

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

В.А. Кашурников, А.В. Красавин

## Вопросы к экзамену (зачету)

1. Классификация фазовых переходов. Классификация магнитных свойств веществ.
2. Обменное взаимодействие между магнитными моментами. Модели Гейзенберга, Изинга.
3. Невзаимодействующие магнитные моменты с двумя степенями свободы (модель Изинга).
4. Модель Изинга. Приближение среднего поля. Уравнение Вейсса. Температура перехода Кюри – Вейсса.
5. Теплоемкость и восприимчивость в модели Изинга в приближении среднего поля.
6. Точные решения в одномерной и двумерной моделях Изинга.
7. Система невзаимодействующих магнитных моментов.
8. Модель Гейзенберга для ферромагнетиков. Классическая модель в приближении среднего поля. Параметр порядка и восприимчивость.
9. Квантовая модель Гейзенберга. Основное состояние.
10. Возбуждения в ферромагнетике. Спиновые волны. Закон дисперсии магнонов. Вклад спиновых волн в теплоемкость и намагниченность.
11. Антиферромагнетизм. Классическая антиферромагнитная модель в приближении среднего поля в модели Изинга. Восприимчивость.
12. Антиферромагнетизм в классической модели Гейзенберга. Ось легкой намагниченности. Тензор восприимчивости.
13. Основное состояние квантовой антиферромагнитной модели. Спектр возбуждений в антиферромагнетиках.
14. Ферризмagnetизм. Восприимчивость ферризмagnetика.
15. Переход пар – жидкость. Конденсация. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
16. Модель решеточного газа. Уравнение состояния. Классификация фазового перехода.
17. Переход жидкость – твердое тело. Кристаллизация.
18. Делокализованные магнитные моменты. Электроны в твердом теле. Парамагнетизм Паули.
19. Приближение сильной связи и модель Хаббарда.
20. Спиновый ферромагнетизм Стонера. Условие Блоха – Стонера.
21. Переход металл – диэлектрик в модели Мотта.
22. Переход Мотта в рамках модели Хаббарда.
23. Переход металл – диэлектрик в неупорядоченных системах Модель Андерсона.
24. Бозе-эйнштейновская конденсация. Возбуждения в неидеальном бозе-газе.
25. Сверхтекучесть в гелии-4. Фазовая диаграмма. Основные эксперименты. Критерий сверхтекучести Ландау.
26. Сверхтекучесть в гелии-3. Основные эксперименты и теоретические представления. Эффект Померанчука, сверхтекучие фазы.
27. Открытие и основные экспериментальные факты для низкотемпературных сверхпроводников.
28. Обзор феноменологических теорий сверхпроводимости. Модели Казимира – Гортера, Лондонов. Эффект Мейсснера.
29. Природа эффективного притяжения между электронами. Диэлектрический формализм.
30. Куперовская пара. Энергия связи и радиус.
31. Гамильтониан БКШ. Волновая функция БКШ.
32. Уравнение для параметра порядка при нулевой температуре. Энергия конденсации.
33. Возбуждения в сверхпроводниках. Спектр возбуждений. Плотность состояний.
34. Основное уравнение БКШ. Критическая температура. Основное соотношение БКШ.

35. Анализ основного уравнения БКШ при малых температурах и вблизи критической температуры.
36. Термодинамика сверхпроводников. Теплоемкость, температурная зависимость.
37. Теория эффекта Мейсснера. Глубина проникновения.
38. Поглощение электромагнитного поля и ультразвука.
39. Туннельные и контактные явления в сверхпроводниках. Эффект Джозефсона.
40. Неравновесная сверхпроводимость при электромагнитной и туннельной инжекции.
41. Уравнения Гинзбурга – Ландау для пространственно-неоднородных систем. Функционал Гинзбурга – Ландау. Феноменологический вывод.
42. Однородное решение уравнений Гинзбурга – Ландау. Две характерные длины в сверхпроводниках из уравнений Гинзбурга – Ландау. Температурная зависимость.
43. Теория Боголюбова и уравнения Боголюбова. Квазичастицы Боголюбова.
44. Разрушение сверхпроводимости магнитным полем. Термодинамический потенциал сверхпроводника. Критическое термодинамическое магнитное поле через параметры Гинзбурга – Ландау.
45. Поверхностная энергия сверхпроводник – нормальный металл. Сверхпроводники первого и второго рода. Критическое значение параметра Гинзбурга – Ландау.
46. Квантование магнитного потока.
47. Нижнее (первое) критическое магнитное поле. Собственная энергия вихревой нити.
48. Верхнее (второе) критическое магнитное поле.
49. Структура и свойства вихревых нитей. Взаимодействие вихревых нитей.
50. Решетка вихрей. Намагниченность сверхпроводников первого и второго рода. Теорема площадей.
51. Взаимодействие вихрей Абрикосова с границей сверхпроводника, с дефектом структуры. Понятие о поверхностной сверхпроводимости.
52. Барьер Бина – Ливингстона для вихря Абрикосова на границе. Квант потока на границе.
53. Тонкие пленки. Критический ток и критическое поле тонкой пленки.
54. Жесткие сверхпроводники второго рода. Пиннинг. Критический ток. Критическое состояние. Резистивное состояние.
55. "Грязные" сверхпроводники. Влияние немагнитных и магнитных примесей на критическую температуру. Теорема Андерсона.
56. Сверхпроводники со структурой A-15. Высокотемпературные сверхпроводники.
57. Обычный эффект Холла. Применение. Случай сильного и слабого поля.
58. Целый квантовый эффект Холла. История открытия. Квантование уровней в магнитном поле (подуровни Ландау).
59. Дробный квантовый эффект Холла. История открытия и современное состояние эксперимента. Система уровней в первой зоне Ландау.
60. Вигнеровская кристаллизация. Фазовые переходы "кристалл Вигнера – жидкость Лафлина". Численное моделирование.
61. Лафлиновская жидкость как новое состояние двумерного электронного газа Возбуждения с дробным зарядом.
62. Целый квантовый эффект Холла. Теоретическое объяснение. Квантование уровней в магнитном поле (подуровни Ландау).
63. Высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП). Отличия от низкотемпературных соединений.
64. Обзор теоретических моделей ВТСП. Модели с электрон-фононным механизмом спаривания.
65. Особенности электронного строения, поверхность Ферми, дисперсия возбуждений в ВТСП. Эксперимент.
66. Узельные сильнокоррелированные модели ВТСП. Понятия о модели Хаббарда, t— модели, многозонной модели Эмери для плоскости  $\text{CuO}_2$ .
67. Нефононные механизмы спаривания носителей заряда в ВТСП. Магнитные механизмы. "Спиновые мешки" Шриффера и модель RVB Андерсона.
68. Кристаллическая структура ВТСП. Фазовые диаграммы. Особенности вихревого состояния.
69. Фазовые диаграммы ВТСП. Антиферромагнитное упорядочение. Влияние давления, примесей, облучения на сверхпроводящие параметры ВТСП.

70. Нанотехнология с помощью туннельного микроскопа, наномагниты.
71. Магнитные макромолекулы – наномагниты. Туннельная микроскопия.
72. Изотоп  $^3\text{He}$  – сверхтекучая ферми-жидкость. История открытия. Ячейка Померанчука.
73. Понятие магнитной длины. Двумерный электронный газ.
74. Возбуждения с дробным зарядом и несжимаемость лафлиновской жидкости.
75. Симметрия сверхпроводящей щели в ВТСП, s- и -спаривание. Экспериментальные данные.
76. Сверхтекучесть изотопа  $^4\text{He}$ . Экспериментальные данные.
77. Три сверхтекучие фазы гелия-3. Теоретические представления. -спаривание. Фазы Андерсона – Морела и Бальяна – Вертхамера.
78. Бозе-конденсация в газовой фазе. Спин-поляризованный водород. Эксперименты в щелочных металлах. Сверхнизкое охлаждение.
79. Туннельная микроскопия, наблюдение и изготовление атомных кластеров.
80. Туннельный микроскоп.
81. Вигнеровская кристаллизация. Фазовые переходы “кристалл Вигнера – жидкость Лафлина”. Численное моделирование.
82. Магнитно-оптические ловушки и сверхнизкое охлаждение.
83. Бозе-конденсация в газовой фазе. Эксперименты в щелочных металлах. Сверхнизкое охлаждение. Закон “1/6”.
84. Основные классы ВТСП, кристаллическая структура соединений.