

## Рабочая программы дисциплины

### Квантовые кооперативные явления в твердых телах

Спецкурс кафедры физики низких температур и сверхпроводимости, обязательный, для 120м группы, 2й семестр, 72 часа, экзамен.

#### Лектор.

К.ф.-м.н., доцент Маркина Мария Михайловна, кафедра физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ, markina@mig.phys.msu.ru, +7-495-9393825

#### Аннотация дисциплины.

Курс «Квантовые кооперативные явления в твердых телах» представляет собой обзор круга явлений в твердых тел при низких температурах, связанных с реализацией в них основного упорядоченного состояния: сверхтекучесть, сверхпроводимость, магнетизм, волна зарядовой плотности. Эти явления, за исключением сверхтекучести, разыгрываются в твердых телах, образованных одинаковыми, а чаще разными, атомами. Имея базовые представления о свойствах атомов, можно продвигаться к пониманию их взаимодействий и, в конечном счете, выйти на тот рубеж, где макроскопические явления связываются с микроскопическим строением вещества. На этом рубеже и находится современная физика. В рамках курса студенты знакомятся с характеристиками квантовых основных состояний в рамках единого подхода – формирование упорядоченного состояния фазовым переходом второго рода, поведение системы в основном состоянии, Бозе-Эйнштейновская конденсация возбуждений при понижении температуры или под действием магнитного поля.

#### План курса.

##### Введение

*Обзор достижений в понимании квантовых кооперативных состояний за сто лет со времени получения жидкого гелия. Современные представления о единстве подходов к сверхпроводимости, сверхтекучести, магнетизму.*

##### Раздел 1. Квантовые газы и кристаллы.

*Особенности основного состояния в  $^4\text{He}$ . Эксперименты Капицы, Кеезома, Аллена. Сверхтекучесть как Бозе-Эйнштейновская конденсация. Уравнения Ландау-Тиссы, двухскоростная гидродинамика. Вращение сверхтекучего гелия. Критические частоты. Вихревая решетка. Эксперименты Кима и Чена по вращению твердого  $^4\text{He}$ . Суперсолидность в квантовых кристаллах. Сверхтекучесть  $^3\text{He}$ . Эксперименты Ли, Ричардсона, Ошерова. Идея Леггетта о спонтанном нарушении спин-орбитальной симметрии. Сравнение поведения  $^3\text{He}$  и ферромагнетиков*

##### Раздел 2. Сверхпроводники

*Уравнение Гинзбурга-Ландау, идеи Бардина, расчет Купера. Микроскопическая теория сверхпроводимости. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера. Сверхпроводники первого и второго рода. Туннельные явления в сверхпроводниках. Диборид*

*магния. Сверхпроводимость пниктидов. Высокотемпературная сверхпроводимость в купратах. Железные сверхпроводники. Сверхпроводимость под давлением.*

### Раздел 3. Магнитные состояния вещества

*Носители магнетизма в твердых телах. Парамагнетизм и диамагнетизм. Взаимодействие магнитных моментов. Спонтанное нарушение симметрии при упорядочении магнитной подсистемы. Кооперативные возбуждения. Квантовые модели Изинга и Гейзенберга. Эффекты ближнего и дальнего порядка. Магнитный димер. Бозе-Эйнштейновская конденсация магнонов.*

### Раздел 4. Зарядовое упорядочение

*Зарядовое упорядочение и магнетизм по модели Вервея. Двойной обмен. Фазовое расслоение в манганитах лантана. Формирование немагнитного основного состояния за счет зарядового упорядочения в квазидвумерных магнетиках. Волна зарядовой плотности. Магнитные соединения с разновалентными ионами: смешанные оксиды железа и марганца.*