**Программа учебной дисциплины**

Название дисциплины

Фазовые переходы

Где проводится

Базовая кафедра ТФ при ИТФ РАН (Черноголовка)

Автор программы

Лебедев Владимир Валенитинович, проф., д-р физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН, гнс ИТФ РАН

Курс

1-ый год магистратуры

Модули

1-ый и 2-ой модули

Объём курса

2 ак. часа лекция и 2 ак. часа семинар в неделю

Элементы контроля

Домашние задания

Письменный экзамен

1. Аннотация дисциплины

В семестровом курсе «Фазовые переходы» представлена теория флуктуационных явлений, связанных с макроскопическими степенями свободы. Наряду с критическими явлениями, имеющими место вблизи фазовых переходов второго рода и критических точек, рассмотрены различные фазы конденсированного состояния, где флуктуации играют важную роль в макрофизике. Дается теория динамических флуктуаций, которая применяется как к равновесным, так и к неравновесным системам. Используются формализм функциональных интегралов, диаграммная техника, ренорм-групповая процедура, соотношения скейлинга, Ланжевеновские силы, анализируются хвосты функций распределения вероятности. Курс «Фазовые переходы» содержит в себе сведения, необходимые для работы современному физику-теоретику.

2. Программа дисциплины

Целями освоения дисциплины «Фазовые переходы» являются:

- формирование у студентов профессиональных компетенций в области физики конденсированных сред, приобретение студентами навыков самостоятельной работы;

- формирование подходов, основанных на полученных знаниях, позволяющих проводить научные исследования и анализировать полученные результаты;

- развитие умений, позволяющих развивать качественные и количественные физические модели флуктуационных явлений в конденсированном состоянии.

Дисциплина «Фазовые переходы» охватывает следующие темы:

- Теория Ландау фазовых переходов, скачок теплоемкости;

- Теория возмущений в модели Ландау, флуктуационные поправки;

- Паркетные диаграммы – суммирование главной последовательности диаграмм;

- Ренорм-группа и эпсилон-разложение, критические индексы;

- Слабая кристаллизация, флуктуации и фазовая диаграмма;

- Тепловые флуктуации в смектиках, ренормировка параметров;

- Двумерные ферромагнетики, спонтанное появление щели в спектре;

- Физика мембран, ренормировка модулей упругости мембраны;

- Фазовый переход Березинского-Костерлица-Таулесса;

- Критическая динамика, динамический критический индекс;

- Проблема Kардара-Паризи-Дзанга;

- Двумерная гидродинамика, ренормировка коэффициентов вязкости;

- Пассивный скаляр в случайном поле скорости.

3. Элементы контроля и правила оценивания

Оценки выставляются по 10-ти балльной шкале.

Текущий контроль предусматривает домашние работы каждую неделю.

Итоговый контроль - экзамен в конце 2-го модуля. Проводится письменно и предусматривает решение пяти задач, каждая из которых является мини-исследованием.

Полное решение каждой задачи оценивается в 2 балла, максимальная оценка за экзамен – 10 баллов.

Итоговая оценка определяется оценкой за экзамен.

4. Примеры заданий элементов контроля

Пример экзаменационного билета:

  **Problem 1**

Let us consider the second-order phase transition point in dimensionality described by the Landau functional

where is an one-component order parameter. There is the following additional small contribution to the Landau functional

Find an one-loop RG equation for . Express the answer via the invariant charge .

  **Problem 2**

Let us consider two ferromagnetic layers described by the Landau functionals

where are unit vectors determining the magnetization directions in the layers. The interaction energy between the layers can be written as

Find an one-loop RG-equation for the coefficient in the region of the applicability of the perturbation theory assuming that is a small correction to . The answer should be expressed via the invariant charge.

  **Problem 3**

The Landau functional describing the weak crystallization (with the third order term omitted) is

Find an -dependence of the gap near the terminating point of the (metastable) smectic phase. Motivate your choice of a branch of the function .

  **Problem 4**

Let us consider the field , that is a symmetric real traceless matrix , in the dimension (time + space), satisfying the following stochastic equation

 Here is diffusion coefficient, is a parameter characterizing degree of non-linearity, and is a symmetric real traceless matrix , its components are Langevin forces (white noise) determined by the pair correlation function

 Find one-loop RG-equations for the parameters , , and also an expression for the invariant charge .

  **Problem 5**

We consider the stochastic dynamics in described by

 Find the correlation function provided where is a unit vector.

5. Рекомендованная литература и ссылки по теме

5.1. Основной список

В.В.Лебедев, Флуктуационные эффекты в макрофизике, М.: МЦНМО, 2004, - 254 с.

А.З.Паташинский, В.Л.Покровский, Флуктуационная теория фазовых переходов, М.: Наука, 1982, - 382 с.

5.2. Дополнительный список

Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, Статистическая физика, часть 1, М.: Наука, 1976.

P. C. Hohenberg, B. I. Halperin, Theory of dynamic critical phenomena, Rev. Mod. Phys. 49, 435.

D. R. Nelson, T. Piran, and S. Weinberg, eds., Statistical mechanics of membranes and surfaces, 2nd ed., World Scientific, Singapore, 2004.

Факультет физики НИУ ВШЭ 2022-2023 учебный год