

# Низкоразмерный магнетизм

**Лекторы:**

Иван Иорш

**Ассистент:**

Денис Седов

**Язык:**

English

**Трудоемкость:**

3 з.е.

**Форма контроля:**

Экзамен

**Образовательная программа:**

Нанопотоника

1,3 семестр

Гибридные материалы

1, 3 семестры

Квантовые материалы

1, 3 семестры

Компьютерное моделирование квантовых и нанопотонных систем

1, 3 семестры

**Пререквизиты:**

Квантовая механика

Статистическая физика

Квантовая теория многих тел

| Лекции<br>(ак.час)*               | Практические занятия<br>(ак.час) | Лабораторные занятия<br>(ак.час) |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 16                                | 16                               |                                  |
| *1 академический час = 45 минутам |                                  |                                  |

Целью курса является знакомство студентов с основами теории магнитных систем.

Курс разделен на две части. Первая часть посвящена феноменологическому описанию магнитных систем основанному на моделях Изинга и различных версиях модели Гейзенберга. Основные состояния этих моделей анализируются в рамках термодинамического подхода и теория среднего поля. Выводится связь с теорией фазовых переходов Ландау. Изучаются ферромагнитные и антиферромагнитные основные состояния системы, а так же неколлинеарные магнитные состояния, такие как решетка скирмионов и киральные магнетики. Изучается дисперсия спиновых волн в анти и ферромагнетиках. Вторая часть курса посвящена микроскопическим моделям магнитных систем, таким как модель Хаббарда и sd модель. Изучается роль спин орбитального взаимодействия электронов проводимости на эффективные магнитные взаимодействия. Подробно обсуждается микроскопическая теория взаимодействия Дзялошинского-Мории

This course aims in introducing students to the theory of magnetic systems.

The course is separated in two parts. The first part is devoted to phenomenological models of magnetic systems, more specifically, to the Ising model and to different versions of the Heisenberg model. The ground states of these models are analyzed by employing thermodynamic approach and the mean field theory. A connection with Landau theory of phase transitions is established. Ferromagnetic and antiferromagnetic ground states as well as non-collinear ground states, such as skyrmion lattice and chiral magnets, are derived and investigated. Finally, the theory of spin waves is introduced for both anti- and ferro-magnets. The second part of the course is devoted to microscopic foundations of magnetism that is formulated on the basis of Hubbard and sd-like models. A special attention is paid to the role of spin orbit interaction of conduction electrons. Microscopic origin of Dzyaloshinskii-Moria interactions in magnetic systems is discussed in detail.

## Содержание курса

### 1 семестр

#### **Часть I. Феноменологические модели магнитных систем**

##### **Структура курса**

Модель Изинга в одном и двух измерениях

Фазовый переход в модели Изинга

Теория фазовых переходов Ландау

Модель Гайзенберга и ее вариации

Ферромагнетики, антиферромагнетики и неколлинеарные магнетики

Спиновые волны

#### **Часть II. Квантовые модели магнитных систем**

##### **Структура курса**

Магнетизм в модели Хаббарда

s-d подобные модели и их анализ в приближении среднего поля

Спин-орбитальное взаимодействие

Взаимодействие Дзялошинского-Мории

#### **Part 1. Single particle QM methods**

##### **Структура курса**

Ising model in one and two dimensions

Phase transition in the Ising model

Landau theory of phase transitions

Heisenberg model and its derivatives

Magnetic ground states: ferromagnets, antiferromagnets, chiral magnets, skyrmion lattices

Spin waves in ferromagnets and antiferromagnets

#### **Part II. Introduction to many-body problems in QM**

##### **Структура курса**

Hubbard model for itinerant magnetism

s-d-like models and their mean field analysis

spin-orbit interaction

microscopic foundation of Dzyaloshinskii-Moria interaction

## **Политика оценивания**

Как оценивается успеваемость по курсу:

20% оценки: презентация решения задач на семинаре

80% оценки: письменный экзамен по курсу

Grading policy:

20% of the final grade: presentation of problems during the seminar

80% of the final grade: written exam after the course