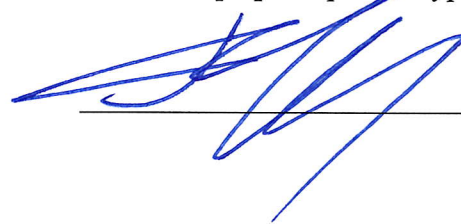


**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. декана физического факультета МГУ

профессор Белокуров В.В.



---

**БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

**Направление подготовки 03.04.02 «Физика»**

**Магистерская программа**

**«ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ»**

### Билет № 1

1. Зонная структура электронного энергетического спектра идеального полупроводника. Электронные состояния примесей и дефектов.
2. Явление амбиполярной диффузии. Длина диффузии неравновесных носителей заряда.
3. При отражении света с  $\lambda = 100$  мкм толстым полупроводниковым образцом коэффициент отражения равен  $R = 0.36$ . Коэффициент пропускания пленки из того же материала толщиной  $d = 1$  мм равен  $T = 0.17$ . Найти коэффициент поглощения  $\alpha$ .

### Билет № 2

1. Теория теплоемкости твердых тел по Эйнштейну и Дебаю.
2. Невырожденный и вырожденный газ носителей заряда. Их свойства.
3. По образцу германия с поперечным сечением  $b \times d = 1 \text{ мм} \times 2 \text{ мм}$  протекает ток  $0.6$  А. Образец помещен в поперечное магнитное поле с индукцией  $0.6$  Тл. Оценить холловское напряжение, если известно, что концентрация носителей заряда равна  $10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Холловский фактор считать равным единице.

### Билет № 3

1. Межзонное поглощение в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.
2. Инжекция неосновных носителей заряда в  $p$ - $n$  переходе.
3. Вычислить плотность тока в прямоугольном образце германия, к которому приложена разность потенциалов  $1$  В (размер образца вдоль приложенного поля равен  $10^{-2}$  см. Принять, что концентрации электронов и дырок одинаковы и равны  $n_i = 2,4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ , а их подвижности равны  $\mu_n = 3900 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$  и  $\mu_p = 1900 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ .

### Билет № 4

1. Модуляционно-легированные низкоразмерные структуры.
2. Энергетическая диаграмма  $p$ - $n$ -перехода в состоянии термодинамического равновесия.
3. К полупроводнику  $n$ -типа приложено электрическое поле напряженности  $10$  В/см и проходит электрический ток. Оценить дрейфовую скорость электронов  $v_d$  и найти отношение дрейфовой скорости к тепловой скорости  $v_t$  при комнатной температуре, если известно, что подвижность электронов равна  $1350 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$  (для оценки  $v_t$  положить эффективную массу электронов в кристалле равной массе свободного электрона в вакууме  $m_0$ ). При какой напряженности поля отношение  $v_d/v_t$  становится равным единице?

### Билет № 5

1. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Рассеяние на заряженной примеси. Рассеяние на колебаниях решетки по методу потенциала деформации.
2. Колебания атомов одно- и двухатомной цепочки. Акустические и оптические фононы.
3. Плотность железа (атомный вес 56 г) равна  $7,9 \text{ г/см}^3$ , структура – ОЦК. Найти постоянную решетки и расстояние между ближайшими соседями.

### Билет № 6

1. Фермионы и бозоны, их примеры из физики твердого тела. Функция распределения соответствующих частиц по энергии.
2. Неравновесные процессы в полупроводниках: генерация и рекомбинация, времена жизни.
3. В собственном полупроводнике по данным измерений эффекта Холла концентрация электронов составляла  $1,3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  при 400 К и  $6,2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$  при 350 К. Найти ширину запрещенной зоны полупроводника полагая, что она линейно зависит от температуры.

### Билет № 7

1. Природа химической связи в кристаллах, примеры кристаллов с разными типами химической связи.
2. Плотность электронных состояний в объемном, двумерном, одномерном и нульмерном кристаллических полупроводниках.
3. Оценить минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в квантовой яме толщиной  $10^{-6} \text{ см}$ . Считать величину эффективной массы  $0,1m_0$ , а высоту потенциальных барьеров – бесконечной.

### Билет № 8

1. Экситоны. Экситонное поглощение в полупроводниках.
2. Вид волновой функции электрона в кристалле. Теорема Блоха. Основные результаты зонной теории.
3. В наиболее чистых образцах кремния время жизни носителей достигает 1 мс. Рассчитать амбиполярную длину диффузии носителей полагая отношение подвижностей равным  $b = \mu_n/\mu_p = 2,9$ , а  $\mu_n = 1450 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ .

### Билет № 9

1. Композиционные сверхрешетки: классификация, свойства и примеры применения.
2. Представление об электронах и дырках в полупроводниках.
3. Вычислить коэффициент амбиполярной диффузии для собственного германия при комнатной температуре. Считать отношение подвижностей  $b = \mu_n/\mu_p = 2,1$ , а  $\mu_n = 3900 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ .

### Билет № 10

1. Гетеропереходы и приборы на их основе.
2. Основные представления физики некристаллических полупроводников.
3. Вычислить относительное изменение проводимости  $\Delta\sigma/\sigma_0$  образца при его стационарном освещении с интенсивностью  $I = 5 \cdot 10^{15}$  квантов/ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ . Коэффициент поглощения света  $\alpha = 100 \text{ см}^{-1}$ ; толщина образца мала по сравнению с  $\alpha^{-1}$ ; рекомбинация происходит на простых дефектах;  $n_0 = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ,  $\tau = 5 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ . Поверхностной рекомбинацией пренебречь.

### Билет № 11

1. Квантовый размерный эффект в полупроводниках.
2. Симметрия элементарной ячейки и кристаллические системы. Структуры алмаза, сфалерита, вюрцита и каменной соли.
3. Рассчитать длину свободного пробега электронов в GaAs, приняв подвижность электронов равной  $9000 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ . Эффективная масса электронов  $m = 0.06m_0$ ,  $T = 300 \text{ К}$ .