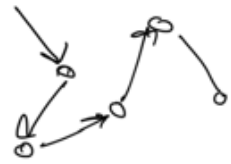
1. Електронні властивості (металів)

1.1. Модель Друде - Електропровідність σ

$$\vec{F} = -e\left(\vec{E} + \frac{1}{c}\vec{v}\times\vec{B}\right)$$



$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{3}{2}k_BT$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$\langle\vec{v}\rangle = \langle\vec{v}_0\rangle + \frac{eE}{m}\tau \qquad \langle t\rangle \equiv \tau$$

$$j = en\langle v\rangle = \frac{e^2n\tau}{m}E = \sigma E$$

$$\ell = \frac{at^2}{2}$$

Друде $\sigma = \frac{e^2n}{2m}$

$$\tau = \sigma\frac{m}{e^2n} \sim 10^{-15} - 10^{-14}\ c$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{3}{2}kT \qquad v_0 \to 10^5\ \frac{m}{c}$$

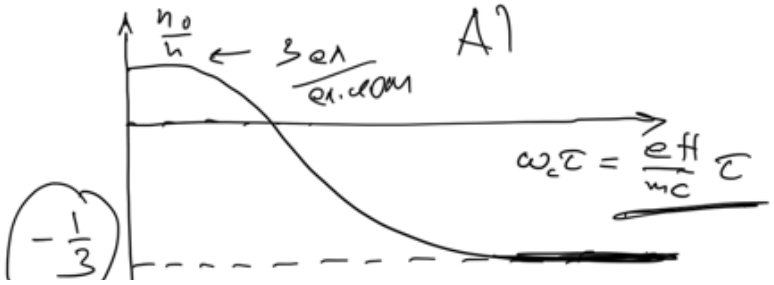
$$\ell = v_0\tau = 10^{-10} - 10^{-9}\ m = 1 - 10\ \text{Å}$$

(2) Ефект Холла

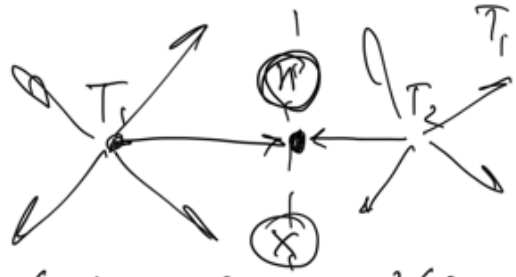
$$F_y = -\frac{e}{c}v_xB_z = eE_y \qquad ev = \frac{j}{n}$$

$$-\frac{j}{cn}B_z = eE_y$$

$$R_H = \frac{E_y}{jB_z} = -\frac{1}{enc}$$



③ Теплопровідність



$T_1 > T_2$

$\vec{j^q} = -\varkappa \nabla T$

потік тепла

$U(T(x))$ – теплова енергія на електрон

$U(T(x - v_1\tau)) \quad U(T(x - v_2\tau))$

$$j^q = \frac{n}{2} v \left[U(T(x - v\tau)) - U(T(x + v\tau)) \right]$$

$$j^q = n v^2 \tau \frac{dU}{dT}\left(-\frac{dT}{dx}\right)$$

$$n \frac{dU}{dT} = \underline{c_v} = \frac{3}{2} k_B n$$

$$\boxed{j^q = -c_v v^2 \tau \frac{dT}{dx}} \quad (1D)$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{3}{2} k_B T \qquad v^2 = \frac{3 k_B T}{m}$$

3D: $\langle v_x^2 \rangle = \frac{1}{3} v^2$

$$j^q = -\frac{3}{2} k_B n \frac{3 k_B T}{m} \tau \frac{1}{3} \nabla T$$

$$j^q = -\frac{3}{2} \frac{k_B^2 \tau n}{m} T \nabla T$$

$$\varkappa = \frac{3}{2} \frac{k_B^2 n}{m} \tau T$$

$$\boxed{\frac{\varkappa}{\sigma} = \frac{3}{2}\left(\frac{k_B}{e}\right)^2 T}$$

Зч Відеман-Франц

число Лоренца

> у 2 р. в реальності

$c_v <$ в 100 р.

$v^2 > в\ 100_р$

④ Ефект Зеебека

$$E = -S \nabla T$$

$$v_Q = \frac{1}{2}\left[v(x - v\tau) - v(x + v\tau)\right] =$$

$$= -\tau v \frac{dv}{dx} = -\tau \frac{d}{dx}\left(\frac{v_x^2}{2}\right)$$

3D: $\langle v_x^2 \rangle = \frac{1}{3} v^2$

$$v_Q = -\frac{1}{6} \tau \frac{dv^2}{dT} \nabla T$$

$$v_E = -\frac{eE}{m} \tau \qquad v_Q + v_E = 0$$

$$\frac{eE}{m} = \frac{-1}{6} \frac{dv^2}{dT} \nabla T$$

$$E = -\frac{1}{3в} \frac{1}{e} \left(\frac{m}{2} \frac{dv^2}{dT}\right) \nabla T$$

$$\frac{m}{2} \frac{dv^2}{dT} = \frac{3}{2} k_B$$

$$\boxed{S = \frac{k_B}{2e}}$$

В реальності у $100_р$. менше