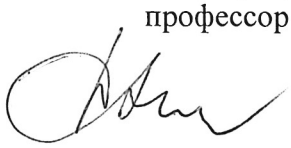
Утверждено
решением Ученого Совета
физического факультета МГУ
от 26.12.2019 г.
Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н.Сысоев



Государственный экзамен по физике

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Магистерская программа

«*Дифракционные и ядерно-резонансные методы исследования конденсированных сред*»

Билет № 1

1. Электронная структура атомов. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
2. Эффект Джозефсона.
3. Показать, что для случая одномерной решетки существование энергетических разрывов на границе зоны Бриллюэна эквивалентно условию брэгговского отражения электронных волн.

Билет № 2

1. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа алмаза.
2. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
3. Найдите энергию взаимодействия двух диполей с дипольными моментами $\mathbf{p}_1$ и $\mathbf{p}_2$, находящихся на расстоянии $r >> l_i$ друг от друга (l_i – размер i - го диполя).

Билет № 3

1. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера - Зейтца. Решетка Браве. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
2. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
3. Пусть a и b – волновые функции двух атомов водорода (соответствующие состояниям $1s$), образующих молекулу H_2. Построить собственную антисимметричную электронную волновую функцию φ для молекулы H_2, где два электрона имеют противоположные спины ($\varphi = a + b$). Показать, что эта волновая функция тесно связана с функцией Гайтлёра-Лондона для основного состояния H_2. Кроме того, в нее входят еще добавочные члены. Каков их смысл?

Билет № 4

1. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.
2. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
3. Вычислить ток термоэлектронной эмиссии от вольфрамовой проволоки длиной 3 см и радиусом 1 мм, нагретой до 2000 °C (работу выхода A для вольфрама принять равной 4,5 эв).

Билет № 5

1. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.
2. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.
3. Вычислить постоянную Маделунга A для линейной цепочки равноудаленных ионов с чередующимися положительными и отрицательными зарядами.

Билет № 6

1. Точечные дефекты в кристаллах, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Равновесная концентрация вакансий. Дефекты Френкеля и Шоттки.
2. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
3. На дебаеграмме некоторого кубического кристалла, снятой на излучении меди CuK_α (λ = 1,542Å), видны линии под углами Брэгга θ: 12,3; 14,1; 20,2; 24,0; 25,1; 29,3; 32,2 и 33,1°. Проиндицировать эти линии. Определить, является ли эта решетка примитивной, гранецентрированной или объемноцентрированной, и вычислить длину ребра ячейки. Плотность этого вещества равна 8,31 г×см^3, молекулярный вес равен 312. Найти число молекул в одной кубической элементарной ячейке. Единицу атомной массы можно принять за $1{,}660\times10^{-24}$г.

Билет № 7

1. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.
2. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
3. Показать, что электромагнитная волна, падающая на поверхность металла, быстро затухает по мере проникновения в металл (скин-эффект). Вычислить классическую глубину скин-слоя и показать, что она значительно меньше средней длины свободного пробега в чистом металле при низких температурах.

Билет № 8

1. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
2. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри-Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
3. Доказать, что бесконечная точечная решетка может обладать вращательной симметрией только второго, третьего, четвертого и шестого порядков.

Билет № 9

1. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.
2. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.
3. Как изменятся наименьшее равновесное расстояние r_0 между ионами и энергия U решетки NaCl, если заряд иона возрастет вдвое?

Билет № 10

1. 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.
2. Полупроводники. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Электроны и дырки. Оптическая и термическая активация.
3. Рассчитать магнитный потенциал однородно намагниченной сферы радиуса a в точке, находящейся на расстоянии r от центра сферы, для случаев $r > a$ и $r < a$. Используя полученные результаты, вычислить для сферы размагничивающий фактор D.

Билет № 11

1. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
2. Приближение почти свободных электронов.
3. Показать, что магнитная восприимчивость порошка, состоящего из ориентированных произвольным образом кристаллов, описывается формулой $\chi = (1/3)(\chi_1 + \chi_2 + \chi_3)$.

Билет № 12

1. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы применимости классической теории.
2. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии.
3. Рассчитать значение $\langle r_2 \rangle$ для электрона в атоме водорода в основном состоянии. Сравнить эту величину с квадратом радиуса боровской орбиты электрона в атоме водорода. Рассчитать диамагнитную восприимчивость моля атомарного водорода.

Билет № 13

1. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
2. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
3. Шар из диэлектрического материала помещен в однородное электрическое поле $\mathbf{E}_0$. Вычислить напряженность поля внутри малой сферической полости в центре шара.

Билет № 14

1. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
2. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение и трудности их объяснения на основе классической теории Друде.
3. Два шарика с массами m_1 и m_2, движущиеся вдоль одной прямой со скоростями V_1 и V_2, испытывают упругое столкновение. Найти максимальное значение энергии упругой деформации шариков во время этого столкновения.