Билет 15

1. Уравнение Шредингера для гармонического осциллятора и анализ его решений.

Линейный гармонический осциллятор – система, совершающая одномерное движение под действием квазиупругой силы – является моделью, используемой во многих задачах классической и квантовой теории. Пружинный, физический и математический маятники – примеры классических гармонических осцилляторов. Потенциальная энергия осциллятора равна

$U=m\omega_0^2x^2/2$ где ω_0- собственная частота осциллятора, m- масса частицы.

Гармонический осциллятор в квантовой механике – квантовый осциллятор – описывается уравнением квантовый осциллятор – описывается уравнением Шредингера, учитывающим выражение для потенциальной энергии. Тогда стационарные состояния квантового осциллятора определяются ур-нием Шредингера вида

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+\frac{2m}{\eta^2}(E-\frac{m\omega_0^2x^2}{2})\psi=0$$

где E- полная энергия осциллятора. В теории дифференциальных уравнений доказывается, что это уравнение решается
только при собственных значениях энергии $E_n=(n+½)\hbar\omega_0$. Эта формула показывает, что энергия квантового осциллятора может иметь только дискретные значения, т.е. квантуется.
Строгое решение задачи о квантовом осцилляторе

Строгое решение задачи о квантовом осцилляторе приводит еще к отличию от классического рассмотрения. Квантово-механический расчет показывает, что частицу можно обнаружить за пределами дозволенной области, в то время как с классической точки зрения она не может выйти за пределы области. Т.о. имеется отличная от нуля вероятность обнаружить частицу в области, которая является классически запрещенной.

Билет 15

2. Собственная проводимость полупроводников. Концентрация электронов и дырок в чистых

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 p-типа.

Концентрация дырок в валентной зоне

Концентрация дырок в валентной зоне

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

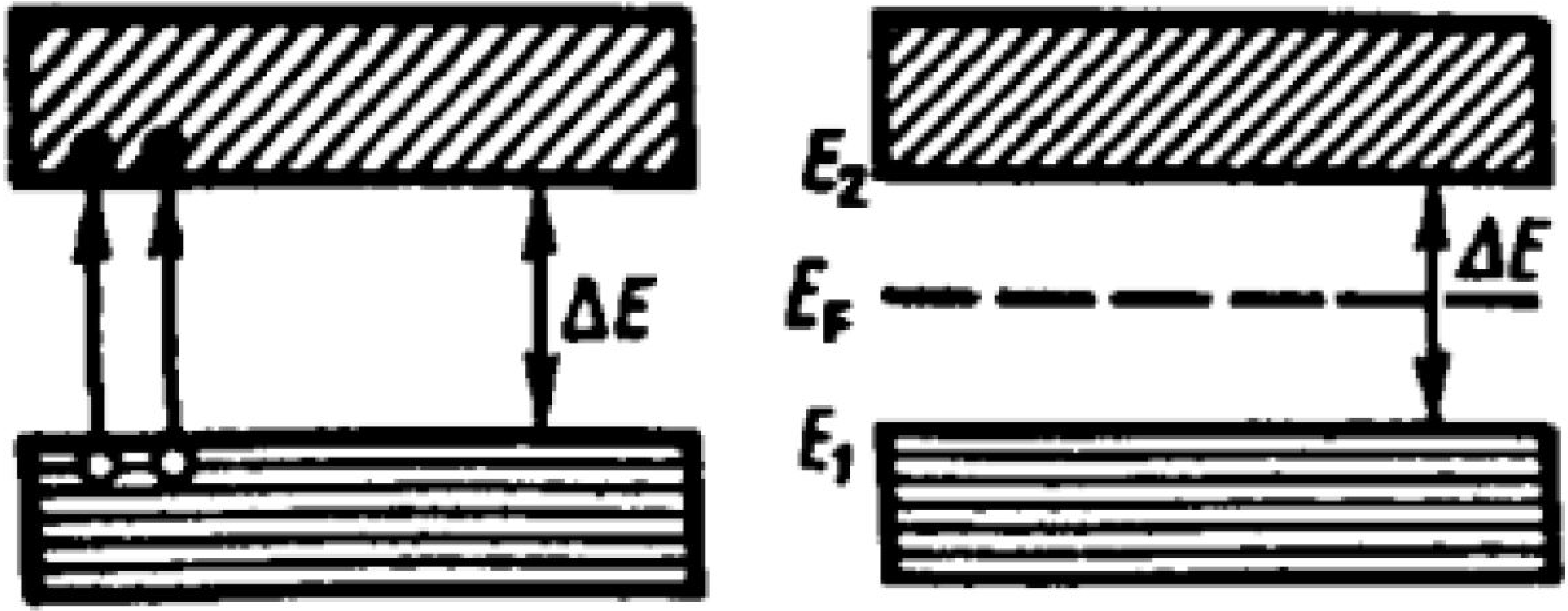
C_2- постоянная, зависящая от температуры и эффективной массы дырки (Эффектив.масса – величина, имеющая размерность массы и характеризующая динамические свойства электронов проводимости и дырок), E_1-энегрия, соответствующая верхней границе валентной зоны.

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 полупроводнике расположен в середине запрещенной зоны.

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.



ΔE
E2
EF
E1
ΔE

Билет 15

Воспользовавшись распределением свободных электр. в металле по энергиям, найдите отношение средней скорости свободных электронов к их max скорости при $T = 0$.

Дано:

$T = 0$

$\frac{\langle v \rangle}{v_{max}}$ - ?

Решение:

$$dn = \frac{\sqrt{2}\, m^{3/2}}{\pi^2 \hbar^3} \sqrt{E}\, dE$$

$$E = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow dE = m v\, dv \qquad dn = \frac{\sqrt{2}\, m^{3/2}}{\pi^2 \hbar^3} \sqrt{\frac{m v^2}{2}}\, m v\, dv$$

$$dn = \frac{m^3 v^2}{\pi^2 \hbar^3} dv \Rightarrow n = \frac{m^3 v_{max}^3}{3\pi^2 \hbar^3}$$

$$\langle v \rangle = \frac{1}{n} \cdot \int v\, dn = \frac{1}{n} \frac{m^3 v_{max}^4}{4\pi^2 \hbar^3} \Rightarrow \frac{\langle v \rangle}{v_{max}} = \frac{3}{4}$$