

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИЭФ УрО РАН

член-корр. РАН,
д.ф.-м.н. С.А. Чайковский

« ____ » _____ 2022 г.

ПРОГРАММА

для сдачи вступительного испытания для приема
на обучение по образовательным программам высшего образования –
программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в
аспирантуре ИЭФ УрО РАН

по специальности

1.3.8 - “Физика конденсированного состояния”

в пределах группы специальностей
03.06.00 – «Физика и астрономия»

Екатеринбург,
2022г.

I. Структура твердых тел.

1. Кристаллические и аморфные тела. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка. Решетки Бравэ. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Вульфа-Брегга. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
2. Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты и их типы. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Дефекты упаковки.

II. Механические свойства кристаллов и колебания решетки.

1. Анализ упругих деформаций кристаллов в континуальном приближении. Закон Гука. Тензор деформаций, тензоры упругих постоянных и модулей упругости. Упругие волны в кристаллах.
2. Пластичность кристаллов. Предел текучести. Роль дислокаций в пластической деформации металлов. Упрочнение.
3. Квантовые колебания решетки - фононы. Акустическая и оптическая ветвь колебаний. Теплоемкость решетки. Дебаевская частота. Фактор Дебая - Валлера в рассеянии рентгеновских лучей. Анггармонизм решеточных колебаний и тепловое расширение.

III. Электронный энергетический спектр твердых тел и явления переноса в них.

1. Металл в модели свободного электронного газа Ферми. Фермиевская функция распределения электронов и теплоемкость свободного электронного газа. Движение электрона в магнитном поле (циклотронная частота, статическое магнетосопротивление и эффект Холла). Электросопротивление и правило Маттисена. Электростатическое экранирование.
2. Приближение самосогласованного поля для электронов в твердом теле. Одноэлектронная модель. Теорема Блоха. Приближение сильной и слабой связи. Поверхность Ферми для почти свободных электронов в различных схемах зон Бриллюэна. Классификация твердых тел с точки зрения зонной теории.
3. Динамика электронов в металле в магнитном поле. Электронные, дырочные и открытые орбиты. Дырки и их свойства. Эффективная масса электронов. Квазиклассические и квантовые явления в поведении электронов проводимости в магнитном поле (циклотронный резонанс в металлах, осцилляционные эффекты в сильных магнитных полях). Плотность состояний электронов и ее ван-ховские особенности.
4. Полупроводники. Зонная структура типичных полупроводников (германий и кремний). Температурная зависимость проводимости. Концентрация носителей тока и химический потенциал в собственном полупроводнике. Примесные уровни, доноры и акцепторы. Химический потенциал несобственного полупроводника, p-n переходы. Сильнолегированные полупроводники. Особенности кинетических явлений в полупроводниках (проводимость, эффект Холла, циклотронный резонанс). Фотопроводимость и роль ловушек в явлении фотопроводимости.
5. Ионная проводимость в диэлектрических ионных кристаллах. Пробой диэлектриков. Основные формы пробоя (тепловая, электрическая, ионизация полем (эффект Зинера)).
6. Основные представления об электронных свойствах неупорядоченных систем. Переходы металл-диэлектрик в системе электронов. Переход Андерсона. Край подвижности в электронном спектре. Переход Мотта.

IV. Оптические, магнитные и сегнетоэлектрические свойства твердых тел.

1. Механизм поглощения фотонов. Поглощение свободными носителями. Решеточное поглощение. Комбинационное рассеяние света в кристаллах. Прямые и не прямые междузонные переходы. Экситоны. Вынужденное излучение в непроводящих кристаллах и принципы его усиления (мазер, лазер).
2. Диамагнетизм и паулиевский парамагнетизм свободного электронного газа. Ланде-Венского парамагнетизм и закон Кюри. Ферромагнетизм, молекулярное поле Вейсса, закон Кюри-Вейсса, температурное поведение спонтанной намагниченности, кривые Белова-Аррота. Ферромагнитные домены, энергия анизотропии и доменные стенки. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм.
3. Сегнетоэлектрические кристаллы, их квалификация. Фазовые переходы в сегнетоэлектриках, сегнетоэлектрические домены. Пьезоэлектричество.

V. Сверхпроводимость.

Основные свойства сверхпроводников. Термодинамика перехода в сверхпроводящее состояние. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри и вихревые структуры. Критический ток в сверхпроводниках I и II рода. Основы микроскопической теории Бардина-Купера-Шриффера. Куперовские пары. Энергетическая щель в сверхпроводнике. Слабая сверхпроводимость (эффект Джозефсона). Особенности физических свойств высокотемпературных сверхпроводников.

VI. Экспериментальные методы физики твердого тела.

Рентгенография: методы исследования идеальной и реальной структуры. Электрография и электронная спектроскопия. Нейтронография: упругое и неупругое когерентное рассеяние, исследование магнитных структур и фононных спектров. Эффект Мессбауэра. Магнитные резонансные методы (ЯМР, ЭПР). Измерения проводимости. Гальваномагнитные измерения и осцилляционные эффекты в сильных магнитных полях как методы изучения электронной энергетической структуры кристаллов. Оптические методы изучения электронных характеристик твердых тел.

Литература:

1. Ч.Киттель. Введение в физику твердого тела. Физматгиз, 1983.
2. М.Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела. Мир, 1979, т.1-2.
3. Ю.И.Сиротин, М.П.Шаскольская. Основы кристаллофизики. Наука, 1979.
4. Дж.Займан. Принципы теории твердого тела. Мир, 1974.
5. Ч.Уэрт, Р.Томсон. Физика твердого тела. Мир, 1969.
6. А.Роуз-Инс, Е.Родерик. Введение в физику сверхпроводимости. Мир, 1972.
7. Р.Уайт, Т.Джебелл. Дальний порядок в твердых телах. Мир, 1982.
8. Р.Уайт. Квантовая теория магнетизма. Мир, 1985.
9. Н.Ф.Мотт. Переходы металл-изолятор. Физматгиз, 1979.
10. Н.Мотт, Э.Дэвис. Электронные процессы в некристаллических веществах. Мир, 1974.