

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт электрофизики
Уральского отделения Российской академии наук
(ИЭФ УрО РАН)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ»
Б1.Э.1-1**

Специальность 03.06.01 – «Физика и астрономия»

Вопросы составили:

член- корр. РАН

д.ф.-м.н.

Некрасов И.А.

Кучинский Э.З.

Фонд оценочных средств по дисциплине предназначен для проверки знаний обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ИЭФ УрО РАН по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия».

Фонд оценочных средств составлен с учётом Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденного Постановлением Правительства РФ № 2122 от 30 ноября 2021г. и на основе Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утверждённых приказом Министерства науки и высшего образования РФ № 951 от 20.10.2021 г. (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 23.11.2021 г., регистрационный № 65943).

При оценке знаний аспирантов используются следующие критерии:

- а) оценка «отлично» ставится в том случае, если обучающийся демонстрирует глубокие знания изученного материала, грамотно и логично излагает его, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса, изучил основную и дополнительную литературу, умеет самостоятельно излагать ее содержание, делать обобщения и выводы;
- б) оценка «хорошо» ставится в том случае, если обучающийся твердо усвоил программный материал, излагает его грамотно и по существу, однако допускает отдельные неточности и пробелы в знаниях;
- в) оценка «удовлетворительно» ставится в том случае, если обучающийся усвоил только основную часть программного материала, допускает неточности, непоследовательность в изложении материала, затрудняется сделать обобщения и выводы, применить знания к анализу современной действительности;
- г) оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки при его изложении, проявляет неуверенность при ответах на дополнительные и наводящие вопросы;
- д) для оценки «зачтено» применяются критерии, указанные в пунктах «а», «б», «в»;
- е) для оценки «не зачтено» применяются критерии пункта «г».

1. Определение кристаллического твердого тела. Идеальный кристалл. Зонные методы расчета электронной структуры кристаллических твердых тел в современной физике твердого тела.
2. Приближение почти свободных электронов. Электрон в слабом периодическом потенциале (плоские волны, решение уравнения Шредингера, зонная структура).
3. Основная вычислительная задача зонных методов. Движение свободного электрона в вакууме (гамильтониан, понятие энергетической дисперсии, волновая функция).
4. Метод сильной связи. Решение уравнения Шредингера и вид энергетической дисперсии в методе сильной связи.
5. Атом водорода (гамильтониан, радиальное уравнение Шредингера). Общий вид угловых распределений орбиталей атома водорода для различных m и l . Решения радиального уравнения Шредингера для различных m и l . Волновая функция водородоподобного атома.
6. Обобщенный метод ЛКАО, двухцентровое приближение, интегралы Костера Слетера. Типы межорбитальных перекрытий. Оценка величины расщепления d уровня в октаэдрическом и тетраэдрическом окружении.
7. Кристаллическая структура твердых тел (основные понятия). Разложение неприводимым представлениям (теоретико-групповой анализ). Расщепления d уровня в октаэдрическом и тетраэдрическом окружении.
8. Обратная решетка (основные понятия). Зона Бриллюэна. Теорема Блоха и следствия из нее.
9. Основные уравнения практических методов зонных расчетов электронной структуры кристаллических твердых тел: метод присоединенных плоских волн (ППВ), псевдопотенциальные методы, метод линеаризованных маффинтин орбиталей (ЛМТО).
10. Понятие гибридизации, энергии гибридных состояний, состав гибридных волновых функций, гибридные зоны. Решение одномерной цепочки с неэквивалентными узлами для случая ближайших соседей (предельные случаи сильной и слабой гибридизации).
11. Основные физические свойства сверхпроводников – электрические, магнитные и тепловые. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники I и II рода.

12. Учёт прямого кулоновского взаимодействия в модели БКШ. Критическая температура сверхпроводящего перехода и изотопический эффект с учётом кулоновского отталкивания.
13. Термодинамика сверхпроводящего перехода массивного сверхпроводника I рода в магнитном поле.
14. Стационарный и нестационарный эффект Джозефсона.
15. Лондоновская электродинамика сверхпроводников.
16. Модельный гамильтониан БКШ. Волновая функция и энергия основного состояния сверхпроводника в модели БКШ.
17. Двухжидкостная модель сверхпроводимости. Глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник в рамках двухжидкостной модели.
18. Взаимодействие вихрей в сверхпроводнике II рода. Критический ток в сверхпроводнике II рода, центры пиннинга и модель критического состояния.
19. Нелокальная связь плотности тока и векторного потенциала магнитного поля в сверхпроводнике. Длина когерентности. Промежуточное состояние сверхпроводника I рода в магнитном поле.
20. Феномен Купера – модельная задача притяжения двух электронов на фоне фермиевского газа невзаимодействующих электронов. Неустойчивость основного нормального состояния металла по отношению к притяжению электронов.
21. Критический ток в толстом сверхпроводнике I рода (правило Силсби).
22. Виды контактов в сверхпроводниках, обнаруживающие эффекты слабой сверхпроводимости. Критический ток двухконтактного сквида в магнитном поле. Применение сквидов для измерения сверхмалых магнитных полей.
23. Свободная энергия сверхпроводника в теории Гинзбурга–Ландау. Дифференциальные уравнения Гинзбурга–Ландау.
24. Резистивное состояние сверхпроводника II рода.
25. Характерные длины теории Гинзбурга–Ландау. Градиентная инвариантность уравнений Гинзбурга–Ландау.

26. Возбужденные состояния в гамильтониане БКШ. Каноническое преобразование Боголюбова и энергетическая щель в спектре элементарных возбуждений.
27. Критический ток в тонкой сверхпроводящей плёнке.
28. Модель БКШ при конечных температурах. Самосогласованное уравнение для энергетической щели при конечных температурах и критическая температура сверхпроводящего перехода.
29. Квантование магнитного потока в сверхпроводнике. Явление захвата магнитного потока.
30. Критический ток узкого джозефсоновского контакта в магнитном поле.
31. Тонкая сверхпроводящая плёнка в продольном магнитном поле.
32. Условие устойчивости сверхпроводящего конденсата при протекании электрического тока. Оценка плотности критического тока.
33. Энергия границы раздела между нормальной и сверхпроводящей фазой в сверхпроводнике.
34. Протяжённый джозефсоновский контакт во внешнем магнитном поле. Первое критическое магнитное поле джозефсоновского контакта и джозефсоновские вихри.
35. Второе критическое магнитное поле в сверхпроводниках II рода.
36. Физический механизм притяжения электронов через колебания решётки.
37. Распределение напряжённости магнитного поля вокруг изолированного абрикосовского вихря. Первое критическое магнитное поле в сверхпроводниках второго рода.
38. Границы применимости теории Гинзбурга–Ландау.