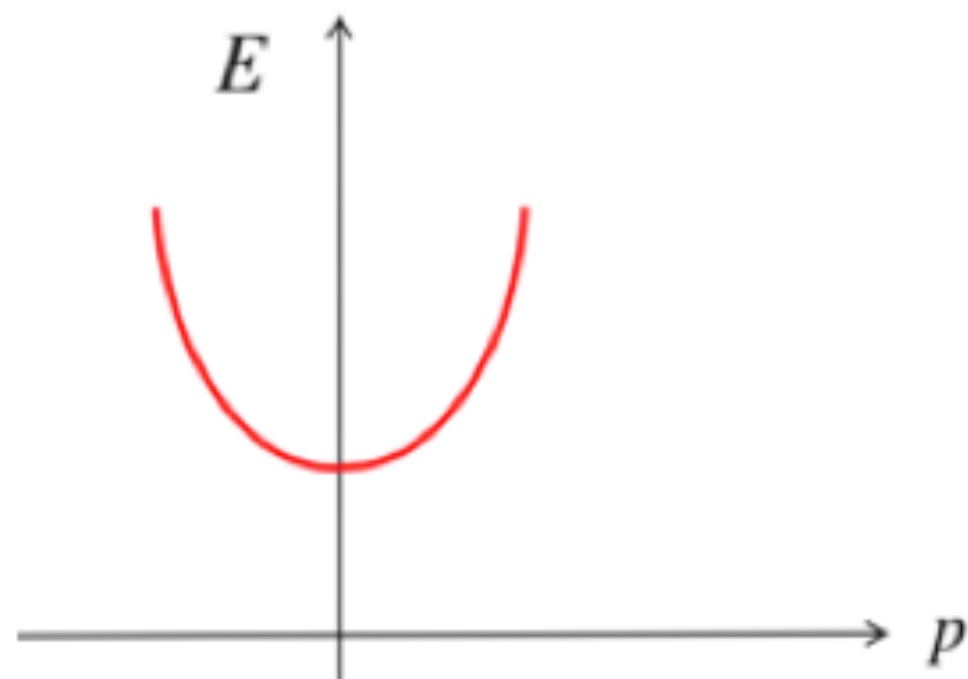


به نام خدا

فیزیک الکترونیک ساختار باند و دیاگرام باند

ارائه دهنده: حسین کرمی طاهری
برگرفته از محتوای آموزشی پروفسور Mark Lundstrom

ذره آزاد - مکانیک کلاسیک



- انرژی پتانسیل برابر با V_0
- انرژی جنبشی:

$$E_K = \frac{1}{2}m_0v^2 = \frac{p^2}{2m_0}$$

- انرژی کل برابر با

$$E = V_0 + \frac{1}{2}m_0v^2 = V_0 + \frac{p^2}{2m_0}$$

مکانیک کوانتوم

• معادله شرودینگر مستقل از زمان:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + V(x)\psi(x) = E\psi(x)$$

• m جرم الکترون، $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ثابت پلانک کاهش یافته و $V(x)$ انرژی پتانسیل محیط

• $\psi(x)$ تابع موج الکترون و E انرژی کل الکترون در محیط

• فضای آزاد: فضایی که در آن گرادیان انرژی پتانسیل وجود ندارد $V(x) = V_0$

ساختار باند فضای آزاد - مکانیک کوانتوم

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + V_0\psi(x) = E\psi(x) \Rightarrow -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = (E - V_0)\psi(x)$$

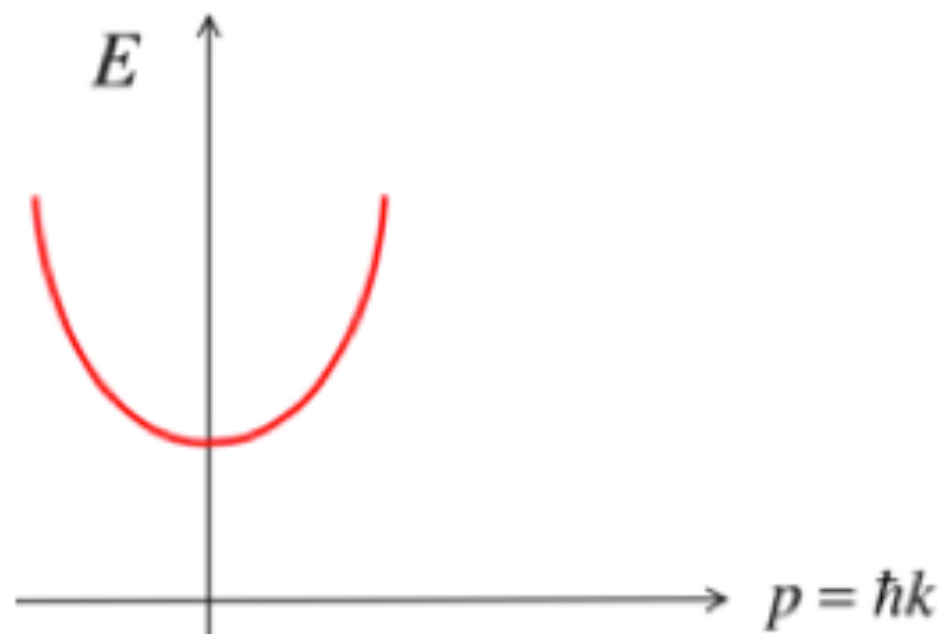
معادله مشخصه در حالت $E > V_0$:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} D^2 = (E - V_0) \Rightarrow D = \pm i \sqrt{\frac{2m(E - V_0)}{\hbar^2}} = \pm ik$$

$$\psi(x) = Ae^{ikx} + Be^{-ikx}, k = \sqrt{\frac{2m(E - V_0)}{\hbar^2}}$$

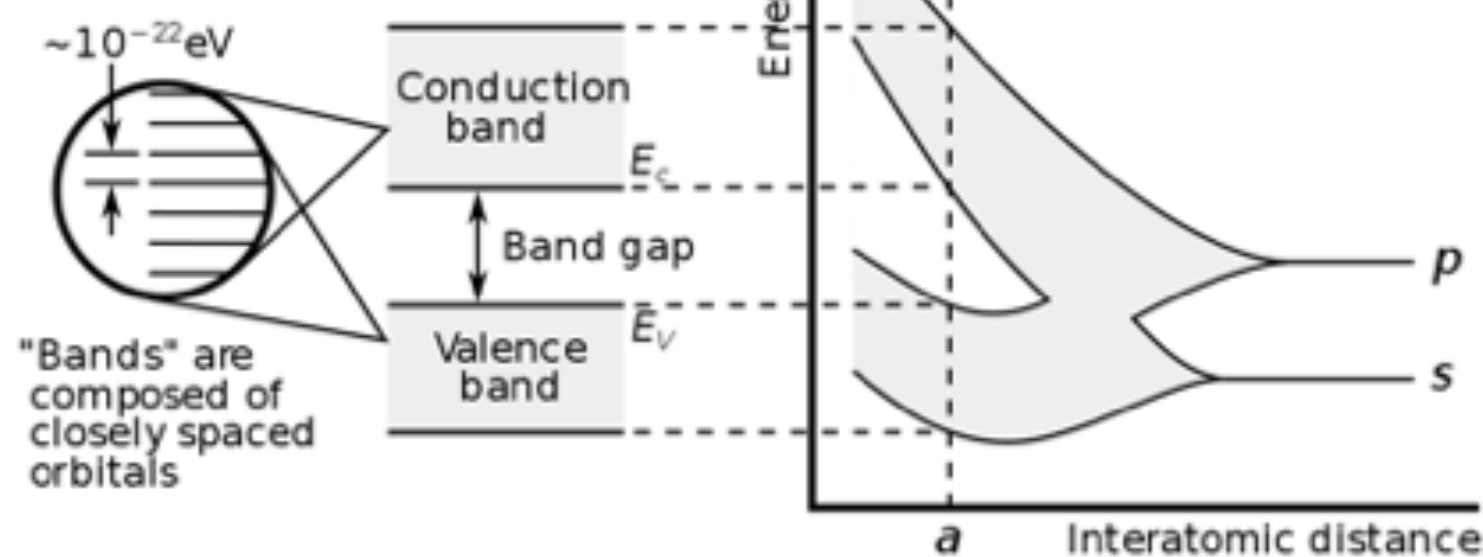
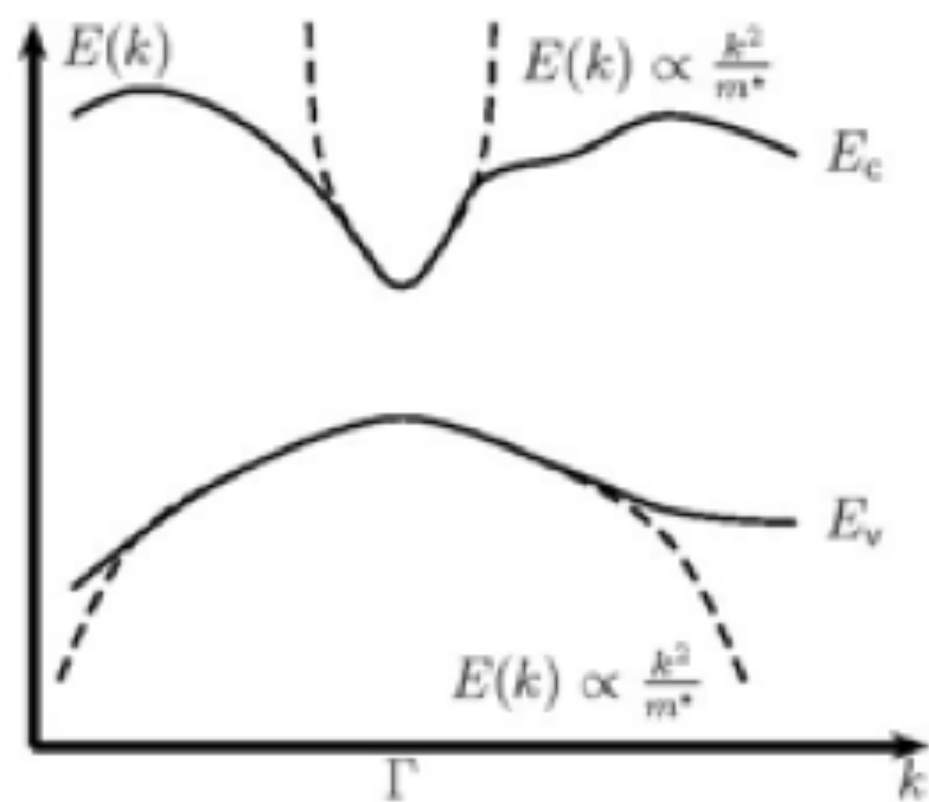
$$E = V_0 + \frac{(\hbar k)^2}{2m} \quad \text{ساختار باند}$$

دوبروی: ذرات خاصیت موجی داشته و بردار موج آنها برابر است با ممنتوم تقسیم بر ثابت پلانک کاهش یافته



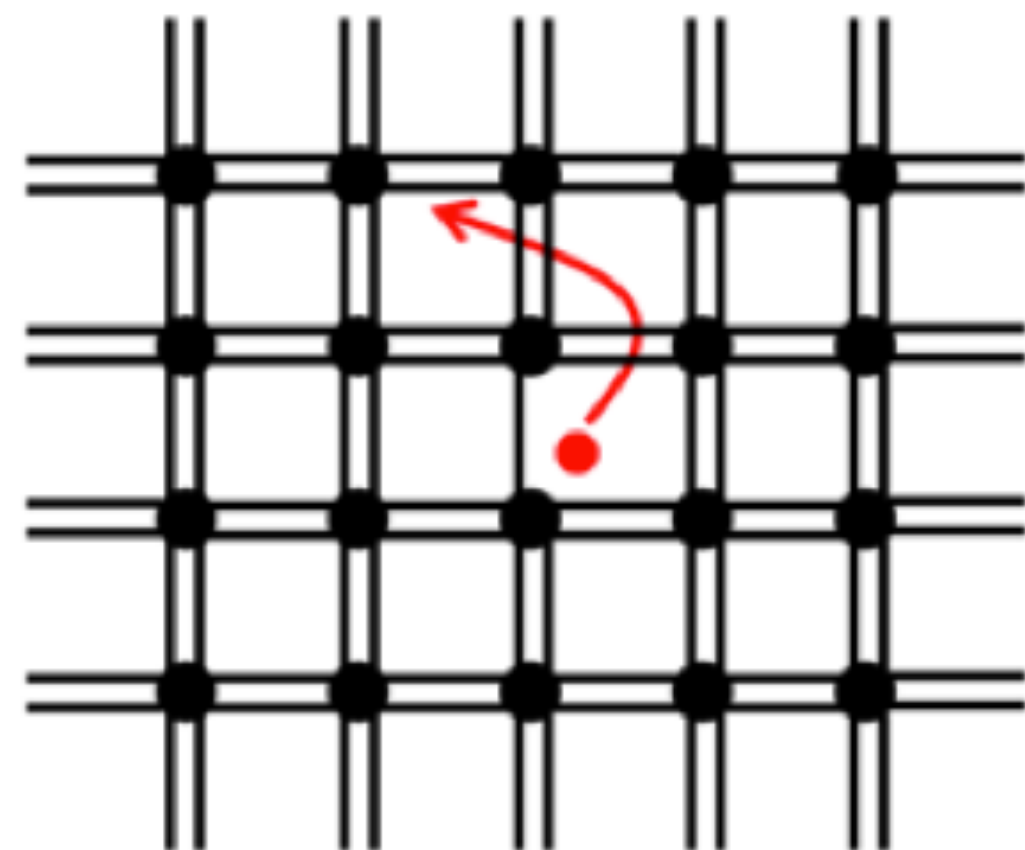
ساختار باند نیمه هادی ها

- شبکه + پایه \Leftarrow انرژی پتانسیل نیمه هادی
- حل معادله شرودینگر + تئوری بلاخ \Leftarrow ساختار باند
- جرم موثر \Leftarrow محاسبات نیمه کلاسیک



الکترون آزاد و جرم مؤثر

• الکترون آزاد: ذره ای به بار $-1.6 \times 10^{-19} C$ و جرم $F = m_0 a$ $9.11 \times 10^{-31} Kg$



• جرم مؤثر: $F = m_n^* a$
• جرم مؤثر الکترون در Si:

$$m_n^* = 1.18m_0$$

• جرم مؤثر الکترون در GaAs:

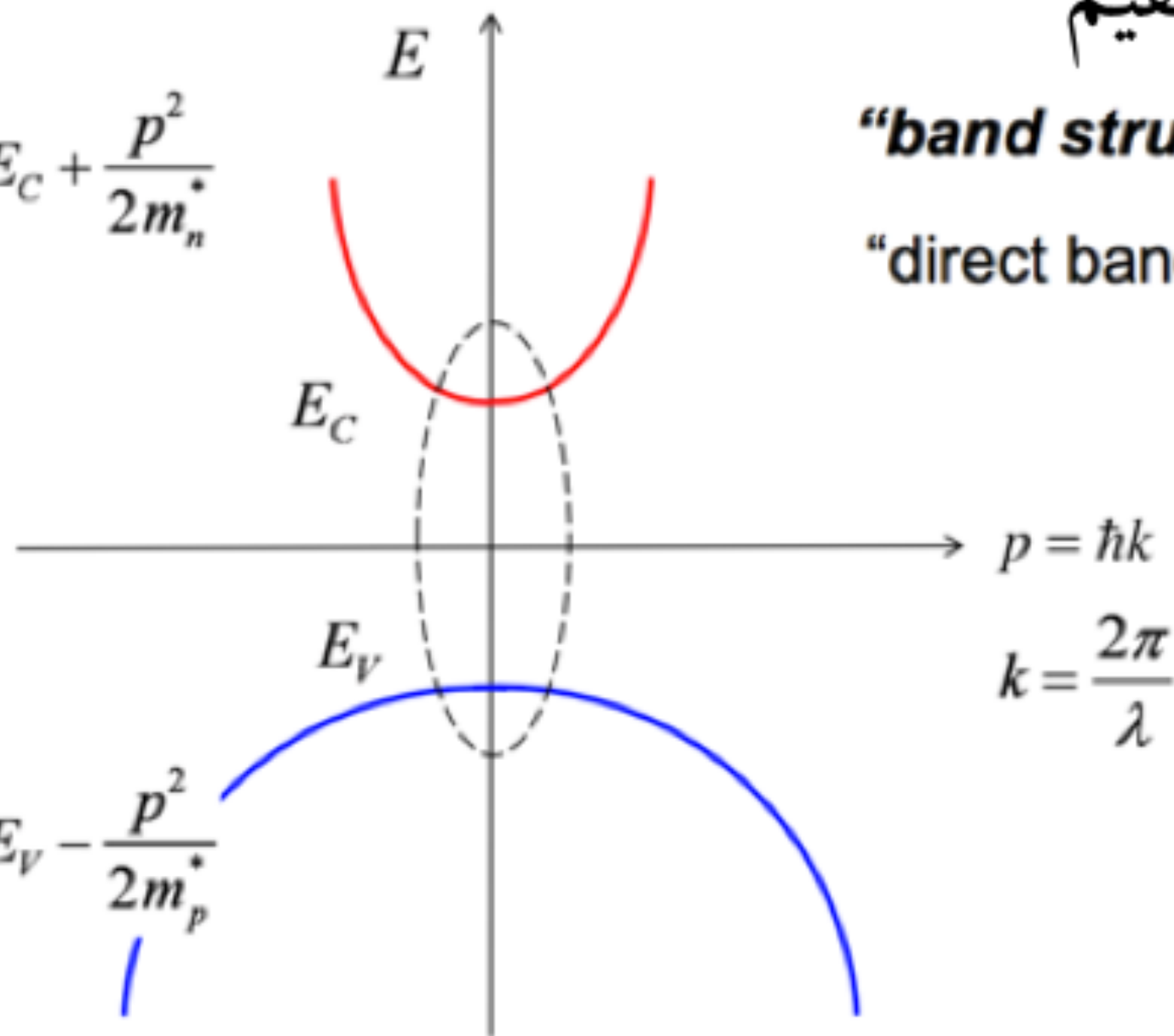
$$m_n^* = 0.066m_0$$

گاف مستقیم

“band structure”

“direct bandgap”

$$E = \frac{p^2}{2m_0} \rightarrow E = E_C + \frac{p^2}{2m_n^*}$$

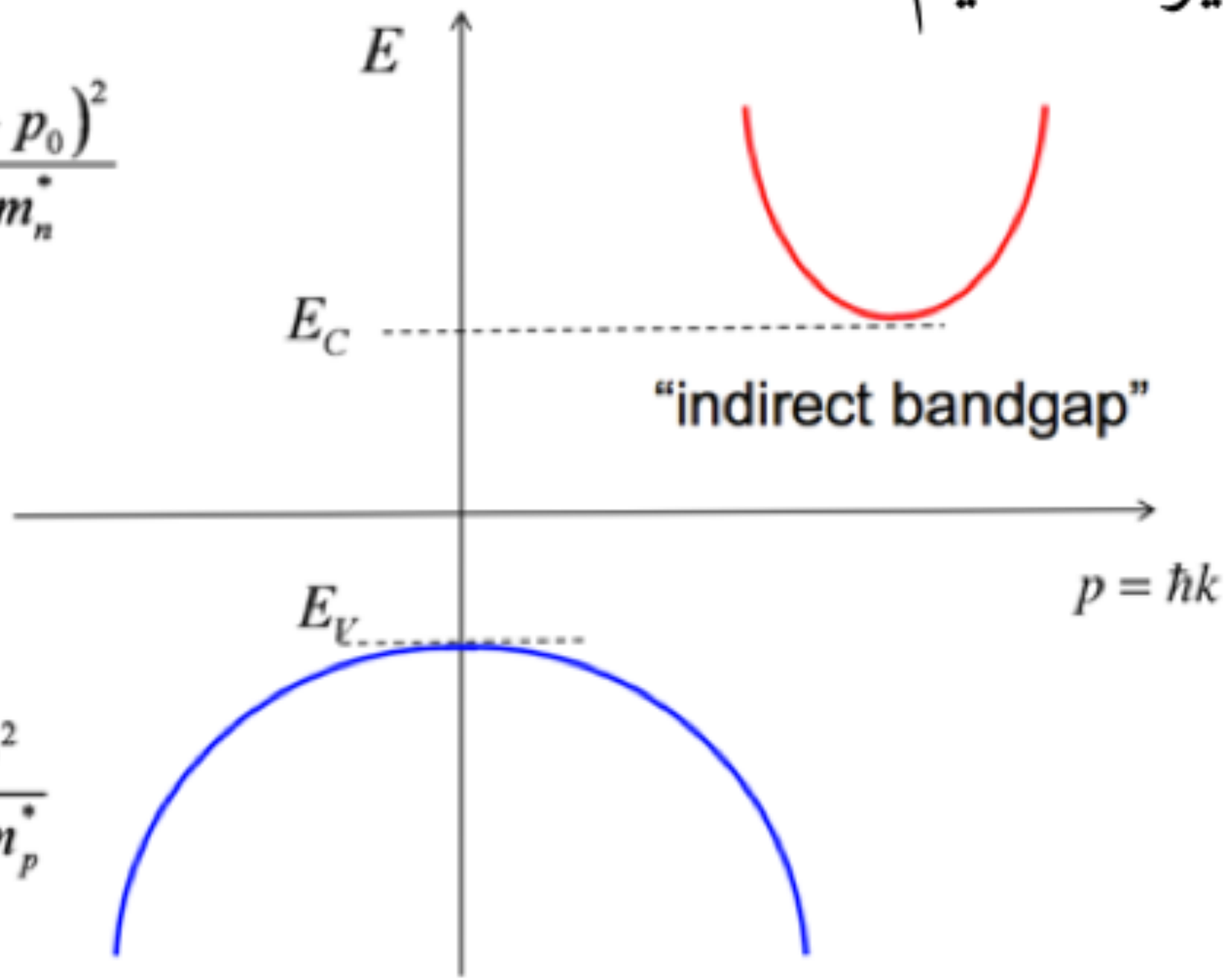


$$E = \frac{p^2}{2m_0} \rightarrow E = E_V - \frac{p^2}{2m_p^*}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

گاف غیر مستقیم

$$E = E_C + \frac{(p - p_0)^2}{2m_n^*}$$



$$E = E_V - \frac{p^2}{2m_p^*}$$

ساختار باندها و دیاگرام باندها

- ساختار باندها: انرژی بر حسب ممنتوم کریستال یا بردار موج
- دیاگرام باندها: مینیمم باندها هدایت و ماکزیمم باندها والانس بر حسب مکان

