

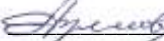


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК


«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП
«Физика конденсированного состояния»

 Афремов Л.Л.
(подпись) (Ф.И.О.)
« 08 » _____ сентября _____ 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
Теоретической и ядерной физики

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория фазовых переходов

Направление подготовки 03.06.01 *Физика и астрономия*

Профиль «*Физика конденсированного состояния*»

Форма подготовки (очная)

курс 2 семестр 4
лекции 18 час. / 0,5 з.е.
практические занятия 18 час. / 0,5 з.е.
лабораторные работы не предусмотрены.
с использованием МАО лек. 12 / пр. 12 / лаб. ___ час.
всего часов контактной работы 36 час.
в том числе с использованием МАО 24 час., в электронной форме ___ час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену ___ час.
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены.
зачет 4 семестр
экзамен нет семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30.07.2014г. № 867

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

Заведующий кафедрой теоретической и ядерной физики Ширмовский С.Э.

Составитель: д-р физ.- мат. наук, профессор, профессор кафедры теоретической и ядерной физики Л.Л. Афремов

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры теоретической и ядерной физики:

Протокол от «07» июня 2019 г. № 16

Заведующий кафедрой /директор академического департамента



(подпись)

Ширмовский С.Э.

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры теоретической и ядерной физики:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой теоретической и ядерной физики

(подпись)

Ширмовский С.Э.

(И.О. Фамилия)

Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Теория фазовых переходов»

Дисциплина «Теория фазовых переходов» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе направления подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия», профиль «Физика конденсированного состояния», форма подготовки очная и входит в вариативную часть, дисциплина по выбору учебного плана: Б1.В.ДВ

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов, из них 12 часов занятий с применением методов активного обучения (МАО)), практические занятия (18 часов, из них 12 часов занятий с применением методов активного обучения (МАО)), самостоятельная работа (72 часа). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 4-ом семестре. Форма контроля - зачет (4 семестр)

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 г. № 867 и учебным планом подготовки аспирантов по профилю «Физика конденсированного состояния».

Цель изучения дисциплины – подготовка к научной работе в области магнетизма наноструктурированных систем.

Задачи:

– способствовать освоению аспирантами основных идей, развитых в теории фазовых переходов и необходимых для дальнейшей успешной научной деятельности;

– формирование компетенций, соответствующих профилю подготовки «Физика конденсированного состояния».

Для успешного изучения дисциплины «Теория фазовых переходов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

– Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

– способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);

– способностью и готовностью анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-6);

способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2).

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 Владение методами математического описания физических процессов, протекающих в конденсированных средах	Знает	основные методы математического описания физических процессов, протекающих в конденсированных средах
	Умеет	выбирать математические методы необходимые для описания физических процессов, протекающих в конденсированных средах, критически оценивать область применимости выбранных математических методов для описания протекающих в конденсированных средах физических процессов
	Владеет	методами математического описания физических полей
ПК-2 Владение основными методами компьютерного моделирования состояния и прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения	Знает	основные методы экспериментального исследования структуры конденсированных сред; основные типы лабораторных установок (оборудования) для экспериментального исследования структуры конденсированных сред
	Умеет	обосновано выбирать методы экспериментального исследования структуры конденсированных сред, использовать современное лабораторное оборудование для проведения эксперимента
	Владеет	основными методами компьютерного моделирования физических процессов
ПК-3 Владение основными методами исследования физических свойств и функциональных характеристик конденсированных сред	Знает	основные методы исследования физических свойств конденсированных сред; методы исследования функциональных характеристик конденсированных сред
	Умеет	выбирать и применять методы исследования физических свойств конденсированных сред, выбирать и применять методы исследования функциональных характеристик конденсированных сред
	Владеет	основными методами исследования физических свойств и функциональных характеристик конденсированных сред
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и	Знает	методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
	Умеет	анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и

практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
	Владеет	навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Теория фазовых переходов» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: «лекции визуализации» и дискуссии по основным вопросам образовательной программы.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(18_ час., в том числе 12 час. с использованием методов активного обучения)

Раздел 1. Фазовые переходы 1 и 2 рода (6 час.)

Тема 1. Общие понятия о магнетизме твердых тел. Физика системы невзаимодействующих спинов. Система взаимодействующих спинов. Молекулярное поле Вейсса (1 час.)

Магнетизм, физика магнитных явлений, является областью физики с большой историей и продолжает активно развиваться. В рамках одной лекции, отводимой программой курса, невозможно рассмотреть подробно многие задачи этого раздела физики. Мы ограничимся рассмотрением магнитных диэлектриков, магнитные свойства которых связаны с локализованными на ионах магнитными моментами и с взаимодействием этих моментов. Мы обсудим классификацию магнетиков, простейшие модели для описания формирования магнитного порядка, свойства упорядоченных состояний и возможность их описания на языке квазичастиц, аналогичном языку фононов для описания упругих колебаний. Система локальных магнитных моментов со взаимодействием. Суммарный гамильтониан. Усредненное суммарное поле. Уравнение Вейсса, предельные случаи. Температура Кюри-Вейсса.

Интерактивная форма : лекция визуализация

Тема 2. Модель Изинга, приближение среднего поля. Метод Брэгга – Вильямса. Метод Бете – Пайерлса (квазихимический метод) (1 час.)

Получение уравнения Вейсса с помощью модели Изинга. Свободная энергия ферромагнетика в модели Изинга. Исследование переходов ферромагнетик-парамагнетик в модели Изинга. Приближенные методы для нахождения конфигураций. Модели с иррегулярными ячеистыми структурами. Модель решеточного газа.

Тема 3. Точное решение Онзагера для плоской решетки (1 час)

Двухмерная модель Изинга. Вычисление статистической суммы и сравнение с точным решением Онзагера для плоской решетки.

Интерактивная форма : лекция визуализация

Тема 4. Метод случайных полей взаимодействия и магнитные фазовые переходы (1 час)

Плоская модель Изинга и её отличие от одномерной модели. Аналитическое решение для конечного количества спинов. Применимость модели для описания реальных магнетиков. Определение плотности распределения случайных полей обменного взаимодействия. Применение ее для модели Изинга кристаллического ферромагнетика с N узлами и N_0 ферромагнитных частиц и её решение.

Тема 5. Ближний и дальний порядок. Функция корреляции. Функция корреляции магнитных моментов в модели Изинга (1 час)

Корреляция в положениях или состояниях различных атомов на произвольно больших расстояниях (дальний порядок) либо в области, имеющей конечный радиус корреляции. Периодическое расположение атомов в кристалле. Дальний порядок в упорядоченных магнетиках.

Тема 6. Флуктуации вблизи точки фазового перехода и теплоемкость в модели Изинга (1 час)

При фазовых переходах первого рода точка фазового перехода не является особой точкой термодинамических потенциалов каждой из фаз. Это означает, что точка фазового перехода является просто точкой пересечения термодинамических потенциалов двух разных фаз, и, таким образом, каждая из фаз может существовать как метастабильная по обе стороны от точки перехода. Возникновение новой фазы происходит локально, путем появления в исходной фазе вещества гетерофазных флуктуаций, ограниченных поверхностью раздела фаз, что влечет к появлению избыточной поверхностной энергии.

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

Раздел 2. Спиновые волны в модели Гейзенберга. (3 час.)

Тема 1. Основное состояние в модели Гейзенберга (1 час)

Модель Гейзенберга во внешнем поле. Ферромагнитная модель и антиферромагнитная модель. Спиновые волны, скорость спиновых волн. Связь между бозонной и спиновыми моделями.

Тема 2. Магноны. Свойства магнонов и спектр возбуждений (1 час)

Магнон - квазичастица, соответствующая элементарному возбуждению системы взаимодействующих спинов. В кристаллах с несколькими магнитными подрешётками (например, антиферромагнетиках) могут существовать несколько сортов магнонов, имеющих различные энергетические спектры. Магноны подчиняются статистике Бозе — Эйнштейна. Магноны взаимодействуют друг с другом и с другими квазичастицами. Существование магнонов подтверждается экспериментами по рассеянию нейтронов, электронов и света, которое сопровождается рождением или уничтожением магнона.

Интерактивная форма : лекция визуализация

Тема 3. Возбуждение магнонов в антиферромагнетиках. Свойства антиферромагнитных магнонов (1 час)

Изучение процесса параметрического возбуждения спиновых волн. Жесткость. Определение затухания спиновых волн. Параметрическое возбуждение электронных спиновых волн.

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

Раздел 3. Конденсация и отвердевание (5 час.)

Тема1. Фазовый переход газ – жидкость (1 час)

Фазовый переход (фазовое превращение) в термодинамике — переход вещества из одной термодинамической фазы в другую при изменении внешних условий. С точки зрения движения системы по фазовой диаграмме при изменении её интенсивных параметров (температуры, давления и т. п.), фазовый переход происходит, когда система пересекает линию, разделяющую две фазы. Поскольку разные термодинамические фазы описываются различными уравнениями состояния, всегда можно найти величину, которая скачкообразно меняется при фазовом переходе.

Интерактивная форма : лекция визуализация

Тема 2. Модель Ван-дер-Ваальса. Решеточный газ. Флуктуации (2 час.)

Переход пар – жидкость. Конденсация. Уравнение и модель Ван-дер-Ваальса. Модель решеточного газа. Статистическая сумма для системы спинов решеточного газа. Уравнение плотности решеточного газа. Уравнение состояния. Кристаллические характеристики решеточной модели. Поиск флуктуаций с помощью модели Изинга в решеточной модели.

Интерактивная форма : лекция визуализация

Тема 3. Переход жидкость – твердое тело. Кристаллизация (2 час)

Переход в твердое состояние. Диаграмма состояния. Тройная точка. Агрегатное состояние - физическое состояние вещества, зависящее от соответствующего сочетания температуры и давления. Изменение агрегатного состояния может сопровождаться скачкообразным изменением свободной энергии, энтропии, плотности и других физических величин.

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

Раздел 4. Переходы металл – изолятор (4 час.)

Тема1. Модель Келдыша – Копаева. Экситоны (2 час.)

Модель Келдыша – Копаева. Экситон - квазичастица, представляющая собой электронное возбуждение в диэлектрике, полупроводнике или металле, мигрирующее по кристаллу и не связанное с переносом электрического заряда и массы. Представляет собой связанное состояние электрона и дырки. При этом его следует считать самостоятельной элементарной (не сводимой) частицей в случаях, когда энергия взаимодействия электрона и дырки имеет тот же порядок, что и энергия их движения, а энергия взаимодействия между двумя экситонами мала по сравнению с энергией каждого из них. Экситон можно считать элементарной квазичастицей в тех явлениях, в которых он выступает как целое образование, не подвергающееся воздействиям, способным его разрушить.

Тема 2. Модель Хаббарда. Переход металл – диэлектрик (2час.)

Модель Хаббарда — приближение, используемое в физике твёрдого тела для описания перехода между проводящим и диэлектрическим состояниями. Названа в честь Джона Хаббарда. Является простейшей моделью, описывающей взаимодействие частиц в решётке. Её гамильтониан содержит только два слагаемых: кинетический член, соответствующий туннелированию («перескокам») частиц между узлами решётки, и слагаемое, соответствующее внутриузельному взаимодействию. Частицы могут быть фермионами, как в исходной работе Хаббарда, а также бозонами.

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(18 час., в том числе 12 час. с использованием методов активного обучения)

Раздел 1. Фазовые переходы 1 и 2 рода. Модель Гейзенберга (4 час.)

Занятие1. Фазовые переходы 1 и 2 рода (2 час.)

Задача 1.1. Найти выражение для статистической суммы Q модели Изинга без взаимодействия в магнитном поле.

Решение. Гамильтониан модели:

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

Так как моменты не взаимодействуют, то:

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

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

Задача 1.2. Найти энергию E модели Изинга без взаимодействия при температуре T .

Ответ.

$$E = - \frac{\partial}{\partial \beta} \ln Q = -N \mu_0 H \operatorname{th}[\beta \mu_0 H].$$

Занятие 2. Модель Гейзенберга (2 час.)

Задача 2.1. 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 .

Решение. Степени свободы системы определяются углом θ_i между полем H и спином S_i , поэтому:

$$Q = \prod_i \int d\Omega_i \exp(\beta \mu_0 S H \cos \theta_i) = [4\pi (\text{sh}\{\beta \mu_0 HS\} / \beta \mu_0 HS)]^N$$

Задача 2.2. Исследовать поведение намагниченности в случаях $T \rightarrow 0$ и $T \rightarrow \infty$.

Решение. Функция Ланжевена $F_L(x)$ имеет асимптоты:

$$F_L(x) \approx 1 - \frac{1}{x} + 2 \exp(-2x), \quad x \rightarrow \infty;$$

$$F_L(x) \approx \frac{x}{3} - \frac{x^3}{45} + \frac{2x^5}{945}, \quad x \rightarrow 0.$$

Отсюда находим:

$$M = N \mu_0 S, \quad T = 0; \quad M = \frac{N \mu_0^2 S^2 H}{3T}, \quad T \rightarrow \infty.$$

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

Раздел 2. Концентрация и отвердевание. Переходы металл – изолятор (4 час.)

Занятие 1. Концентрация и отвердевание (2 час.)

Задача 3.1. 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 .

Решение. Учитывая разложение, сохраняющее требуемую точность среднего поля, в виде:

$$S_k S_{k'} \approx \langle S_k \rangle S_{k'} + S_k \langle S_{k'} \rangle - \langle S_k \rangle \langle S_{k'} \rangle,$$

Получаем

$$\bar{H} = 1/2 \mu_0 N H_0 R - \mu_0 \sum_i S_i (H + H_0)$$

где

$$H_0 = \mu_0 \sum_j J_{ij} R = Z \mu_0 J R$$

- среднее поле; $R = \langle S_i \rangle$ - параметр порядка, средний магнитный момент.

Задача 3.2. Рассчитать статистическую сумму Q в приближении среднего поля, исходя из вида гамильтониана, полученного в предыдущей задаче.

Ответ.

$$Q = \prod_i \exp(-\beta\mu_0 H_0 R/2) \sum_{S_i=\pm 1} \exp[\beta\mu_0 S_i(H + H_0)] = \\ = \exp(-N\beta\mu_0 H_0 R/2) [2\text{ch}\{\beta\mu_0(H + H_0)\}]^N$$

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

Занятие 2. Переходы метал - изолятор (2 час.)

Задача 4.1. Найти свободную энергию в модели Изинга в приближении среднего поля исходя из полученного в задаче (3.2) выражения для статистической суммы Q . Доказать, что полученный результат совпадает с результатом подхода Брэгга-Вильямса, где свободная энергия ферромагнетика равняется:

$$\frac{F}{N} = -\frac{R^2\theta}{2} - RH + T/2\{(1+R)\ln[(1+R)/2] + (1-R)\ln[(1-R)/2]\} \quad (1)$$

Ответ.

$$F = -T\ln Q = N\beta\mu_0 H_0 R/2 - TN\ln[2\text{ch}\{\beta\mu_0(H + H_0)\}]. \quad (2)$$

Если учесть уравнение Вейса

$$\frac{\partial F}{\partial R} = 0 = N \left\{ -(R\theta + H) + 1/2 \ln \left(\frac{1+R}{1-R} \right) \right\},$$

то легко доказать эквивалентность выражения (2) и (1).

Задача 4.2. Из условия минимума свободной энергии $\frac{\partial F}{\partial R} = 0$, полученной в задаче (4.1.), получить уравнение Вейса на параметр порядка R .

Раздел 3. Магнитная восприимчивость в модели Изинга. Энергия в модели Изинга (4 час.)

Занятие 1. Магнитная восприимчивость в модели Изинга (2 час.)

Задача 5.1. Рассчитать магнитную восприимчивость для модели Изинга в приближении среднего поля. Рассмотреть предельные случаи $T \rightarrow 0$, и $T \rightarrow \theta + 0$, $T \rightarrow \theta - 0$.

Задача 5.2. Выразить магнитную восприимчивость через среднеквадратичную флуктуацию магнитного момента.

Ответ.

$$\chi = \left(\frac{1}{N} \right) dM/dH |_{H \rightarrow 0} = \beta/N [\langle M^2 \rangle - \langle M \rangle^2] = \beta/N \langle [M - \langle M \rangle]^2 \rangle.$$

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

Занятие 2. Энергия в модели Изинга (2 час.)

Задача 6.1. Найти свободную энергию ферромагнитной одномерной модели Изинга, исходя из выражения статистической суммы:

$$Q = \lambda_1^N (1 + \{\lambda_2/\lambda_1\}^N) = \lambda_1^N |_{N \rightarrow \infty}, \ln Q = N \ln \lambda_1$$

Рассчитать предельный случай $H \rightarrow 0$.

Ответ.

$$F = -T \ln \lambda_1 = -TN \ln \left[\exp(\beta V) \operatorname{ch} \beta H + \sqrt{\exp(2\beta V) \operatorname{sh}^2 \beta H + \exp(-2\beta V)} \right] = \\ = -TN \ln [2 \operatorname{ch} \beta V] \Big|_{H \rightarrow 0}.$$

Задача 6.2. Найти статистическую сумму и свободную энергию антиферромагнитной одномерной модели Изинга.

Решение. Следует просто заменить V на $-V$ в решении задачи (6.1.)

Раздел 4. Параметр порядка в модели Гейзенберга. Бозе -газ. Уравнение движения спинов (6 час.)

Занятие 1. Параметр порядка в модели Гейзенберга (2 час.)

Задача 7.1. Найти уравнение для равновесного значения R , т.е. уравнение на параметр порядка в приближении среднего поля в классической модели Гейзенберга.

Ответ.

$$\frac{\partial F}{\partial R} = 0 \Rightarrow R = \mu_0 S F_L \{ \beta \mu_0 S (H + H_0) \}, \quad F_L(x) = \operatorname{cth}(x) - 1/x,$$

Где $F_L(x)$ - функция Ланжевена.

Задача 7.2. Определить критическую температуру перехода в ферромагнитное состояние, исходя из самосогласованного уравнения для параметра порядка.

Решение. Пользуясь асимптотами функции Ланжевена, при $R \rightarrow 0$ имеем $\theta = ZJ(\mu_0 S)^2/3$.

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

Занятие 2. Уравнение движения спинов (2 час.)

Задача 8.1. Записать уравнения движения для спиновых операторов в представлении Гейзенберга, взаимодействующих в соответствии с гамильтонианом $\bar{H} = -1/2 \sum_{i \neq j} J_{ij} \vec{S}_i \vec{S}_j - \vec{H} \sum_i \vec{S}_i$ (здесь J_{ij} - обменный интеграл; S_l - оператор спина на l -м узле: $\vec{S}_l = \{S_l^X, S_l^Y, S_l^Z\}$) в нулевом внешнем поле.

Решение. Уравнения движения:

$$\frac{dS_l^\alpha}{dt} = i/\hbar [\bar{H}, S_l^\alpha], \alpha = X, Y, Z.$$

Отсюда

$$dS_l^X/dt = \mu_0^2/\hbar \sum_{i, i \neq l} [J_{il} S_i^Z S_l^Y - J_{il} S_i^Y S_l^Z],$$

Остальные уравнения получаются циклической перестановкой.

Задача 8.2. Записать уравнения движения в приближении среднего поля, полагая $S^Z = S$ числом, равным модулю спина, а остальные операторы - малыми. Учесть взаимодействие только с ближайшими соседями.

Решение. Разложив произведения операторов

$$S_l^\alpha S_i^\beta \approx \langle S_l^\alpha \rangle S_i^\beta + S_l^\alpha \langle S_i^\beta \rangle,$$

и, полагая $\langle S_l^X \rangle, \langle S_l^Y \rangle$ малыми, получаем:

$$\frac{dS_l^Z}{dt} = 0, \quad \frac{dS_l^X}{dt} = \mu_0^2 SJ/h \sum_{i \neq l} [S_l^Y - S_i^Y],$$

$$\frac{dS_l^Y}{dt} = \mu_0^2 SJ/h \sum_{i \neq l} [S_i^X - S_l^X].$$

Занятие 3. Бозе -газ (2 час.)

Задача 9.1. Найти спектр магнонов в ГЦК решетке в приближении ближайших соседей.

Ответ.

$$\hbar\omega_q = SJ \left\{ 12 - 4 \left[\cos \frac{q_Z a}{2} \cos \frac{q_X a}{2} + \cos \frac{q_Z a}{2} \cos \frac{q_Y a}{2} + \cos \frac{q_X a}{2} \cos \frac{q_Y a}{2} \right] \right\}$$

где a – период решетки. При $q \rightarrow 0$, $\hbar\omega_q = JSa^2 q^2$ т.е. результат совпадает со случаем простой кубической решетки.

Задача 9.2. Найти критическую температуру ферромагнетика из условия бозе-конденсации магнонов и сравнить с критической температурой в приближении среднего поля.

Решение. Для идеального бозе-газа температура конденсации $T_0 = 3,31 \frac{\hbar^2}{m^*} \left(\frac{N}{V}\right)^{2/3}$. Для магнонов $S_Z = S - 1/N \sum_q [\exp(\hbar\omega_q/T) - 1]^{-1}$. Точка перехода будет соответствовать нулевой проекции спина на ось z , отсюда условие: $S = 1/N \sum_q [\exp(\hbar\omega_q/T) - 1]^{-1}$, совпадающее с условием на температуру бозе-конденсации с переобозначением $(N/V)^{2/3} = S^{2/3} a^{-2}$, a – период решетки. Учтем, что в длинноволновом пределе $\hbar\omega_q = JSa^2 q^2 \Rightarrow \frac{\hbar^2}{2m^*} = JSa^2$. Окончательно $T_C = 6,62 JS^{5/2}$. При $S \sim 1$ результат не сильно отличается от полученного в приближении среднего поля $\theta = ZJS^2/3$ ($Z \sim 10$).

Интерактивная форма : дискуссия по основным вопросам темы лекции

II. 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 и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ КУРСА

1 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды, наименование и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел 1 Фазовые переходы 1 и 2 рода	ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1.	Знает	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад	Вопросы к зачету № (1-4)
			Умеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (1-4)
			Владеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (1-4)
2	Раздел 2 Спиновые волны в модели Гейзенберга	ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1.	Знает	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад	Вопросы к зачету № (5-10)
			Умеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (5-10)
			Владеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (5-10)
3	Раздел 3. Конденсация и отвердевание	ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1.	Знает	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад	Вопросы к зачету № (11-15)
			Умеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (11-15)
			Владеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (11-15)
4	Раздел 4. Переходы металл – изолятор	ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1.	Знает	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад	Вопросы к зачету № (16-18)
			Умеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (16-18)
			Владеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (16-18)

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

IV. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Ансельм. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2007. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/692>. — Загл. с экрана.
 2. Ушакова Е.В. Введение в физику твердого тела. Конспект лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ушакова Е.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, 2015.— 100 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65817.html>.— ЭБС «IPRbooks».
 3. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.И. Епифанов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>. — Загл. с экрана.
 4. Киттель, Ч., Введение в физику твердого тела : [учебное руководство] / Москва : Альянс, 2013. 791 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:776747&theme=FEFU>
-
1. Ландау, Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 616 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2230>. — Загл. с экрана.
 2. Терлецкий Я.П. Статистическая физика. М., Высшая школа, 1994, 353 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:41027&theme=FEFU>
 3. Фейнман Р. Статистическая механика. М., 1975. — 408 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:404930&theme=FEFU>
 4. Леонтович М.А., Введение в термодинамику. Статистическая физика : [учебное пособие] / Санкт-Петербург : Лань, 2008. 419 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:281582&theme=FEFU>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. НЭБ : eLIBRARY.RU
2. НЭБ : Scopus
3. НЭБ : Web Of Science
4. Обучающий ресурс: [MIT. Strong interactions. Effective field theories of QCD](http://MIT.Strong interactions. Effective field theories of QCD)

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. 690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, кампус ДВФУ, корпус L, ауд. L560.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. 690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, кампус ДВФУ, корпус L, ауд. L556.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. 690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, кампус ДВФУ, корпус L, ауд. L557.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

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, поэтому посещение лекций крайне необходимо!

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.

Методические указания по подготовке доклада

По отдельным темам на коллоквиумах могут делаться более емкие и глубокие доклады – до 15-20 минут. Тема доклада может быть предложена преподавателем или выбрана обучающимся самостоятельно.

При подготовке к докладу проводится подбор литературных источников по теме из рекомендуемой основной и дополнительной литературы, а также работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», указанными в рабочей программе.

Работа с текстом научных книг и учебников состоит не только в прочтении материала, необходимо провести анализ, сравнить изложение материала в разных источниках, подобрать материал таким образом, чтобы

он раскрывал тему доклада. Проанализированный материал конспектируют, при этом надо избегать простого переписывания текстов без каких-либо комментариев и анализа. Прямое заимствование текстов других авторов в науке не допускается, оно определяется как плагиат и является наказуемым. Цитирование небольших фрагментов (со ссылкой на автора) допускается, если надо подчеркнуть стиль или сущность авторского определения, но злоупотреблять чужими текстами нельзя. Доклад должен быть выстроен логично, материал излагается цельно, связно и последовательно, делаются выводы. Желательно, чтобы обучающимся мог выразить своё мнение по обсуждаемой проблеме. Необходимо заранее продумать схемы для иллюстрации на доске или приготовить их в форме компьютерной презентации. В докладе обязательно необходимо использовать термины и ключевые слова по данной теме. После доклада проводится обсуждение с дополнениями и поправками. Оценивается как качество доклада, так и активность участников дискуссии.

Методические указания по сдаче зачета.

Зачеты принимаются ведущим преподавателем. Во время проведения зачета 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.).

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L560. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Парты и стулья, экран проекционный SENSSCREEN ES-431150 150* настенно-потолочный моторизированный, покрытие Matte White, 4:3, размер рабочей поверхности 305*229, проектор BenQ MW 526 E.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L556. Учебная аудитория для проведения занятий	Парты и стулья, экран проекционный SENSSCREEN ES-431150 150* настенно-потолочный моторизированный, покрытие Matte White, 4:3, размер рабочей поверхности 305*229, проектор BenQ MW	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.

лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	526 Е.	
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L557. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Парты и стулья, экран проекционный SENSSCREEN ES-431150 150* настенно-потолочный моторизированный, покрытие Matte White, 4:3, размер рабочей поверхности 305*229 , проектор BenQ MW 526 Е.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Теория фазовых переходов»
Направление подготовки 03.06.01 *Физика и астрономия*
Профиль «*Физика конденсированного состояния*»
Форма подготовки (очная)

**Владивосток
2015**

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине 1 семестр

№* п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к докладу	10 часов	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад
2	3-6 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к докладу	10 часов	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад
3	7-10 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к докладу	10 часов	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад
4	11-13 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к докладу	10 часов	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад
5	14-15 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к докладу	10 часов	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад
6	15-16 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к докладу	10 часов	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад
7	17-18 неделя	Подготовка к зачету	12 часов	Зачет

Методические указания по работе с литературой

Надо составить первоначальный список источников. Основой может стать список литературы, рекомендованный в рабочей программе курса. Для удобства работы можно составить собственную картотеку отобранных источников (фамилия авторов, заглавие, характеристики издания) в виде рабочего файла в компьютере. Такая картотека имеет преимущество, т.к. она позволяет добавлять источники, заменять по необходимости одни на другие, Первоначальный список литературы можно дополнить, используя электронный каталог библиотеки ДВФУ, при этом не стесняйтесь обращаться за помощью к сотрудникам библиотеки.

Работая с литературой по той или другой теме, надо не только прочитать, но и усвоить метод ее изучения: сделать краткий конспект, алгоритм, схему прочитанного материала, что позволяет быстрее его понять, запомнить. Не рекомендуется дословно переписывать текст.

Методические рекомендации к самостоятельной работе студента

Текущий контроль результатов самостоятельной работы осуществляется в ходе проведения практических занятий (устный опрос), коллоквиумов и тестирования. На основании этих результатов студент получает текущие и экзаменационные оценки, по которым выводится итоговая оценка. Промежуточная (семестровая) аттестация проводится в форме устного экзамена.

Методические указания по подготовке доклада

По отдельным темам на коллоквиумах могут делаться более емкие и глубокие доклады – до 15-20 минут. Тема доклада может быть предложена преподавателем или выбрана студентом самостоятельно.

При подготовке к докладу проводится подбор литературных источников по теме из рекомендуемой основной и дополнительной литературы, а также работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», указанными в рабочей программе.

Работа с текстом научных книг и учебников состоит не только в прочтении материала, необходимо провести анализ, сравнить изложение материала в разных источниках, подобрать материал таким образом, чтобы он раскрывал тему доклада. Проанализированный материал конспектируют, при этом надо избегать простого переписывания текстов без каких-либо комментариев и анализа. Прямое заимствование текстов других авторов в науке не допускается, оно определяется как плагиат и является наказуемым. Цитирование небольших фрагментов (со ссылкой на автора) допускается, если надо подчеркнуть стиль или сущность авторского определения, но злоупотреблять чужими текстами нельзя. Доклад должен быть выстроен логично, материал излагается цельно, связно и последовательно, делаются выводы. Желательно, чтобы студент мог выразить своё мнение по обсуждаемой проблеме. Необходимо заранее продумать схемы для иллюстрации на доске или приготовить их в форме компьютерной презентации. В докладе обязательно необходимо использовать термины и ключевые слова по данной теме. После доклада проводится обсуждение с дополнениями и поправками. Оценивается как качество доклада, так и активность участников дискуссии.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Теория фазовых переходов»

Направление подготовки 03.06.01 *Физика и астрономия*

Профиль *«Физика конденсированного состояния»*

Форма подготовки (очная)

**Владивосток
2015**

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 Владение методами математического описания физических процессов, протекающих в конденсированных средах	Знает	основные методы математического описания физических процессов, протекающих в конденсированных средах
	Умеет	выбирать математические методы необходимые для описания физических процессов, протекающих в конденсированных средах, критически оценивать область применимости выбранных математических методов для описания протекающих в конденсированных средах физических процессов
	Владеет	методами математического описания физических полей
ПК-2 Владение основными методами компьютерного моделирования состояния и прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения	Знает	основные методы экспериментального исследования структуры конденсированных сред; основные типы лабораторных установок (оборудования) для экспериментального исследования структуры конденсированных сред
	Умеет	обосновано выбирать методы экспериментального исследования структуры конденсированных сред, использовать современное лабораторное оборудование для проведения эксперимента
	Владеет	основными методами компьютерного моделирования физических процессов
ПК-3 Владение основными методами исследования физических свойств и функциональных характеристик конденсированных сред	Знает	основные методы исследования физических свойств конденсированных сред; методы исследования функциональных характеристик конденсированных сред
	Умеет	выбирать и применять методы исследования физических свойств конденсированных сред, выбирать и применять методы исследования функциональных характеристик конденсированных сред
	Владеет	основными методами исследования физических свойств и функциональных характеристик конденсированных сред
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и	Знает	методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
	Умеет	анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и

практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
	Владеет	навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

1 семестр

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1 Фазовые переходы 1 и 2 рода	ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1.	Знает	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад	Вопросы к зачету № (1-4)
			Умеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (1-4)
			Владеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (1-4)
2	Раздел 2 Спиновые волны в модели Гейзенберга	ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1.	Знает	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад	Вопросы к зачету № (5-10)
			Умеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (5-10)
			Владеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (5-10)
3	Раздел 3. Конденсация и отвердевание	ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1.	Знает	УО-1 Собеседование; УО-3 доклад	Вопросы к зачету № (11-15)
			Умеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (11-15)
			Владеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (11-15)
4	Раздел 4. Переходы	ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1.	Знает	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету №

	металл – изолятор			ие; УО-3 доклад	(16-18)
			Умеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (16-18)
			Владеет	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету № (16-18)

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-1 Владение методами математического описания физических процессов, протекающих в конденсированных средах	знает (пороговый уровень)	основные методы математического описания физических процессов, протекающих в теории фазовых переходов	Знание основных определений, понятий и методов математического описания процессов теории фазовых переходов	способность систематического знания основных понятий и методов математического описания теории фазовых переходов
	умеет (продвинутый)	выбирать математические методы необходимые для описания физических процессов в теории фазовых переходов способен применять их для научной работы	Умение выбирать математические методы необходимые для описания физических процессов с помощью теории фазовых переходов	способность выделять математические методы для решения задач в области физики конденсированных сред с применением теории фазовых переходов для своей научно-исследовательской деятельности
	владеет (высокий)	методами математического описания физических процессов в теории фазовых переходов	владение основными методами математического описания физических процессов с помощью теории фазовых переходов	способность успешного и систематического владения основными методами математического описания для решения современных научно-исследовательских и практических задач в теории фазовых переходов
ПК-2 Владение основными методами компьютерного	знает (пороговый уровень)	Базовые знания основных методов компьютерного моделирования, исследований и прогнозирования	Знание основных методов компьютерного моделирования и прогнозирования изменения	способность дать описание базовых методов компьютерного моделирования, исследований и

<p>моделирования состояния и прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения</p>		<p>изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения в рамках теории фазовых переходов</p>	<p>физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения в рамках теории фазовых переходов</p>	<p>прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения в рамках теории фазовых переходов</p>
	<p>умеет (продвинутый)</p>	<p>Применять базовые знания методов компьютерного моделирования современных задач теории фазовых переходов и прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения</p>	<p>Использовать базовые знания методов компьютерного моделирования задач теории фазовых переходов и прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения</p>	<p>Способность применить базовые знания о методах компьютерного моделирования для решения задач теории фазовых переходов, исследований и прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>методами компьютерного моделирования процессов фазовых переходов в наноситемах, решения задач и прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения</p>	<p>Навыками применения методов компьютерного моделирования процессов фазовых переходов в наноситемах и прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения</p>	<p>способность применять методы компьютерного моделирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения для решения научно-исследовательских задач в теории фазовых переходов в наноситемах</p>
<p>ПК-3 Владение основными методами исследования</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<p>Базовые знания об основных методах исследования физических свойств и</p>	<p>Знание об основных методах исследований физических свойств и</p>	<p>Способность дать определение основных методов исследований применяемых теорией фазовых переходов для</p>

ия физически х свойств и функциона льных характерис тик конденсиро ванных сред		функциональных характеристик конденсированных сред в теории фазовых переходов	функциональных характеристик конденсированны х сред с применением теории фазовых переходов	описания физических свойств и функциональных характеристик конденсированных сред
	умеет (продв инутый)	Применять базовые знания о основных современных методах исследования применяемых теорией фазовых переходов физических свойств и функциональных характеристик конденсированных сред	Умение использовать базовые о основных современных методах исследования применяемых теорией фазовых переходов свойств и функциональных характеристик конденсированны х сред	Способность применять базовые знания о основных современных методах исследования физических свойств и функциональных характеристик конденсированных сред в рамках теории фазовых переходов
	владеет (высокий)	Знаниями о основных современных методах теории фазовых переходов для исследования физических свойств и функциональных характеристик нанодисперсных магнетиков и применения их для решения научно- исследовательских задач	Владение навыками применения современных методов теории фазовых переходов, исследования свойств и функциональных характеристик конденсированны х сред и применения их для решения научно- исследовательски х задач	Способность использовать методы исследования теории фазовых переходов, решение задач определения физических свойств и функциональных характеристик нанодисперсных магнетиков и применения их для решения научно- исследовательских задач
УК-1 Способнос ть к критическо му анализу и оценке современн ых научных достижени й,	знает (порог овый уровень)	Базовые современные научные достижения и современные научные проблемы в области физики фазовых переходов	знание современных научных достижений и современных научных проблем в области физики фазовых переходов	Способность озвучить и объяснить основные современные научные достижения и современные научные проблемы в области физики фазовых переходов
	умеет (продв	Оценить базовые современные	Умение критически	Способность провести критический анализ и

генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	инутый)	научные достижения и современные научные проблемы в области физики фазовых переходов	анализировать и оценивать современные научные достижения и современные научные проблемы в области физики фазовых переходов	оценка современных научных достижений и современных научных проблем в области физики фазовых переходов
	владеет (высокий)	Методами критического анализа и оценки современных научных, знаниями о новых идеях, применяемых в физике фазовых переходов, в том числе и в междисциплинарных областях	Умение критически анализировать и оценивать современные научные достижения в области физики фазовых переходов, видит связь с междисциплинарными областями и способен генерировать новые идеи решения исследовательских и практических задач	Способность провести критический анализ и оценку современных научных достижений в области физики фазовых переходов, увидеть связь с междисциплинарными областями и генерировать новые идеи решения исследовательских и практических задач

В качестве заключительного этапа промежуточной (семестровой) аттестации по дисциплине «Теория фазовых переходов» предусмотрен **зачет**.

Вопросы к зачету

по дисциплине «Теория фазовых переходов»

1. Типы фазовых переходов и их связь с поведением термодинамических потенциалов в точке перехода.
2. Классификация веществ по их магнитным свойствам.
3. Магнитные свойства систем невзаимодействующих магнитных моментов.
4. Системы с локальным взаимодействием. Эффективное поле. Точка Кюри.
5. Природа обменного взаимодействия. Модели Изинга и Гейзенберга.
6. Свободная энергия ферромагнетика в модели Изинга. Метод Брэгга – Вильямса.
7. Одномерная модель Изинга. Квадрат магнитного момента и суперпарамагнетизм.
8. Решение Онзагера. Постановка задачи и основные результаты.
9. Метод Бете–Пайерлса (квазихимический метод).

10. Метод случайных полей взаимодействия (МСП). Общий подход.
11. Метод случайных полей взаимодействия. Концентрационные магнитные фазовые переходы.
12. «Движение» точки Кюри при наличии диффузии.
13. Ближний и дальний порядок. Корреляции. Оценки в МСП.
14. Флуктуации вблизи точки фазового перехода. Теплоемкость с учетом флуктуации.
15. Модель Гейзенберга. Спиновые волны. Магноны.
16. Переход пар–жидкость как фазовые переходы I рода. Уравнение Ван–дер–Ваальса.
17. Модель решеточного газа. Флуктуации.
18. Переход жидкость–твердое тело.

Оценочные средства для текущего контроля

Устный опрос - наиболее распространенный метод контроля знаний обучающихся. При устном опросе устанавливается непосредственный контакт между преподавателем и обучающимися, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для оценки количества и качества усвоения аспирантами учебного материала. Он является наиболее распространенной и адекватной формой контроля знаний учащихся, включает в себя собеседование (главным образом на экзамене), коллоквиум, доклад.

Критерии оценки устного ответа:

Оценка	Критерии
Оценка «5» «Отлично»	Аспирант показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Аспирант обнаружил понимание материала, обоснованной суждений, способность применить полученные знания на практике.
Оценка «4» «Хорошо»	Аспирант дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает некоторые ошибки, которые исправляет самостоятельно, и некоторые недочеты в изложении вопроса.
Оценка «3» «Удовлетворительно»	Аспирант обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в ответе.
Оценка «2» «Неудовлетворительно»	Аспирант обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса; допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке аспиранта, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.

Примерные темы для докладов

по дисциплине «**Теория фазовых переходов**»

1. Магнитные состояния твердых тел.
2. Длинноволновый предел
3. Магноны
4. Ферромагнетизм
5. Уравнение Ван-дер –Ваальса
6. Операторы спиновых волн

Вопросы для собеседования

по дисциплине «**Теория фазовых переходов**»

1 семестр

1. Типы фазовых переходов и их связь с поведением термодинамических потенциалов в точке перехода.
2. Классификация веществ по их магнитным свойствам.
3. Магнитные свойства систем невзаимодействующих магнитных моментов.
4. Системы с локальным взаимодействием. Эффективное поле. Точка Кюри.
5. Природа обменного взаимодействия. Модели Изинга и Гейзенберга.
6. Свободная энергия ферромагнетика в модели Изинга. Метод Брэгга – Вильямса.
7. Одномерная модель Изинга. Квадрат магнитного момента и суперпарамагнетизм.
8. Решение Онзагера. Постановка задачи и основные результаты.
9. Метод Бете–Пайерлса (квазихимический метод).
10. Метод случайных полей взаимодействия (МСП). Общий подход.
11. Метод случайных полей взаимодействия. Концентрационные магнитные фазовые переходы.
12. «Движение» точки Кюри при наличии диффузии.
13. Ближний и дальний порядок. Корреляции. Оценки в МСП.
14. Флуктуации вблизи точки фазового перехода. Теплоемкость с учетом флуктуации.
15. Модель Гейзенберга. Спиновые волны. Магноны.
16. Переход пар–жидкость как фазовые переходы I рода. Уравнение Ван–дер–Ваальса.
17. Модель решеточного газа. Флуктуации.
18. Переход жидкость–твердое тело.