

Билет 5.

1. Корпускулярно-волновой дуализм материи. Гипотеза де Бройля. опыты по дифракции микрочастиц.

Де Бройль выдвинул теорию о корп.-волн. дуализме материи, т.е. не только фотоны, но и электроны и любые другие частица материи наряду с корпускулярными обладают также волновыми свойствами. Каждые микрообъект связывают корпуск. характеристики - энергия E и импульс p , а также волновые - частота ν и длина волны λ . $E=h\nu$, $p=h/\lambda$. Т.о. любой частице обладающей импульсом, сопоставляют волновой процесс с длиной волны, определяемо по формуле де Бройля $\lambda=h/p$. Можно добавить то, что на частице вещества переносится связь между полной энергией частицы ε и

переносится связь между полной энергией частицы ε и частотой ν волн де Бройля: $\varepsilon = h\nu$, h – постоянная Планка = $6,625 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

Волна де Бройля – это волна, связанная с равномерным и прямолинейным движением частицы.

$$\left. \begin{aligned} \psi &= A \cos(\omega t - kx) \\ \psi(x, t) &= A \exp(-i(\omega t - kx)) \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{уравнения} \\ \text{волны.} \end{array}$$

$E = h\omega$, $p = hk$, $\omega = E/h$, $k = p/h$. $\psi(x, t) = A \exp(-i/h(Et - px))$ – плоская волна де Бройля. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля. Фазовая скорость – скорость распространения фазы. $Et - px = \text{const}$, $E dt - p dx = 0$, $\langle v \rangle = dx/dt = E/p = mc^2/mv$ – средняя скорость волны. $v_\phi = c^2/v$, $v_{\text{гр}} = d\omega/dk$, $E = h\omega$, $p = hk$, $E^2 - p^2 c^2 = m_0^2 c^4$; $E = c\sqrt{p^2 + m_0^2 c^4}$. $v_{\text{гр}} = d\omega/dk = dE/dp =$

$$E = c\sqrt{(p^2 + m_0^2 c^4)} \quad v_{gr} = d\omega / dk = dE / dp =$$

$$c2p / (2\sqrt{(p^2 + m_0^2 c^4)}) = pc^2 / c\sqrt{(p^2 + m_0^2 c^4)} = pc^2 / mc^2 = p/m = mv/m = v.$$

$v_{gr} v_{\phi} = c^2$. Дифракция микрочастиц. По идее де Бройля движение электрона или какой другой частицы связано с волновым процессом. $\lambda = 2\pi h / p = 2\pi h / mv$ (1); $\omega = E / h$. Гипотеза была подтверждена экспериментально в 1927 г. исследование отражения электронов от монокристалла никеля, принадлежащего к кубической системе. Узкий пучок моноэнергетических электронов направлялся на пов-ть монокристалла. Отраженные электроны улавливались цилиндрическим электродом, присоединенным к гальванометру. Интенсивность оценивалась по силе тока. Варьировалась скорость электронов и угол φ . Рассеяние оказалось особенно интенсивным при угле, соответствующем отражению от

интенсивным при угле, соответствующем отражению от атомных плоскостей, расстояние между которыми было известно из рентгенографических исследований. Вычисленная по формуле (1) длина волны примерно равна брэгговской длине волны, где $2d\sin\theta=n\lambda$. Этот опыт подтвердил идею де Бройля. Томсон и Тартаковский независимо друг от друга получили дифракционную картину при прохождении электронного пучка через металлическую фольгу. Пучок электронов проходил через тонкую фольгу и попадал на

фотопластину. Электрон при ударе о фотопластину оказывает на нее такое же действие как и фотон. Полученная таким же способом электрограмма золота сопоставлена с рентгенограммой алюминия. Сходство поразительно. Обнаружили, что дифф. Явления и у атомных и у молекулярных пучков, и длина волны $\lambda = 2\pi h/p$. Таким образом было доказано, что волновое сходство присуще отдельному электрону.

2. Собственная проводимость полупроводников.

2. Собственная проводимость полупроводников.

Концентрация электронов и дырок в чистых полупроводниках. Уровень Ферми в чистых полупроводниках. Температурная зависимость проводимости беспримесных полупроводников.

Собственные полупроводники – химически чистые полупроводники, а их проводимость называется собственной проводимостью. В результате тепловых выбросов из зоны 1 в зону 2 в валентной зоне возникают вакантные состояния, получившие название дырок. Проводимость собственных полупроводников, обусловленная дырками, называется дырочной или р-типа.

Концентрация дырок в валентной зоне $n_p = C_2 e^{(E_1 - E_F)/(kT)}$

C_2 – постоянная, зависящая от температуры и

C_2 – постоянная, зависящая от температуры и эффективной массы дырки (Эффектив. масса – величина, имеющая размерность массы и характеризующая динамические свойства электронов проводимости и дырок), E_1 – энергия, соответствующая верхней границе валентной зоны.

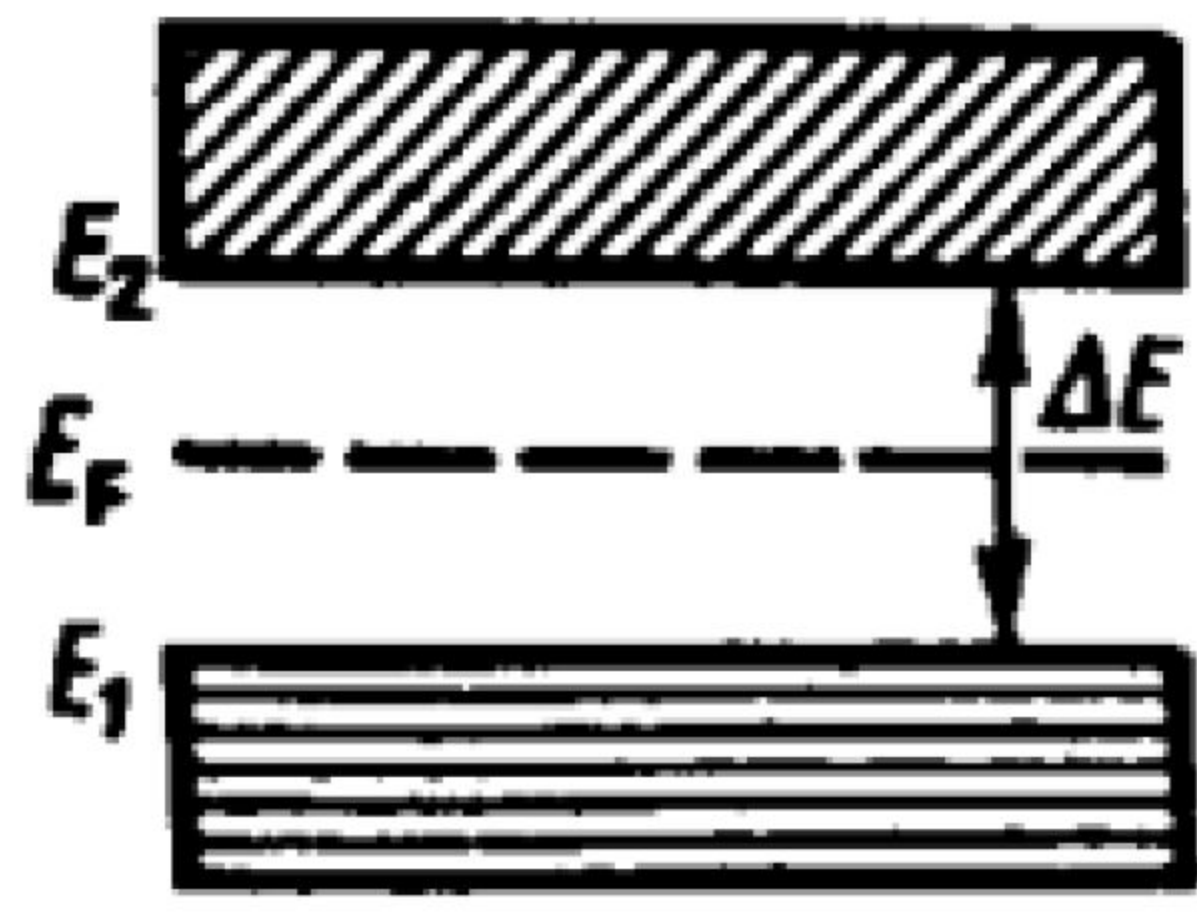
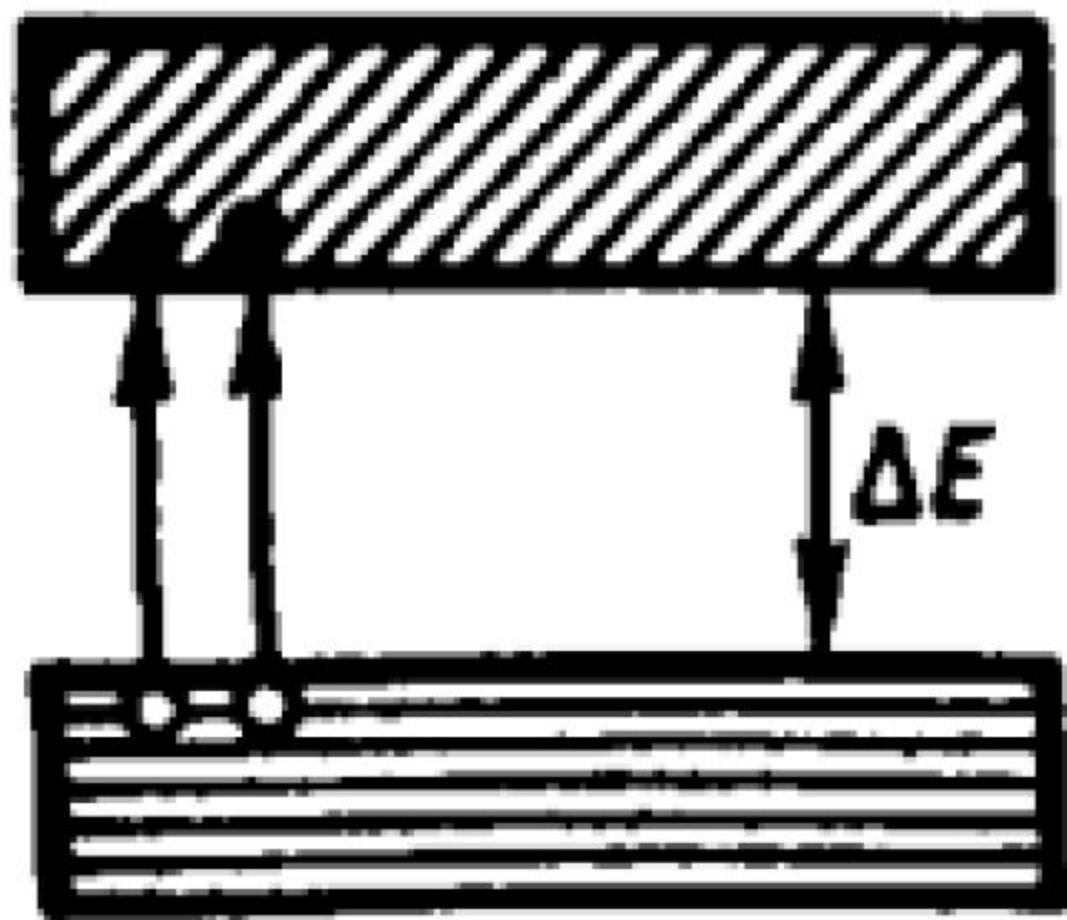
Т.к. для собственного полупроводника $n_e = n_p$, то

$$C_1 e^{-(E_2 - E_F)/(kT)} = C_2 e^{(E_1 - E_F)/(kT)}$$

Если эффективные массы электронов и дырок равны, то $C_1 = C_2$ и следовательно $-(E_2 - E_F) = E_1 - E_F$, откуда $E_F = \Delta E / 2$, т.е. уровень Ферми в собственном полупроводнике расположен в середине запрещенной зоны.

Увеличение проводимости полупроводников с

Увеличение проводимости полупроводников с повышением температуры является их характерной особенностью (у металлов с повышением температуры проводимость уменьшается). С повышением температуры растет число электронов, которые вследствие теплового возбуждения переходят в зону проводимости и участвуют в проводимости.



Задание 5

В некоторый момент времени частица находится в состоянии, описываемым волновой ф-ей

$$\psi(x) = A \exp\left(-\frac{x^2}{a^2} + ikx\right). \text{ Найти } \langle x \rangle \quad ?$$

Дано:

$$\psi(x) = A \exp\left(-\frac{x^2}{a^2} + ikx\right)$$

Решение:

$$\langle x \rangle = \int \psi^* \hat{x}(\psi) dV$$

$$\langle x \rangle = ? = \int_{-\infty}^{+\infty} A e^{\left(-\frac{x^2}{a^2} - ikx\right)} \times A e^{\left(-\frac{x^2}{a^2} + ikx\right)} dx$$

$$= A^2 \int_{-\infty}^{+\infty} x e^{-\frac{2x^2}{a^2}} dx = 0$$