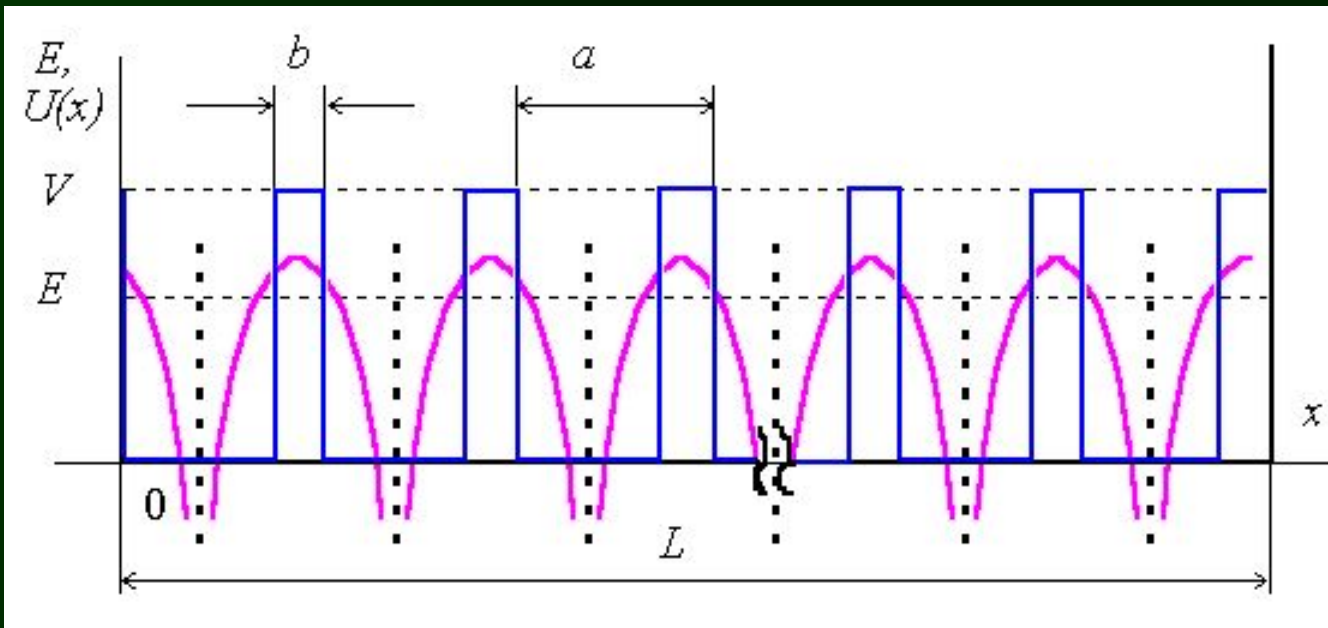


Приближение свободного электрона



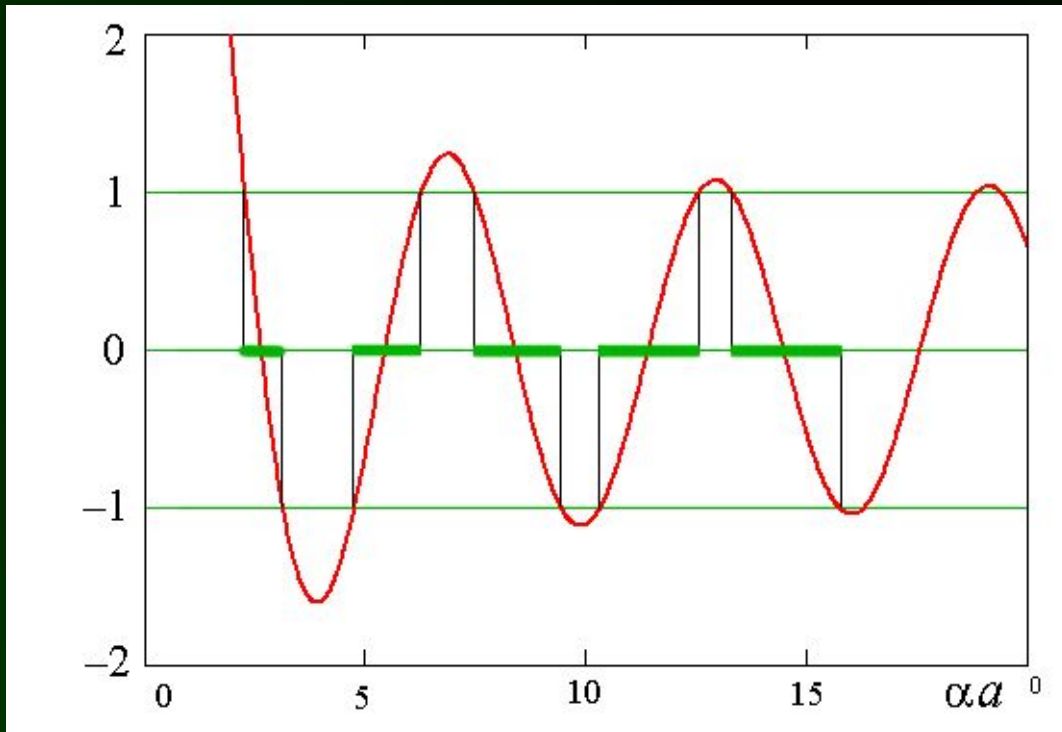
$$\psi(x) = e^{ikx} \Phi(x) \quad \Phi(x+a) = \Phi(x)$$

Теория Блоха

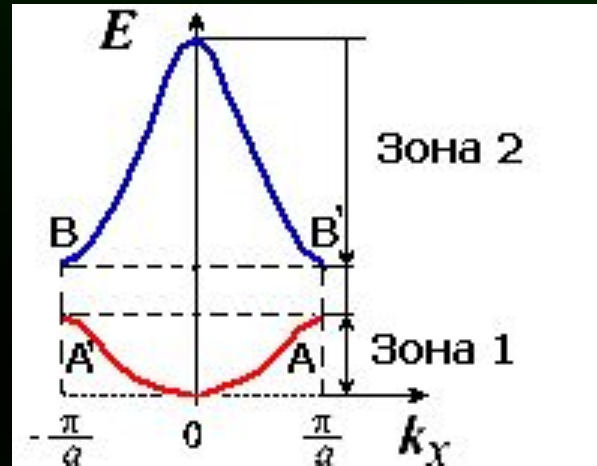
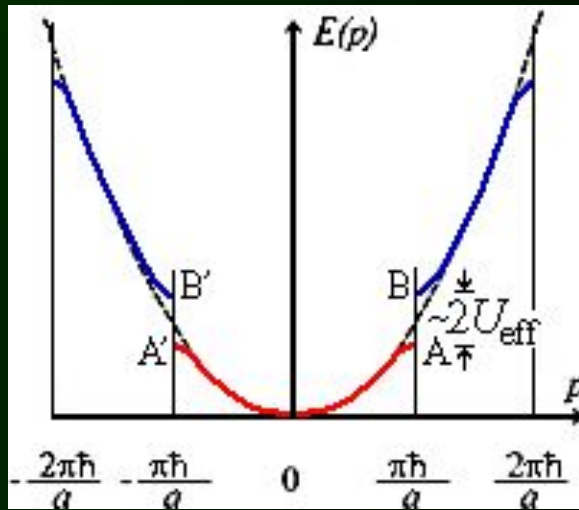
$$\frac{P \sin(\alpha a)}{\alpha a} + \cos(\alpha a) = \cos(ka)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$$

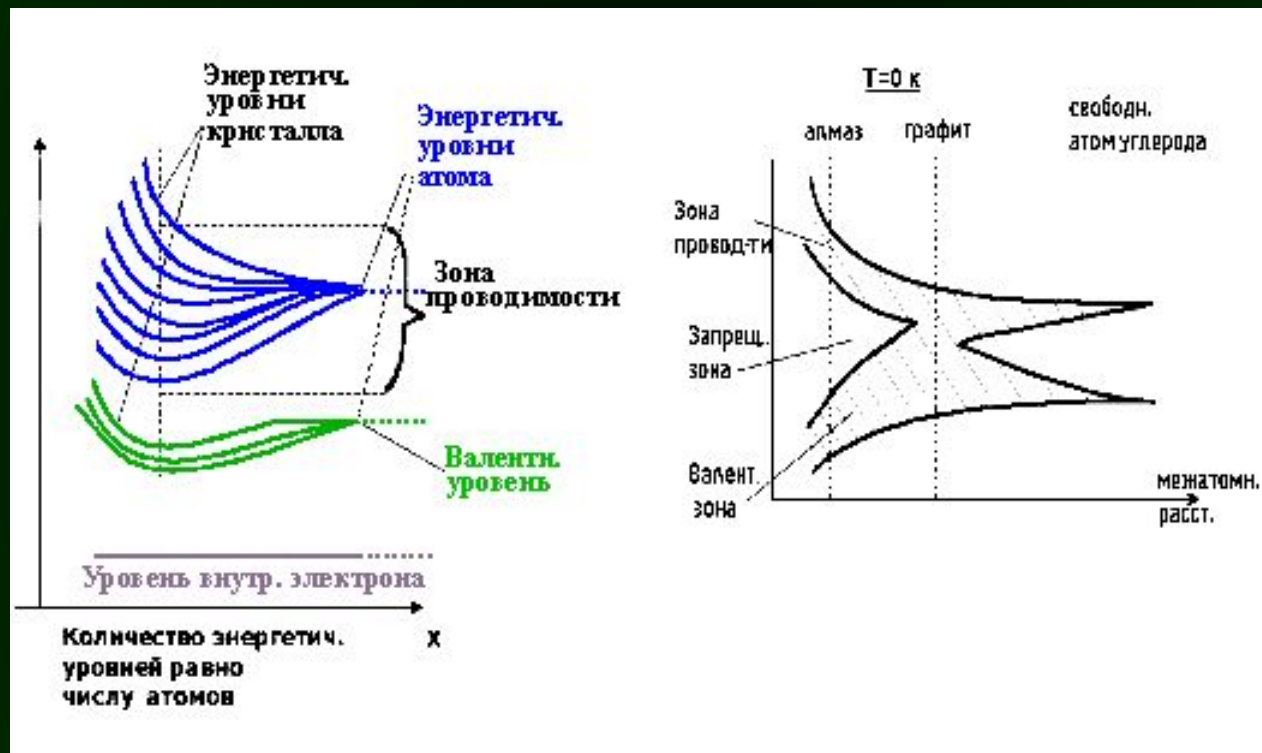
$$P = \frac{maVb}{\hbar^2}$$



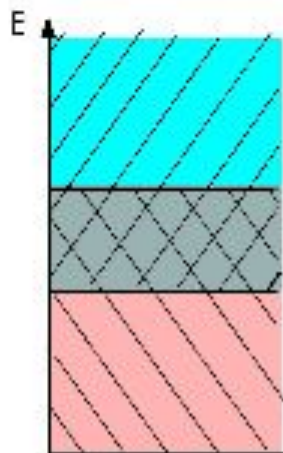
Зоны Бриллюэна



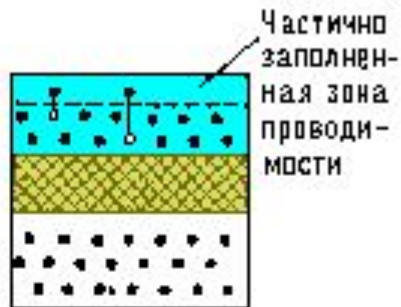
Приближение сильно связанного электрона



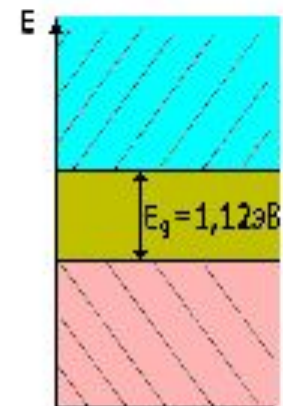
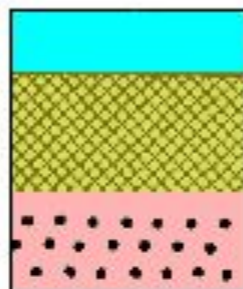
Заполнение энергетических зон



Металл
проводник Al



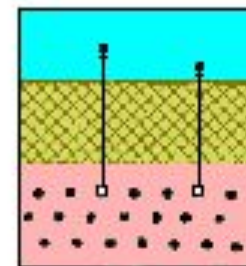
Диэлектрик
 SiO_2 (кварц)



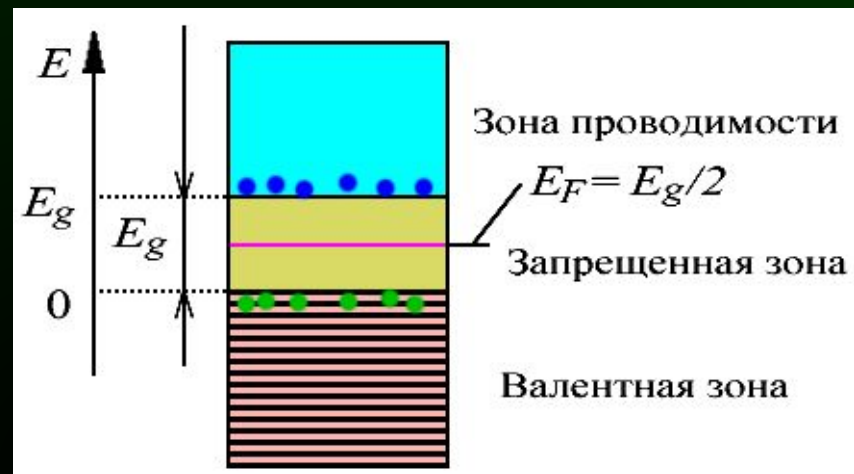
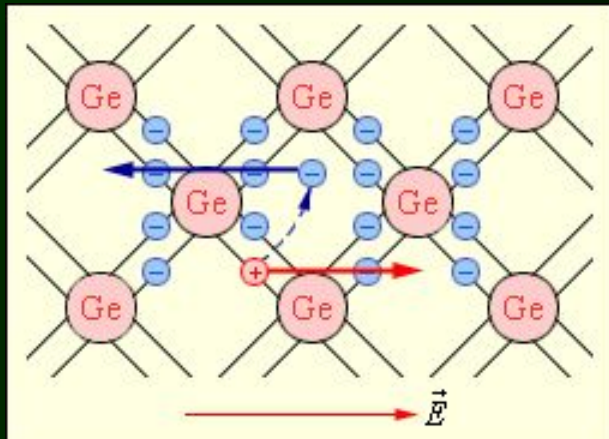
Полупроводник Si

Незаполненная
зона про-
води-
мости

Запол-
ненная
валент-
ная зона

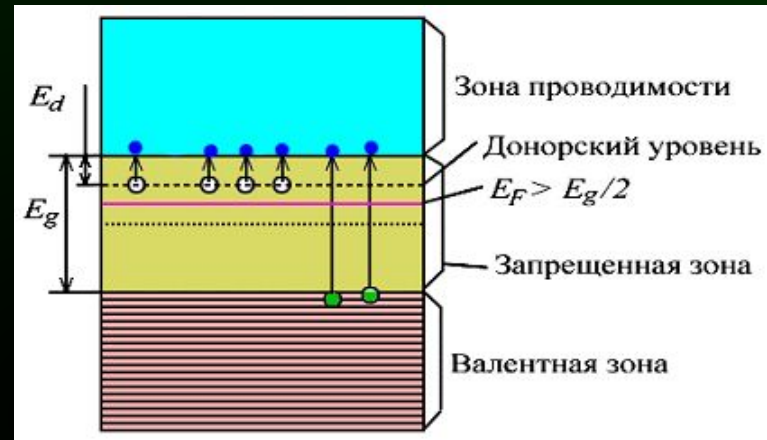
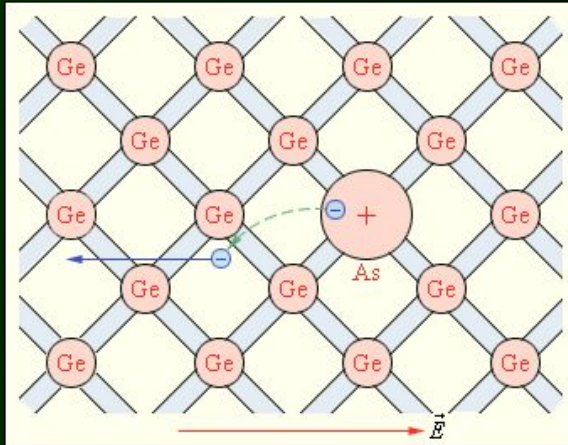


Чистые полупроводники

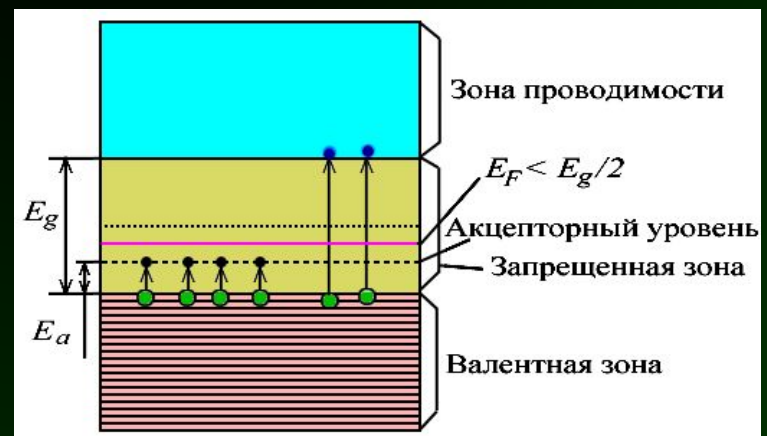
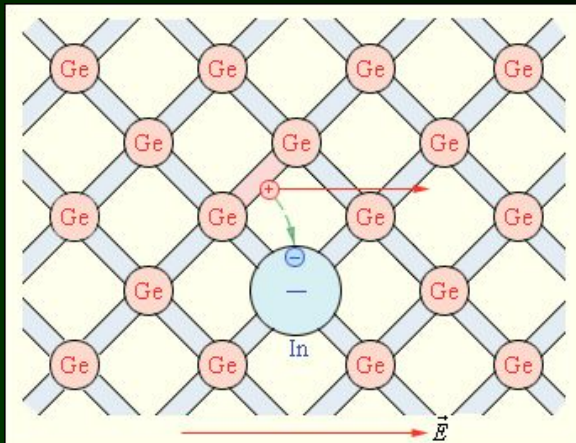


Примесные полупроводники

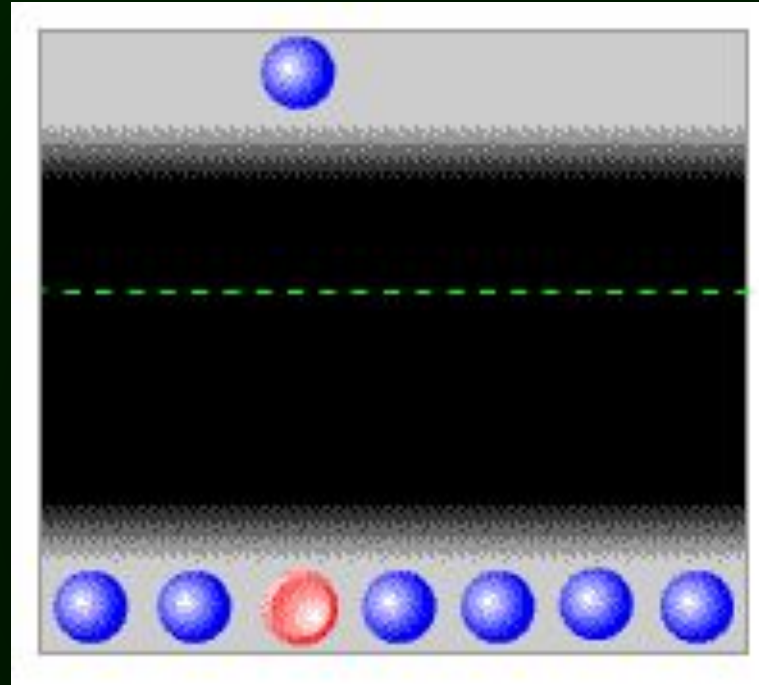
Донорная примесь (n – тип)



Акцепторная примесь (p – тип)

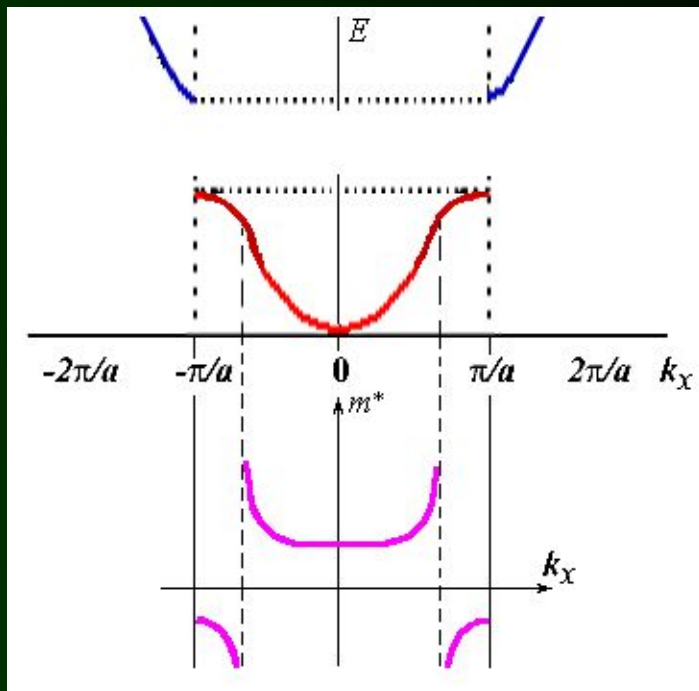


Рекомбинация



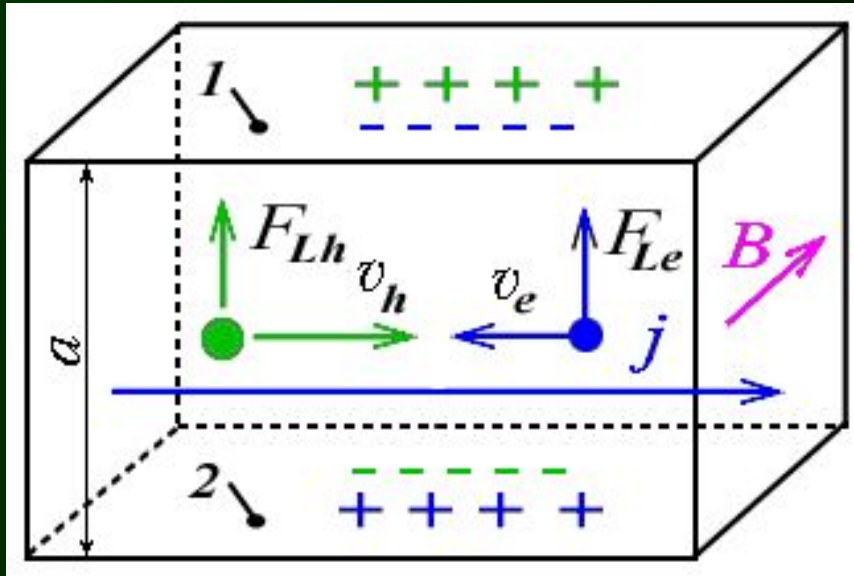
Эффективная масса

$$E = \frac{p^2}{2m} = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \quad m^* = \frac{\hbar^2}{d^2 E / dk^2}$$



Материал	m_n^*	m_p^*
Si	$1.08 m_e$	$0.56 m_e$
Ge	$0.55 m_e$	$0.37 m_e$
GaAs	$0.067 m_e$	$0.45 m_e$
InSb	$0.013 m_e$	$0.6 m_e$
ZnSe	$0.17 m_e$	$1.44 m_e$
ZnO	$0.19 m_e$	$1.44 m_e$

Эффект Холла



$$F_L = evB$$

$$eE_H = evB$$

$$j = nev$$

ЭДС Холла

$$U_H = aE_H = \frac{1}{ne} ajB$$

Постоянная Холла

$$R_H = \frac{1}{ne}$$

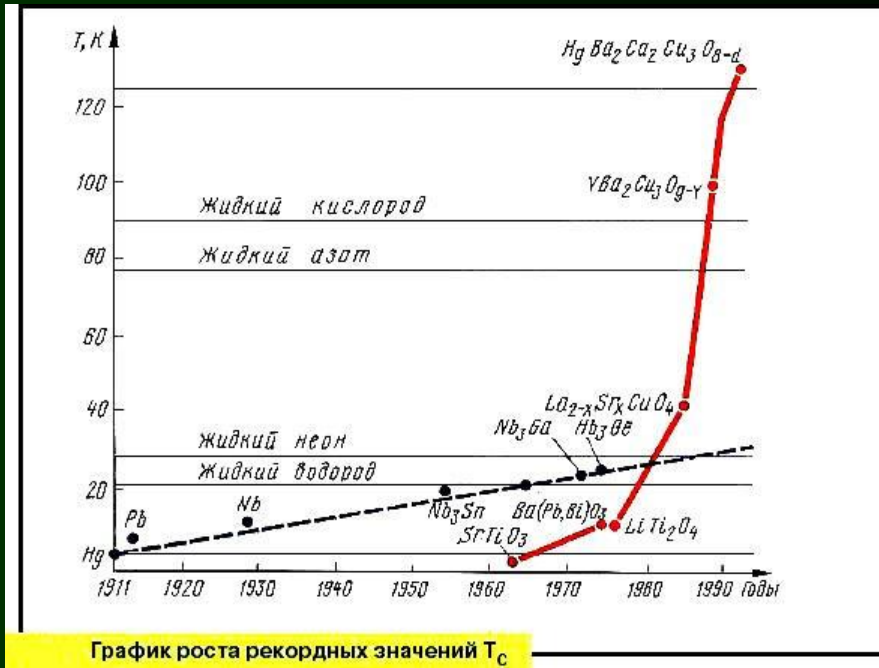
Подвижность носителей $\mu = \frac{v}{E}$

Проводимость $\sigma = \frac{j}{E} = \frac{\mu}{R_H}$

Температурная зависимость сопротивления проводников

$$\rho = \rho_{\text{колеб}} + \rho_{\text{примесн}}$$

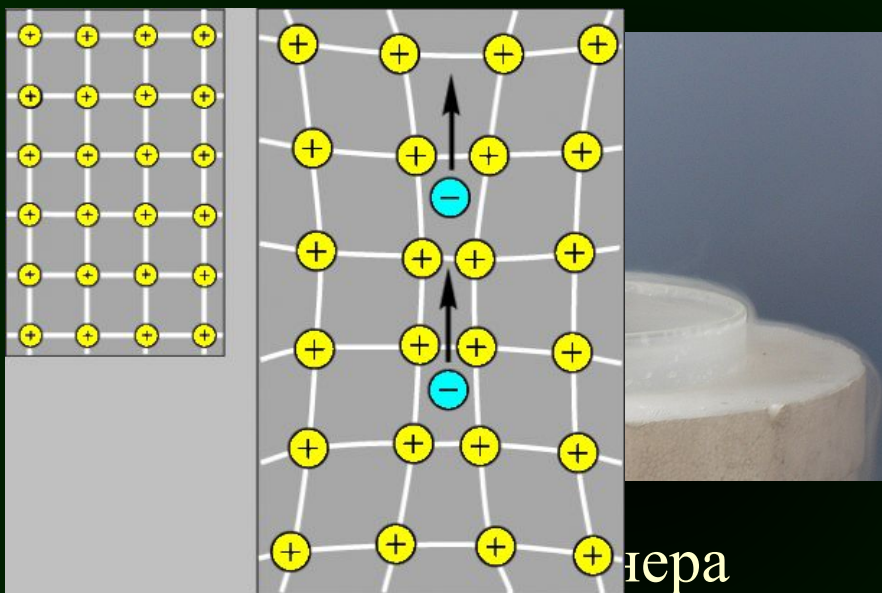
$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t^{\text{II}})$$



Материал	T_c , K	ν_c , Гс
Т. Камерлинг-Оннес	0,39	1960
Zn	0,85	55
Sn	3,72	305
Hg	4,15	411
Nb	9,25	4040
Nb ₃ Sn	18,1	$2 \cdot 10^5$
YBa ₂ Cu ₃ O ₇	100	10^6

Сверхпроводимость

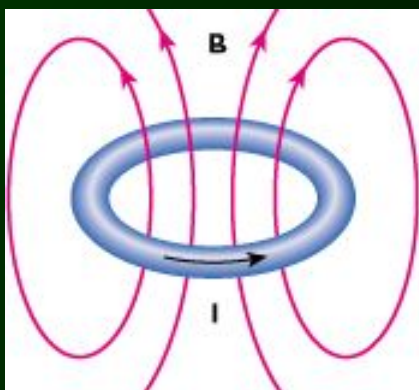
Дж. Бардин, Л. Купер, Дж. Шриффер, 1957 г.



кера

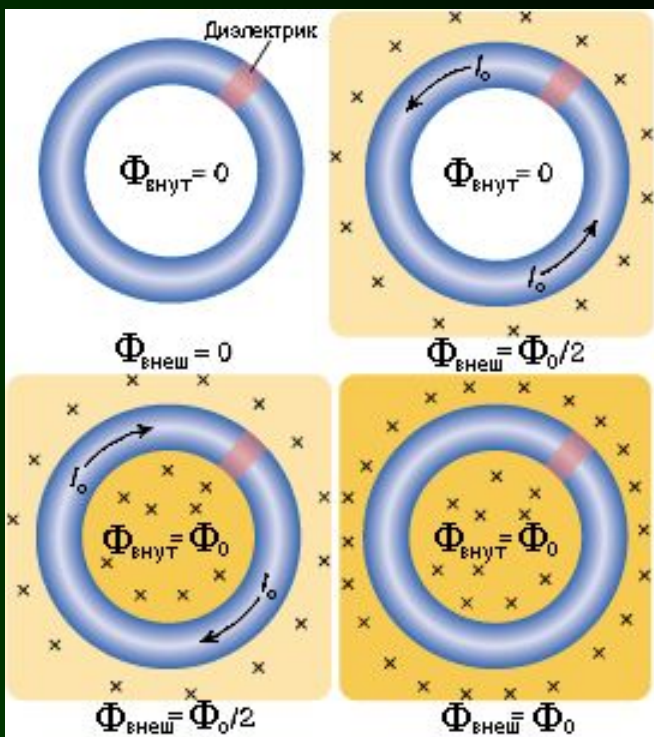
(гроб Магомета)

Эффект Джозефсона

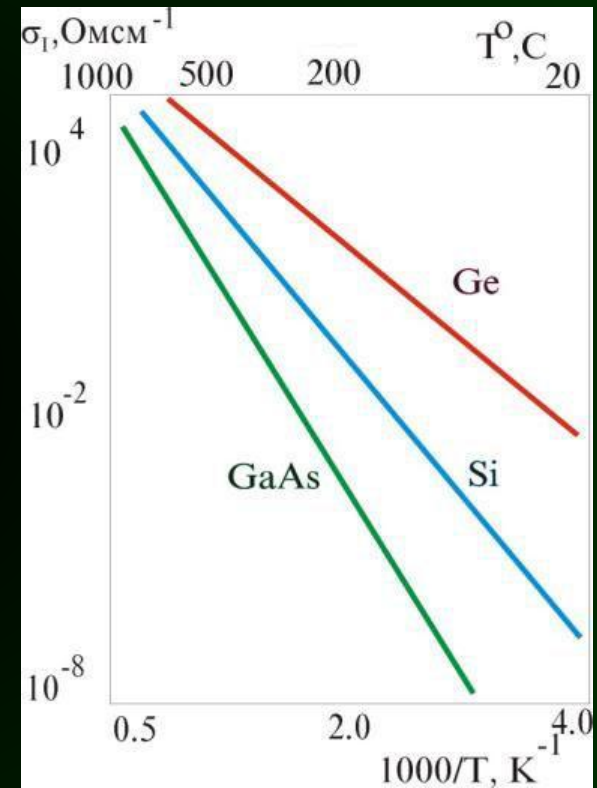
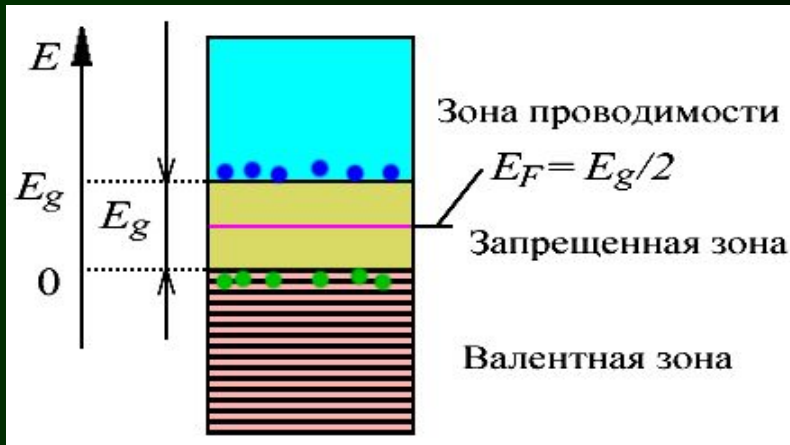


Квантование
магнитного потока

$$\Phi_0 = \frac{h}{2e} = 2,07 \cdot 10^{-15} \text{ \AA}^2$$



Температурная зависимость сопротивления полупроводников



$$n_e = n_p = A e^{-\frac{E_g}{2kT}}$$

$$\sigma \propto n \Rightarrow \ln \sigma \propto \frac{1}{T}$$

Температурная зависимость сопротивления полупроводников

