 2 часа.**

1. Нулевое сопротивление, опыт Коллинза.
2. Эффект Мейсснера, критическое магнитное поле.
3. Сверхпроводники I и II рода. Основные параметры низкотемпературных сверхпроводников.

### **Занятие 2. Феноменология сверхпроводимости: двухжидкостная модель, уравнения Лондонов, 4 часа.**

1. Второе уравнение Лондонов и электрон в поле векторного потенциала, эффект Ааронова-Бома.

2. Теория эффекта Мейсснера, глубина проникновения магнитного поля.

**Занятие 3. Физическая природа сверхпроводящего состояния: изотопический эффект, аномалия теплоемкости, оптические свойства, 2 часа.**

1. Основные представления микроскопической теории сверхпроводимости: электрон-фононное взаимодействие и его роль, куперовские пары, конденсат куперовских пар, длина когерентности, одночастичные возбуждения и щель в их спектре.

2. Теория феномена Купера.

**Занятие 4. Высокотемпературные сверхпроводники, сверхпроводящие фуллериды и другие «новые» материалы, 4 часа.**

1. Высокотемпературные сверхпроводники.

2. Сверхпроводящие фуллериды и другие «новые» материалы.

**Занятие 5. Ферромагнетизм как физическое явление, 4 часа.**

1. Магнитный фазовый переход, точка Кюри.

2. Спонтанная намагниченность и ее температурная зависимость.

3. Фазовые переходы первого и второго рода.

4. Магнитная восприимчивость, закон Кюри-Вейсса.

5. Аномалия теплоемкости в критической точке. Нелинейные свойства ферромагнетиков.

**Занятие 6. Феноменологическая теория фазовых переходов, 4 часа.**

1. Параметр порядка и разложение Ландау.

2. Разложение свободной энергии в случае слабого фазового перехода первого рода.

3. Трикритическая точка, аномалии восприимчивости и теплоемкости в ТКТ.

**Занятие 7. Ферромагнетизм как макроскопическое квантовое явление, 5 часов (интерактивные методы - дискуссии, совместное обсуждение решений задач).**

1. Модели Изинга и Гейзенберга.

2. Теория магнитных фазовых переходов и метод самосогласованного поля. Флуктуации и пределы применимости метода ССП.

3. Флуктуационные эффекты. Критические явления, критические индексы, скейлинг.

**Занятие 8. Сегнетоэлектрики и их основные свойства, 3 часа.**

1. Сегнетоэлектрический фазовый переход.

2. Спонтанная поляризация и ее температурная зависимость.

3. Аномалии диэлектрической проницаемости и теплоемкости. Нелинейные свойства сегнетоэлектриков.

**Занятие 9. Микроскопические модели сегнетоэлектриков,**

**сегнетоэлектрики типа смещения и типа «порядок-беспорядок», 2 часа.**

Модель сегнетоэлектрика типа смещения: ангармонический одноионный потенциал, взаимодействие сегнетоактивных ионов, фазовый переход как коллективное явление.

**Занятие 10. Полевая модель фазового перехода, 2 часа (интерактивные методы - дискуссии, совместное обсуждение решений задач).**

1. Приближение самосогласованного поля для сегнетоэлектриков.

**Занятие 11. Гипотеза масштабной инвариантности, 2 часа.**

1. Масштабные размерности физических величин и критические показатели.

2. Концепция универсальности критических явлений.

**Занятие 12. Разложение масштабных функций в области слабых и сильных полей, 2 часа.**

1. Параметрическое уравнение состояния. Линейная модель.

2. Поправки к асимптотическим законам.

3. Критические амплитуды. Универсальные отношения критических амплитуд.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ.**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теория фазовых переходов» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся методические рекомендации по их выполнению;
- Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- Критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация



1	Тема 1, 2. Идеальный газ - первая фундаментальная модель физического строения материи. Параметр порядка и симметрия	ОПК-3, ПК-3,	Знает	УО-1 (собеседование)	Вопросы к экзамену (1-4)
			Умеет	Реферат-ПР-4	
			Владеет		
2	Тема 3. Корреляционная функция. Флуктуации параметра порядка	ОПК-3, ПК-3	Знает	УО-1 (собеседование)	Вопросы к экзамену (5-10)
			Умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			Владеет		
3	Тема 4. Соображения подобия и группа перенормировки в теории критических явлений	ОПК-3 ПК-3	Знает	УО-1 (собеседование)	Вопросы к экзамену (11-16)
			Умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			Владеет		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Прудников, В.В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Прудников, А.Н. Вакилов, П.В. Прудников. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2288>. — Загл. с экрана.

2. Вшивков, С.А. Фазовые и структурные переходы жидкокристаллических наносистем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.А. Вшивков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 112 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4038>. — Загл. с экрана.

3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика : учебное пособие для физических специальностей университетов в 10 т. : т. 5 . Статистическая физика : ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. М.: Физматлит, 2010. - 616 с.

НБ «ДВФУ»

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:675043&theme=FEFU>

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Кузнецова, Ю.В. Диоксид ванадия и твердые растворы на его основе. Фазовые переходы, структура и свойства [Электронный ресурс]: / Ю.В. Кузнецова, О.В. Лях, Е.Н. Меркушев [и др.]. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2013. — 104 с. ЭБС «Лань»: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59654](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59654)

2. Россихин, Н.А. Расчет и проектирование аккумуляторов теплоты на фазовых переходах (капсульного типа) [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2010. — 40 с. ЭБС «Лань»: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52201](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52201)

3. Скрипов, В.П. Фазовые переходы кристалл-жидкость-пар и термодинамическое подобие [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Скрипов, М.З. Файзуллин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2003. — 160 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59358>. — Загл. с экрана.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Эффективное изучение курса предполагает регулярное посещение занятий и систематическое повторение материала, излагаемого преподавателем на лекции.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Важной является самостоятельная работа по курсу. В ходе этой работы необходимо тщательно изучить теоретический материал и систематизировать основные формулы, которые могут быть использованы при решении практических задач.

Работа с указанной литературой должна осуществляться, прежде всего, в рамках лекционного курса. Подготовка к практическим занятиям должна проходить регулярно в течении семестра, отведённого для занятий.

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

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office ( Excel, PowerPoint, Word и т. д), Open Office; следующие информационно справочные системы: ЭБС ДВФУ, библиотеки, ресурсы и порталы по естествознанию.

Также, при проведении практических занятий используются следующие оборудованные учебные кабинеты:

1. Мультимедийная аудитория: Корпус L, ауд. 534

Проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м<sup>2</sup>, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF AVervision; подсистема видеокмутации; подсистема аудиокмутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)

2. Мультимедийная аудитория: Корпус D, ауд. 537

Проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF AVervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS).



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**По дисциплине «Теория фазовых переходов»  
Направление подготовки 03.04.02 - Физика  
Магистерская программа «Теоретическая физика»  
Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 неделя	Подготовка к выполнению практических занятий	10 часов	УО-1 (собеседование)
2	3-4 неделя	Подготовка к выполнению практических занятий	10 часов	УО-1 (собеседование)
3	5-6 неделя	Подготовка к контрольной работе	10 часов	ПР-2 (контрольная работа)
4	7-8 неделя	Подготовка к выполнению практических занятий	10 часов	УО-1 (собеседование)
5	9-10 неделя	Подготовка к выполнению практических занятий	10 часов	УО-1 (собеседование)
6	11-12 неделя	Подготовка к контрольной работе	10 часов	ПР-4 (реферат)
7	13-14 неделя	Подготовка к выполнению практических занятий	10 часов	УО-1 (собеседование)
8	15-16 неделя	Подготовка к выполнению практических занятий	10 часов	УО-1 (собеседование)
9	17-18 неделя	Подготовка к выполнению практических занятий	12 часов	ПР-2 (контрольная работа)
10	1-18	Подготовка к экзамену.	36	Экзамен

### Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа по дисциплине «Теория фазовых переходов» заключается в подготовке к практическим занятиям в соответствии с их программой. По каждому пункту самостоятельной работы должен быть представлен краткий конспект, в котором кратко изложено содержание вопросов, вынесенных на практическое занятие, и приведены основные соотношения, необходимые для решения задач. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы. Для получения зачета необходимо предоставление всех конспектов.

Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала. Для удобства планирования времени после каждого пункта указано время, необходимое на выполнение задания.

### **Самостоятельная работа на лекции**

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом

лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

### **Работа с литературными источниками**

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой.

### **Методические указания при подготовке к контрольной работе**

При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы.

При подготовке к контрольной работе необходимо прочитать соответствующие страницы основного учебника. Желательно также чтение дополнительной литературы. При написании контрольной работы ответ следует иллюстрировать схемами.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

*Требования к конспекту для практических занятий:*

1. Должен быть в отдельной тетради, подписанный.
2. Обязательно писать план занятия с указанием темы, вопросов, списка литературы и источников.
3. Отражать проблематику всех поставленных вопросов (анализ источника, литературы).
4. Иметь по ним аргументированные выводы. Слово «аргументированные» является ключевым. Главное - доказуемость выводов.



### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- Работа на семинарских занятиях.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И  
Федеральное государственное автономное



образования

НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
образовательное учреждение высшего

**«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)**

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Теория фазовых переходов»**  
**Направление подготовки 03.04.02 Физика**  
**магистерская программа «Теоретическая физика»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
	ОПК-3 Способность к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ	Знает
Умеет		Написать проект научных исследований в области теории фазовых переходов
Владеет		Методами организации научных исследований
ПК-3 Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Знает	Математический аппарат и методы теоретической физики, в том числе и методы теории фазовых переходов
	Умеет	Использовать этот аппарат для решения научных и инновационных задач
	Владеет	Разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация	
1	Тема 1, 2. Идеальный газ - первая фундаментальная модель физического строения материи. Параметр порядка и симметрия	ОПК-3, ПК-3,	Знает	УО-1 (собеседование)	Вопросы к экзамену (1-4)
			Умеет	Реферат-ПР-4	
			Владеет		
2	Тема 3. Корреляционная функция. Флуктуации	ОПК-3, ПК-3	Знает	УО-1 (собеседование)	Вопросы к экзамену (5-10)
			Умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			Владеет		

	параметра порядка				
3	Тема 4. Соображения подобия и группа перенормировки в теории критических явлений	ОПК-3 ПК-3	Знает	УО-1 (собеседование)	Вопросы к экзамену (11-16)
			Умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			Владеет		

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
ОПК-3 Способность к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ	Знает (пороговый уровень)	Основные принципы организации научных исследований	Знание подходов к организации исследований	Способность написать подпрограмму исследований как часть общей программы
	Умеет (продвинутый)	Написать проект научных исследований в области теории фазовых переходов	Умение написать проект	Способность определять конкретный аналитический или численный метод для решения поставленных задач.
	Владеет (высокий)	Разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Умение находить новые подходы к решению новых научных задач с использованием знаний теоретической физики	Способность к организации научно-исследовательских и инновационных работ
ПК-3 Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Знает (пороговый уровень)	Основные уравнения математической и теоретической физики и физики фазовых переходов	Знание методов решения уравнений, включая методы компьютерного моделирования для решения научно-инновационных задач	Способность решать основные уравнения теоретической физики и теории фазовых переходов
	Умеет (продвинутый)	Применять теорию к решению конкретных задач; Проводить численные расчеты	Умение применять аналитические и численные методы для решения задач	Способность определять конкретный метод для решения поставленных задач
	Владеет	Навыками	Умение	Способность

	(высокий)	самостоятельной работы по решению новых задач	самостоятельно формулировать новые подходы к решению новых уравнений, связанных с инновационной деятельностью.	самостоятельно формулировать и решать новые задачи, связанные с развитием региона.
--	-----------	---	--	--

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены ниже.

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине представлены вопросами для подготовки к зачету и контрольным работам и примерными вариантами контрольных работ, предусмотренных РПУД в качестве механизма осуществления текущего контроля освоения теоретической и практической составляющих дисциплины.

Экзамены принимаются ведущим преподавателем. Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины, собственными конспектами, подготовленными при выполнении самостоятельной работы, а также, с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Студент, не согласный с выставленной оценкой, имеет право в течение следующего рабочего дня подать заявление, согласованное с руководителем ООП, на имя директора Школы (филиала) с просьбой о передаче экзамена комиссии. В случае обоснованности поданного заявления директор Школы создает комиссию в составе не менее 3 профильных преподавателей по соответствующей кафедре. Оценка, полученная студентом во время передачи экзамена комиссии, является окончательной.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

#### **Контрольные работы (Пример)**

#### **Тема «ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ 1 И 2 РОДА»**

#### **Вариант 1**

**Задание 1.** Найти выражение для статистической суммы  $Q$  модели Изинга без взаимодействия в магнитном поле.

**Решение.** Гамильтониан модели:

$$\bar{H} = -\overline{\sum_i \mu_i H} \quad \mu_i = \mu_0 S_i, \quad S_i = \pm 1.$$

Так как моменты не взаимодействуют, то:

$$Q = \prod_i \sum_{S_i = \pm 1} \exp(\beta \mu_0 S_i H) = [2 \operatorname{ch}(\beta \mu_0 H)]^N$$

**Задание 2.** Дана трехмерная классическая модель Гейзенберга без взаимодействия

$$\bar{H} = -\mu_0 \sum_i \vec{S}_i \vec{H}, \quad |\vec{S}_i| = S$$

Определить статистическую сумму  $Q$ .

**Задание 3.** Дан гамильтониан Изинга с взаимодействием в следующем виде:

$$\bar{H} = -1/2 \mu_0^2 \sum_{ij} J_{ij} S_i S_j - \mu_0 \sum_i S_i H, \quad S_i = \pm 1, \quad J_{ij} > 0.$$

Необходимо записать его в приближении среднего поля, пренебрегая квадратичными флуктуациями магнитных моментов ( $[\langle S \rangle - S]^2 \rightarrow 0$ ). Ввести взаимодействие ближайших соседей  $Z$ .

### Вариант 2

**Задание 1.** Найти энергию  $E$  модели Изинга без взаимодействия при температуре  $T$ .

**Задание 2.** Исследовать поведение намагниченности в случаях  $T \rightarrow 0$  и  $T \rightarrow \infty$ .

**Задание 3.** Рассчитать статистическую сумму  $Q$  в приближении среднего поля, исходя из вида гамильтониана, полученного в предыдущей задаче.

## Критерии оценки вопросов к контрольным работам

### Отметка "Отлично"

1. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
2. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.

### Отметка "Хорошо"

1. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки.

### Отметка "Удовлетворительно"

1. Знание только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки и неточности в ответах.

### Отметка "Неудовлетворительно"

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части учебного

материала.

2. Не дан ответ на значительную часть вопросов, имеются существенные ошибки.

Оценка «не зачтено» ставится, если ответ обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Темы рефератов**

1. Эффект Мейсснера, критическое магнитное поле.
2. Сверхпроводники I и II рода. Основные параметры низкотемпературных сверхпроводников.
3. Теория эффекта Мейсснера, глубина проникновения магнитного поля.
4. Основные представления микроскопической теории сверхпроводимости: электрон-фононное взаимодействие и его роль, куперовские пары, конденсат куперовских пар, длина когерентности, одночастичные возбуждения и щель в их спектре.
5. Высокотемпературные сверхпроводники.
6. Сверхпроводящие фуллериды и другие «новые» материалы.
7. Спонтанная намагниченность и ее температурная зависимость.
8. Фазовые переходы первого и второго рода.
9. Магнитная восприимчивость, закон Кюри-Вейсса.
10. Аномалия теплоемкости в критической точке. Нелинейные свойства ферромагнетиков.
11. Трикритическая точка, аномалии восприимчивости и теплоемкости в ТКТ.
12. Модели Изинга и Гейзенберга.
13. Теория магнитных фазовых переходов и метод самосогласованного поля. Флуктуации и пределы применимости метода ССП.
14. Флуктуационные эффекты. Критические явления, критические индексы, скейлинг.
15. Сегнетоэлектрический фазовый переход.
16. Спонтанная поляризация и ее температурная зависимость.
17. Аномалии диэлектрической проницаемости и теплоемкости. Нелинейные свойства сегнетоэлектриков.

18. Концепция универсальности критических явлений.

### **Критерии оценки реферата**

100-86 баллов - выставляется студенту, если студент ясно сформулировал проблему, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные актуальных отечественных и зарубежных исследований, наблюдательные и экспериментальные данные. Студент знает и владеет навыком самостоятельной исследовательской работы о теме исследования. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно.

85-76 - баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные актуальных отечественных и зарубежных исследований, наблюдательные и экспериментальные данные. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы.

75-61 балл - студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы.

60-50 баллов - не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Вопросы к экзамену**

1. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
2. Теория фазовых переходов Ландау.
3. Корреляционная функция и параметры порядка.
4. Подобие и группа перенормировки.
5. Сверхпроводимость. Феноменологическая теория.



6. Микроскопическая теория сверхпроводимости.
7. Магнитные фазовые переходы и критическая температура.
8. Теория эффективного (молекулярного) поля.
9. Модели Изинга и Гейзенберга в теории магнетизма.
10. Теория случайных полей обменного взаимодействия.
11. Магнитная восприимчивость и теплоемкость магнетиков.
12. Флуктуационные эффекты и критические индексы.
13. Сегнетоэлектрики и фазовый переход.
14. Приближение самосогласованного поля для сегнетоэлектриков.
15. Масштабная размерность физических величин.
16. Концепция универсальности критических явлений.

### **Критерии выставления экзаменационной оценки**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Глубокое и прочное усвоение материала, все предоставленные задания выполняются правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Знание только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки и неточности в ответах.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*