

## ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО КОНКУРСНОЙ ГРУППЕ «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДВУМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

1. Уравнение Максвелла в вакууме. Энергия электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Излучение электромагнитных волн в электрическом дипольном приближении. Уравнения Максвелла в среде. Материальные уравнения. Комплексная диэлектрическая проницаемость и показатель преломления, их пространственная и временная дисперсия. Диэлектрики, магнетики, проводники, сверхпроводники и их электромагнитные свойства.
2. Плоские и сферические волны. Квазимонохроматические волны. Поляризация электромагнитных волн. Линейная, круговая, эллиптическая и хаотическая поляризация света. Способы получения различных состояний поляризации света. Отражение и преломление света на границе раздела сред. Физический смысл формул Френеля. Изменение состояния поляризации света при отражении и преломлении.
3. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.
4. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.
5. Дефекты в твердых телах. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.
6. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.
7. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.
8. Тепловые свойства твердых тел. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана-Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.
9. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Основные приближения зонной теории. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
10. Магнитные свойства твердых тел. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри-Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и

восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы. Антиферромагнетики.

11. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований. Магнитооптические эффекты. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты.
12. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

### **Литература**

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т. 3. Электричество. М.: ФИЗМАТЛИТ и МФТИ, 2004.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т. 4. Оптика. М.: ФИЗМАТЛИТ и МФТИ, 2006.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 8. Электродинамика сплошных сред. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.
4. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М.: Изд-во МГУ, 1998.
5. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
6. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979.
7. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1969.
8. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
9. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.
10. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.
11. Морозов А.И. Элементы современной физики твердого тела. М.: Интеллект, 2015.