

Т.е. при помощи вектора оси в  $\vec{K}$ -пространстве  
такие, что

$$m_{ij}^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{m_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{m_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{m_3} \end{pmatrix}, \text{ т.е. } \delta E = \frac{\hbar^2}{2} \left( \frac{q_1^2}{m_1} + \frac{q_2^2}{m_2} + \frac{q_3^2}{m_3} \right)$$

В диагональном виде знакоизменение массы монеты имеет вид

$$m_1 = m_2 = m_3 - \text{здесь}$$

$$m_{ij}^{-1} = \delta_{ij} \left( \frac{1}{m} + \frac{2}{m^2} \sum_{n \neq h} \frac{|(\tilde{P}_i)_{nm}|^2}{E_n(\vec{K}_0) - E_h(\vec{K}_0)} \right) \quad (*)$$

условиям  
приложим  
если  $K_0 = 0$

Отсюда можно заключить, что существует  
четыре возможности нахождения зонного спектра  
близи  $\vec{K}_0$ :

- 1)  $m_1 < 0, m_2 < 0, m_3 < 0$  — "негатив" максимум зоны.
- 2)  $m_1 < 0, m_2 < 0, m_3 > 0$  — седловая точка.
- 3)  $m_1 < 0, m_2 > 0, m_3 > 0$  — седловая точка
- 4)  $m_1 > 0, m_2 > 0, m_3 > 0$  — "позитив" зоны.

Морс (1938г.) показал, что если  $E(\vec{K})$  — периодическая  
функция вектора  $\vec{K}$  в обратном пространстве,  
то конкретно особые точки различного типа  
в зоне Бриллюэна не издавнались. Обозначим  
число особых точек типа i) через  $N_i$ . Тогда  
согласно Морсу в 3<sup>х</sup> мерном случае между  
значениями  $N_i$  должны иметь следующее соотноше-  
ние:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_1 \geq 1 \\ N_2 - N_1 \geq 2 \\ N_3 - N_2 + N_1 \geq 1 \\ N_4 - N_3 + N_2 - N_1 = 0 \end{array} \right.$$

Отсюда следует, что  
имеются три вида крити-  
ческих точек в одной зоне:  
составляющих 1 максимум, 1 мини-  
мум и 3<sup>х</sup> седловых точек  
каждого типа 2) и 3).

Из выражения (\*) следует, что эррективная масса биоковского электрона отлична от массы свободного электрона  $m$ .

Это отличие связано с действием кристаллического потенциала на движение электрона. Можно сказать, так же, что отличие обусловлено „взаимодействием“ различных зон. Это „взаимодействие“ определяется величинами зазоров между зонами и величиной матричного элемента  $(\hat{P})_{n,n'}$ . Чем ближе зоны по энергии, тем больший вклад вносит их „взаимодействие“. Эррективные массы у двух близко расположенных крайних зон, находящихся в точке  $\vec{k}_0$ , в основном определяются „взаимодействием“ только между этими зонами. Влияние других зон можно преодолеть из-за больших энергетических заземлений. Могут также следующие условия уравнений для эррективных масс этих зон:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{m_{1i}} = \frac{1}{m} + \frac{2}{m^2} \frac{|(\hat{P}_i)_{12}|^2}{(\epsilon_1 - \epsilon_2)} \quad \text{и пусть} \\ \qquad \qquad \qquad \epsilon_1 > \epsilon_2 \text{ т.} \\ \frac{1}{m_{2i}} = \frac{1}{m} + \frac{2}{m^2} \frac{|(\hat{P}_i)_{21}|^2}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)}, \quad \text{точка } \vec{k} = \vec{k}_0, \end{array} \right.$$

тогда

$$1. \quad m_{1i} > 0 \text{ и } m_{1i} < m, \text{ т.е. точка } \vec{k} = \vec{k}_0.$$

Соответствует минимальной зоне 1, и эррективные массы в этой зоне меньше массы свободного электрона.

2. Поскольку  $|(\hat{P}_i)_{12}| = |(\hat{P}_i)_{21}|$ , то, значит  
это два уравнения, получим

$$\frac{1}{m_{1i}} + \frac{1}{m_{2i}} = \frac{2}{m}.$$

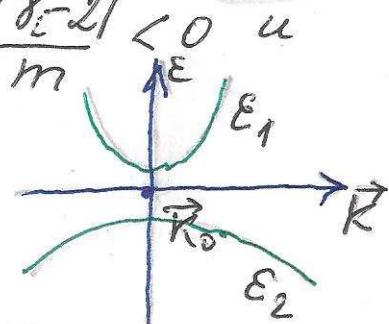
Могда возможные два случая:

a)  $m_{1i} < \frac{m}{2}$ , то  $m_{2i} < 0$  и  $|m_{2i}| > m_{1i}$ .

Делем на  $m_{1i}$ , если  $\delta_i > 1$ , то  $m_{1i} = \frac{m}{\delta_i}$ ,

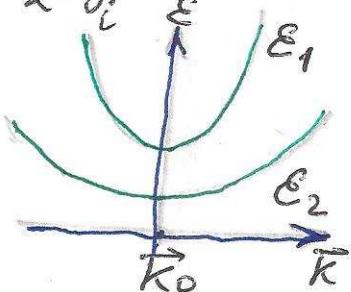
$$\text{так как } \delta_i > 2, \text{ то } \frac{1}{m_{2i}} = \frac{(2-\delta_i)}{m} = -\frac{1}{|\delta_i-2|} < 0 \text{ и}$$

$$|m_{2i}| = \frac{m}{|\delta_i-2|} > \frac{m}{\delta_i} = m_{1i}$$



б)  $\frac{m}{2} < m_{1i} < m$

Могда, получим  $m_{1i} = \frac{m}{\delta_i}$ , где  $1 < \delta_i < 2$ ,  
получим  $\frac{1}{m_{2i}} = \frac{2-\delta_i}{m} > 0$ , и  $m_{2i} = \frac{m}{2-\delta_i} > m$   
Таким образом, эффектив-  
ная масса имеет две  
как меньшую, так и большую  
массы свободного электрона.



Одним из мер Боровского электрона  
с зоте проводимости

$$\frac{m}{m_{\text{exp}}} = 1 + \frac{2 \frac{\hbar^2}{a_0^2}}{m \Delta E} = 1 + \frac{2 \hbar^2}{m q_\delta^2 \Delta E},$$

где  $\langle \hat{p} \rangle_{n,n'} \sim \frac{\hbar}{a_0}$ .  $a_0$ -Боровский радиус.

Могда  $\frac{\hbar^2}{m q_\delta^2} \approx R_y = 13,6 \text{ эВ}$ , и т.к.  $\Delta E \approx 0,5 \text{ эВ}$  (в кон-  
тактных полупроводниках)  
 $m_{\text{exp}} \approx \frac{m}{20} = 0,05 \text{ м}$ , что и имеет  
место в миниатюрных полупроводниках.