

Заполнение зон:

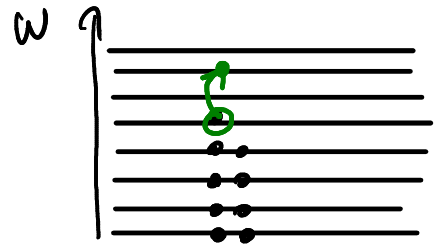
- 1) Принцип минимума энергии. Сис. стремится занять сост. с мин. эн.
- 2) Принцип Паули. В одной ϵ сост. может находиться только одна частица. (фермион)

Спин — кв. хар. — собств. мом. или. част. — соответств. кв. число

— проекция спина $m_s \in \pm \frac{1}{2}$ (для эл.)

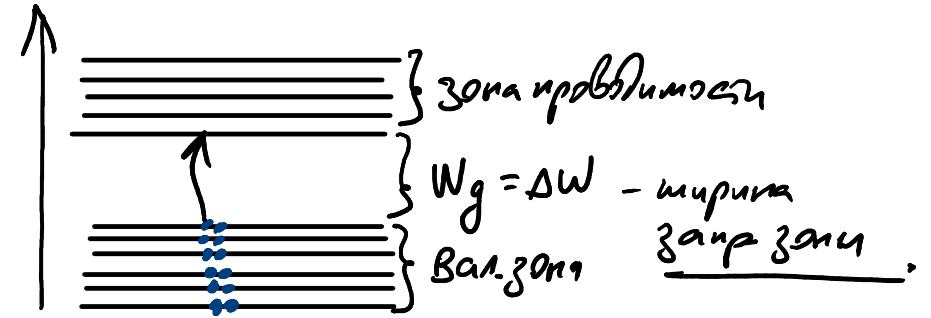
Квантово энергия не зависи от размера \Rightarrow на 1 см уровне $2 \cdot 10^{23}$.

$\sim 10^{23}$



зона частично заполнения
зона проводимости
металлы (чрв.)

Для движения e^- неохдн создать малу энергию



полуп.
 $W_g > 4 \text{ эВ}$

полупров.
 $W_g = 0,1 \div 4 \text{ эВ}$

Для движения, e^- неохдн перескочить через запр. зону в зону проводимости

9.4. Кв. функция распр-я.

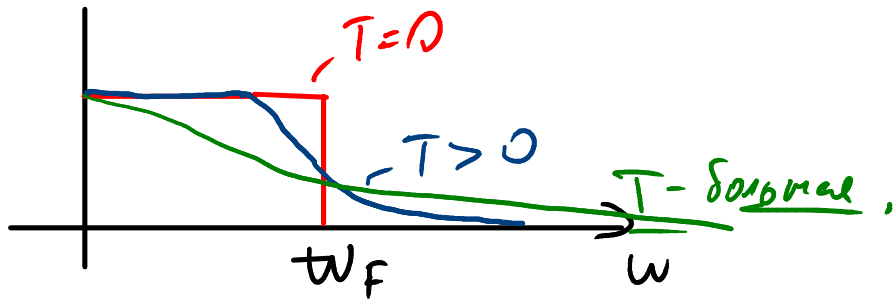
$$f(\omega) = 2 \cdot g(\omega) \eta(\omega)$$

\swarrow Ф-я распр.
 \swarrow Сили
 \downarrow ПЛОТН. СОБ
 \searrow Число занятых (Вероятность того, что ϵ занимает соб. с энергией ω)

Для фермионов:

$$\eta = \frac{1}{e^{(\omega - \omega_F)/kT} + 1}$$

Число занятых (Ф-я распр.)
 Ферми - Дирака



ω_F - энергия Ферми

при $\omega - \omega_F \gg kT$

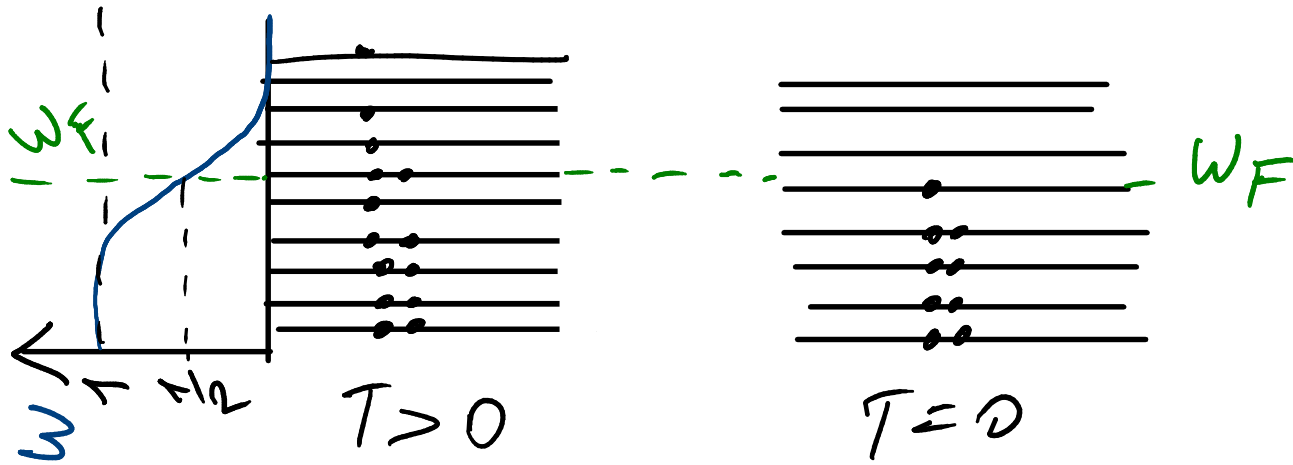
$$\eta = e^{-\omega/kT}$$

распр. Больцмана

Число эл. с энергией в интервале от ω до $\omega+d\omega$:

$$\underline{\Delta N_\omega = 2\eta g d\omega} \quad \Rightarrow \quad \underline{N = 2 \int_0^\infty \eta(\omega) g(\omega) d\omega}$$

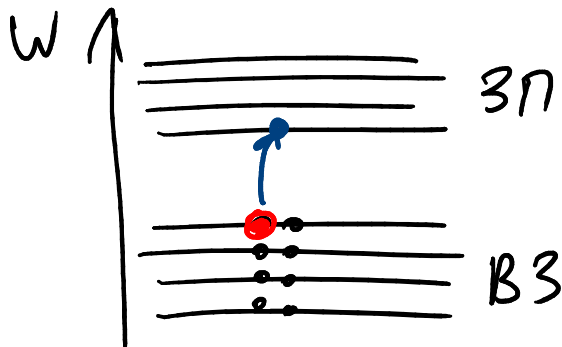
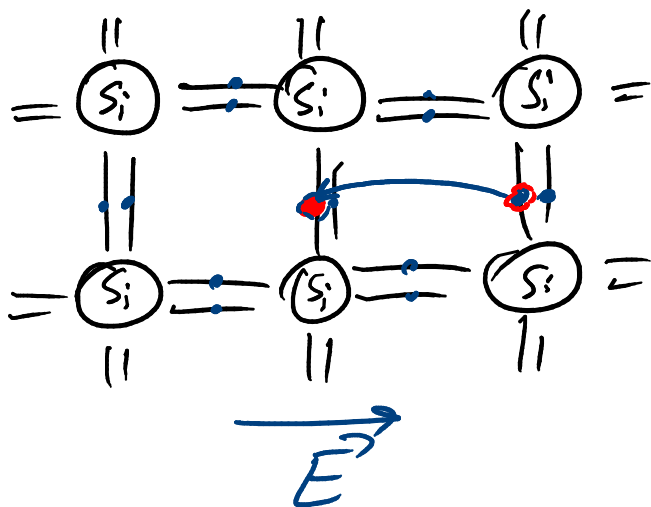
В проводнике .



9.5. Полупроводники

$$W_g = 0,1 \div 4 \text{ эВ}$$

Движение дырки



Т.к. W_g сравнимо с kT ,
то e^- может из BЗ
перескочить в ЗП

Возникает I потока зарядов: электроны
проводимости и дырки.

\Rightarrow и/пр называется проводимостью ток

Такой ток проводимости —

— собственная проводимость

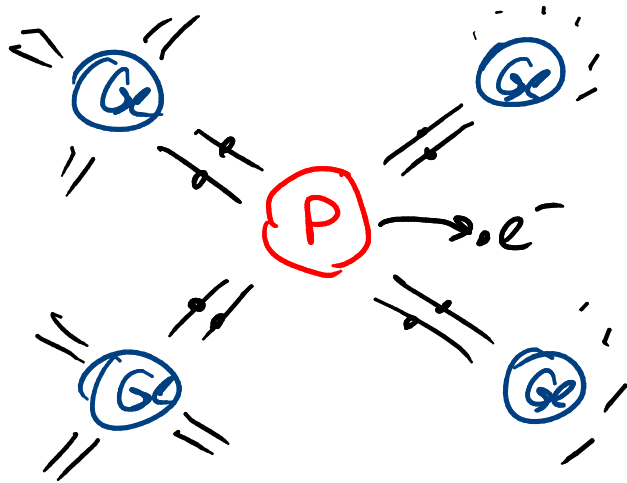
хар-на для чистых и/пр,

Примесная проводимость.

Доноры.

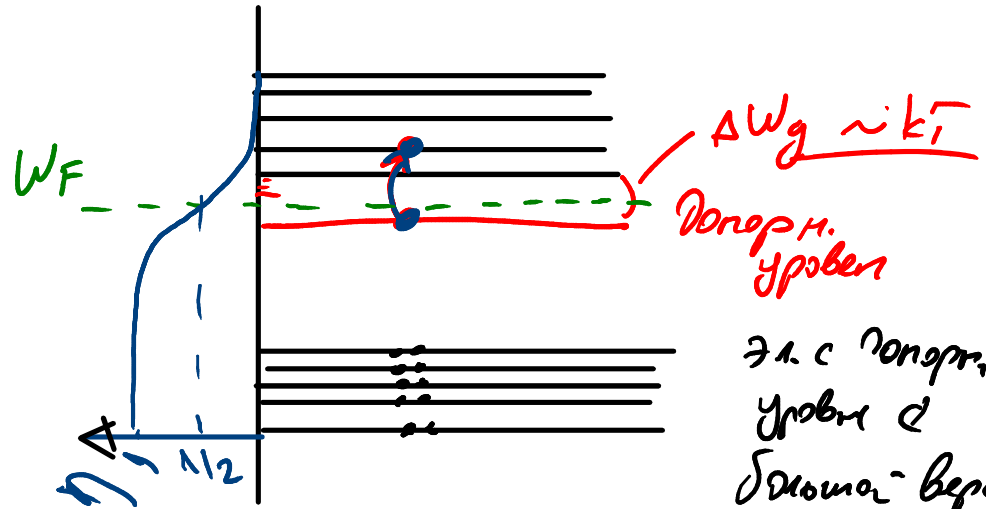
Лишние e^- (отн. n/n_p)

пример P $5e^-$



n/n_p
Ge
 $4e^-$

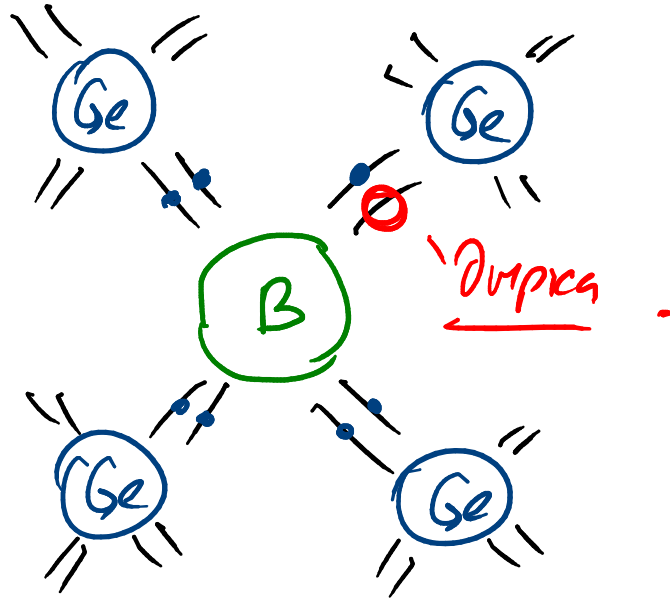
n/n_p II-типа.



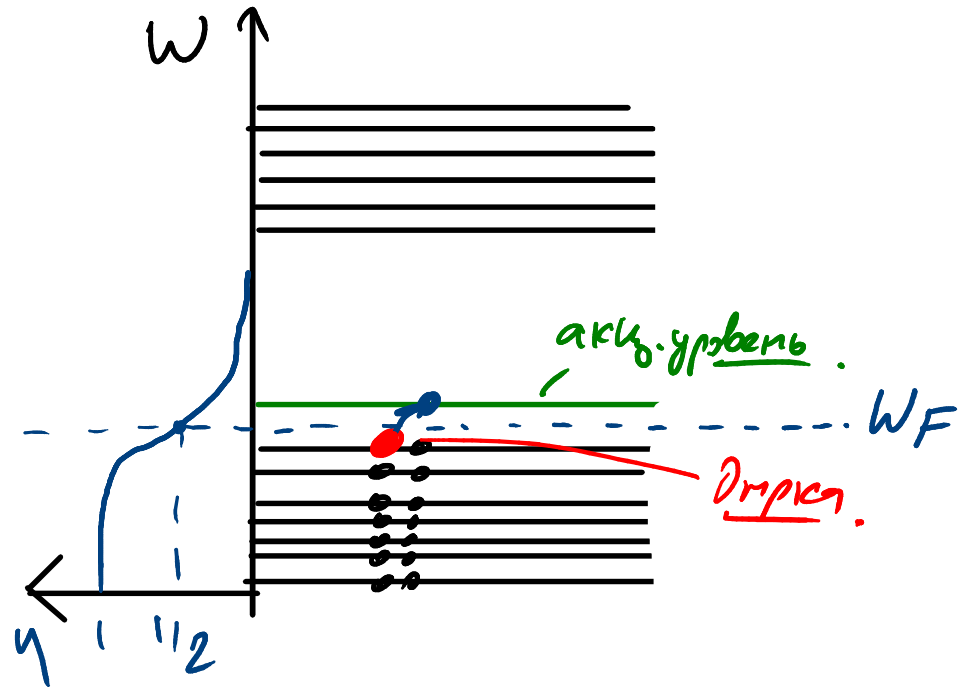
Эт. с донорн.
уровн. e^-
быстро вернутся
уйдет в ЗП.

акцепторная

недостаточный e^- ; $B 3e^-$



n/p p-тип

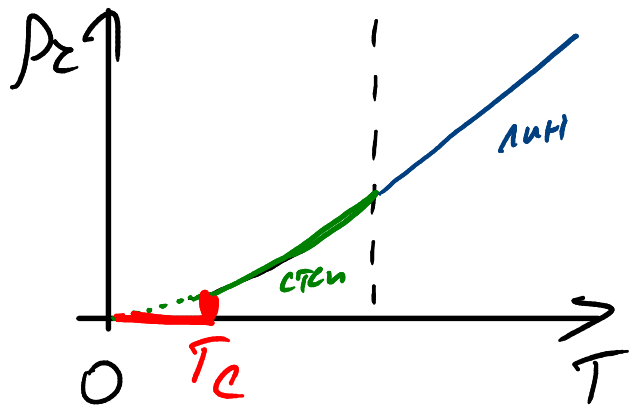


С более высокой в ВЗ возникает дырка

9.6. Сопротивление металлов и спр.

Из эксп. у металлов $R = R_0 (1 + \alpha t)$, t - Темп.

При низких T : $R \sim T^3$



1911 г. К. Оннес,

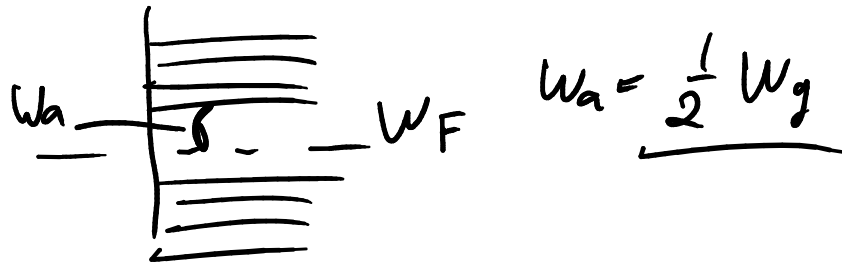
~~$\Delta \omega \approx \epsilon$~~

при $T = 4,2 \text{ K}$ у Hg сопр. пропадает
и возникает

сверхпроводимость.

T_c Гинзбург-Ландау, БКШ (Бардин-Купер-Шриггер)
Куперовские пары,

$y \approx \frac{1}{np}$. $R = R_0 e^{-W_a/kT}$; W_a - эн. активации,



$$W_a = \frac{1}{2} W_g$$

9.7. Работа выхода . 9.8. Контактная разность потенциалов.

самостоятельно ,

Совельев .

Глава 10. Электрический ток в жидкостях, газах, вакууме.

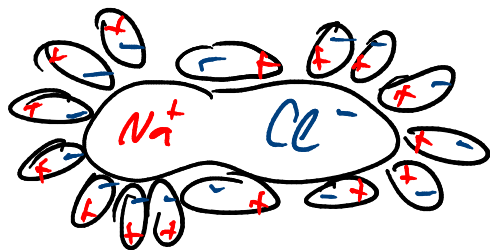
10.1. Диссоциация.

Чистые ж-сти обычно состо из нейтр молекул \Rightarrow плохие проводники.

Но при некот. солей, кислот, щелочей, растворенных кр-ов
- ток проводит - электролиты.

NaCl

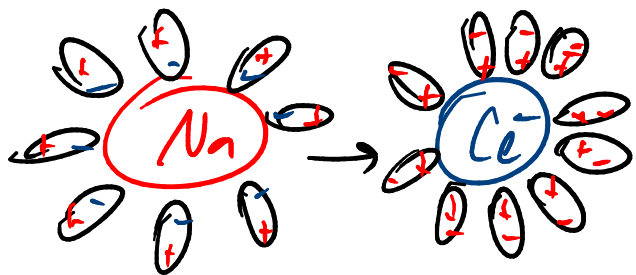
Носители - ионы.



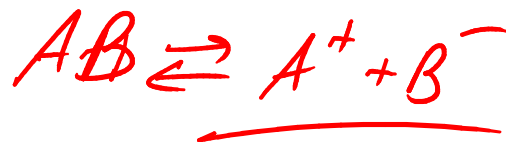
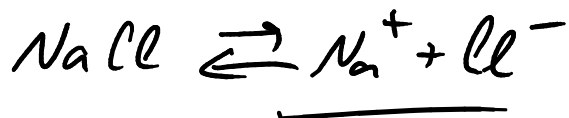
Вследствие ионизации - эл. поле, создав.
ионами в молекуле - ослабляется

(для H_2O в $\epsilon = 81$ раз) Диссоциация

\Rightarrow Возможно разделение ионов



Ионы могут встретиться и образовать молекулу — рекомбинация.



$$\alpha = \frac{n}{n_0} \quad \left| \begin{array}{l} \text{коэфф.} \\ \text{диссоциации} \end{array} \right.$$

n_0 — кон-^{исх}центра молекул
 n — кон-центра ионов

$$n_+ = n_- = n$$

$$n = \alpha n_0 \quad ; \quad n' = (1 - \alpha) n_0 \text{ — кон-центра не дисс. молекул.}$$

Узм. конг-н : $\frac{dn}{dt} = \beta \cdot n' = \beta(1-\alpha)n_0;$

$$\frac{dn'}{dt} = \eta n_+ n_- = \eta \cdot n^2 \Rightarrow \eta \alpha^2 n_0^2 \quad \eta = n_0 e^{-\frac{E_A}{kT}}$$

В равновесии : $\frac{dn}{dt} = \frac{dn'}{dt} \Rightarrow \beta(1-\alpha)n_0 = \eta \alpha^2 n_0^2$

$$\boxed{\frac{1-\alpha}{\alpha^2} = \frac{\eta}{\beta} \cdot n_0} \Rightarrow \alpha = \underline{\alpha(n_0)}$$

При малых n_0 ($n_0 \rightarrow 0$); $\alpha \approx 1$; т.е. дисс. близка к полной.

При $\alpha \ll 1 \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{\beta}{\eta} \cdot \frac{1}{n_0}}$;

10.2. Электропроводность x-стей.

Плотность тока: $\vec{j} = q_+ n_+ \vec{u}_+ + q_- n_- \vec{u}_-$;

Для большинства б-б: $\vec{u} = \mu \vec{E}$ μ - подвижность носителей заряда

В электролитах; $\mu_+ \neq \mu_-$.

Пусть $q_+ = q_- = q \Rightarrow \vec{j} = q n (\mu_+ + \mu_-) \vec{E} = q n_0 (\mu_+ + \mu_-) \vec{E}$

В обш. случае $\mu = \mu(E)$. Но в электролитах $\frac{\partial \mu}{\partial E} \approx 0$
вплоть до $E \sim 10^8 \frac{B}{m}$

$$\Rightarrow \underline{\vec{j} = \sigma \vec{E}}, \text{ где } \underline{\sigma = q \alpha n_0 (\mu_+ + \mu_-)} = \text{const.}$$

Закон Ома.
проводимость электрлита

т.е. для электрлитов справедлив закон Ома.

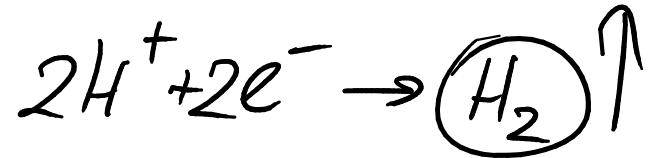
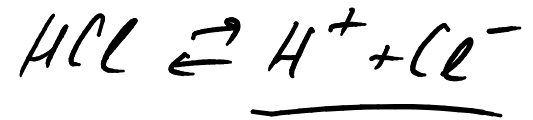
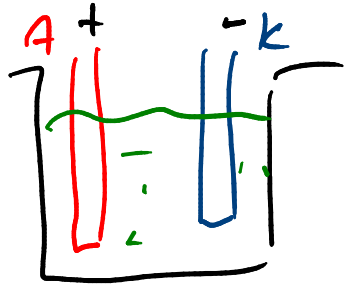
При малых n_0 ; $\sigma \sim n_0$; при больших — зависимость сложная.

При изм. T .

- 1) с ростом T — вязкость падает $\Rightarrow \mu$ растет
- 2) α увели. с ростом T

$\Rightarrow \sigma = \sigma(T)$ — возраст. ф-я (резко)

10.3 Эксперимент



Законы Фарадея :

I зак. Ф :

$$m = K \cdot q; \quad m = K \int_0^t I dt$$

II зак. Ф :

K - электрохим. эквив.,

A - атомный вес

Z - валентность

$$F = 96497 \frac{\text{Кл}}{\text{экв}} \quad \left. \begin{array}{l} \text{моль-л} \\ \text{Фарадея} \end{array} \right\}$$

$$K = \frac{1}{F} \frac{A}{Z}$$

10.4. Эл. ток в газах.

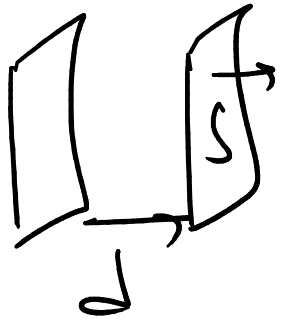
Независимый разряд - $\left(\frac{dn}{dt}\right)_{ion} = \dot{n}_i$

$$\left(\frac{dn}{dt}\right) = -z \cdot n_+ n_- = -z n^2; \quad n_+ = n_- = n$$

В равновесии $\dot{n}_i = -z n^2$;

$$\vec{j} = q n (\mu_+ + \mu_-) \vec{E};$$

Если E велика и $\left(\frac{dn}{dt}\right)_{rec}$ можно пренебречь, то



$$I_{HAC} = \dot{n}_i \cdot V \cdot q ;$$

$$V = d \cdot S$$

$$j_{HAC} = q_d \cdot \dot{n}_i$$