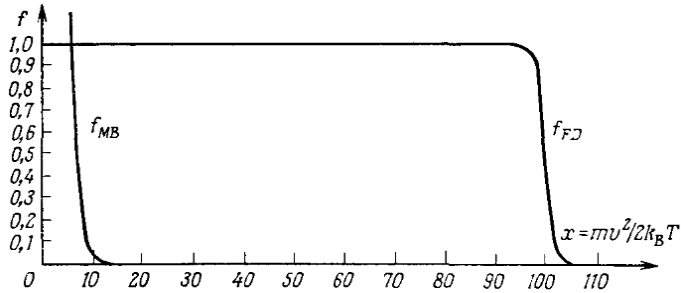


Лекція 2: Модель Зоммерфельда

- Від статистики Максвелла-Больцмана до Фермі-Дірака
- Фермі-швидкість, теплоємність та їх внесок у з-н Відемана-Франца та термоелектрику
- Парабола вільних електронів та квантування по імпульсу
- Ферміологія: E_F , k_F , v_F , поверхня Фермі (1D, 2D, 3D)
- Оцінки $kT \ll E_F$
- Густина електронних станів (DOS) в 1D, 2D, 3D

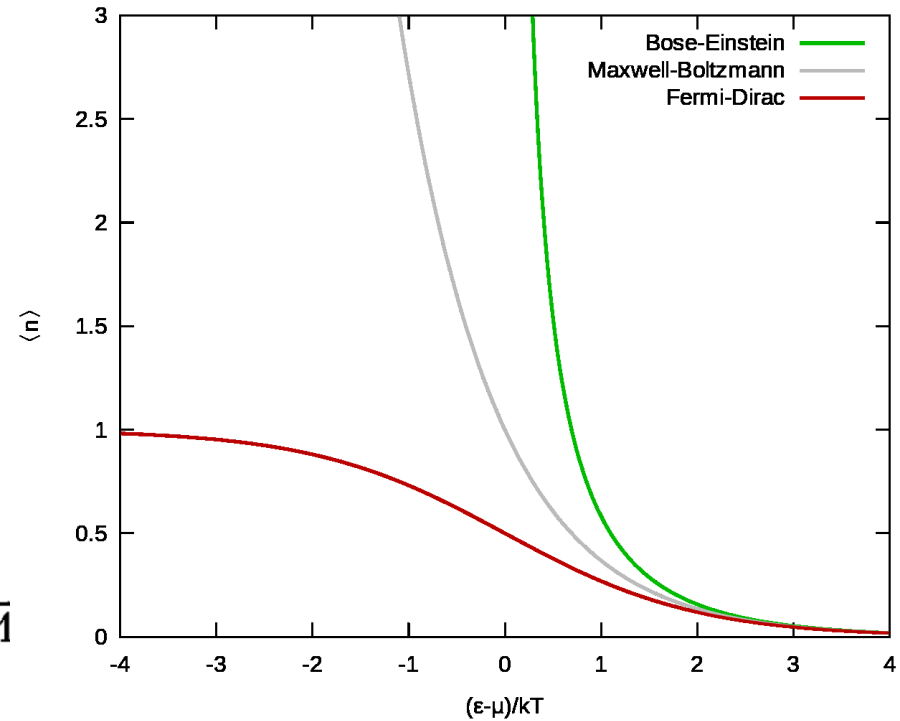
Maxwell-Boltzmann -> Fermi-Dirac distributions



$$f_B(\mathbf{v}) = n \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} e^{-mv^2/2k_B T}$$

$$f(\mathbf{v}) = \frac{(m/\hbar)^3}{4\pi^3} \frac{1}{\exp[(1/2)mv^2 - k_B T_0]/k_B T + 1}$$

$$f(\mathcal{E}) = \frac{1}{e^{(\mathcal{E} - \mu)/k_B T} + 1}$$



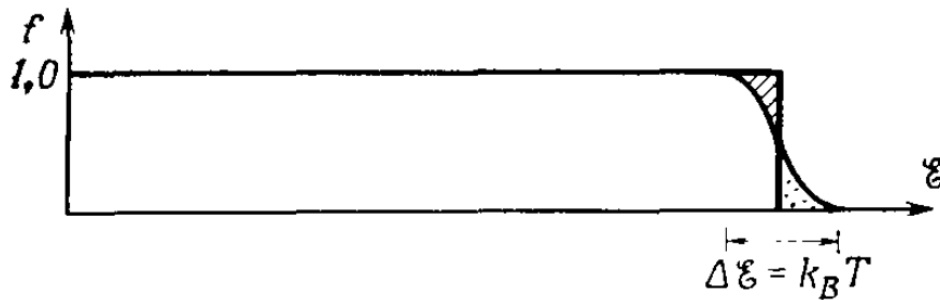
[en.wikipedia.org/wiki/Fermi-Dirac statistics](https://en.wikipedia.org/wiki/Fermi%E2%80%93Dirac_statistics)

[Ашкрофт, Мермин т.1, с.43](#)

Maxwell-Boltzmann -> Fermi-Dirac distributions

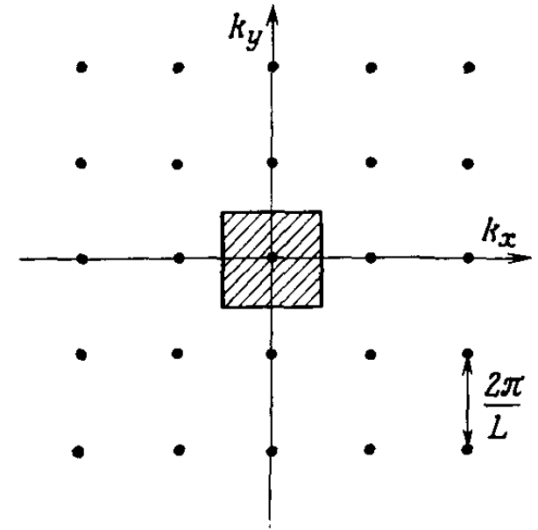
$$f(\mathcal{E}) = \frac{1}{e^{(\mathcal{E} - \mu)/k_B T} + 1}$$

$$n = \frac{k_F^3}{3\pi^2} \quad v_F = \left(\frac{\hbar}{m}\right) k_F = \frac{4,20}{r_s/a_0} \cdot 10^8 \text{ cm/c}$$



$$u = u_0 + \frac{\pi^2}{6} (k_B T)^2 g(\mathcal{E}_F)$$

$$c_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_n = \frac{\pi^2}{2} \left(\frac{k_B T}{\mathcal{E}_F}\right) n k_B$$



3-н Відемана-Франца

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

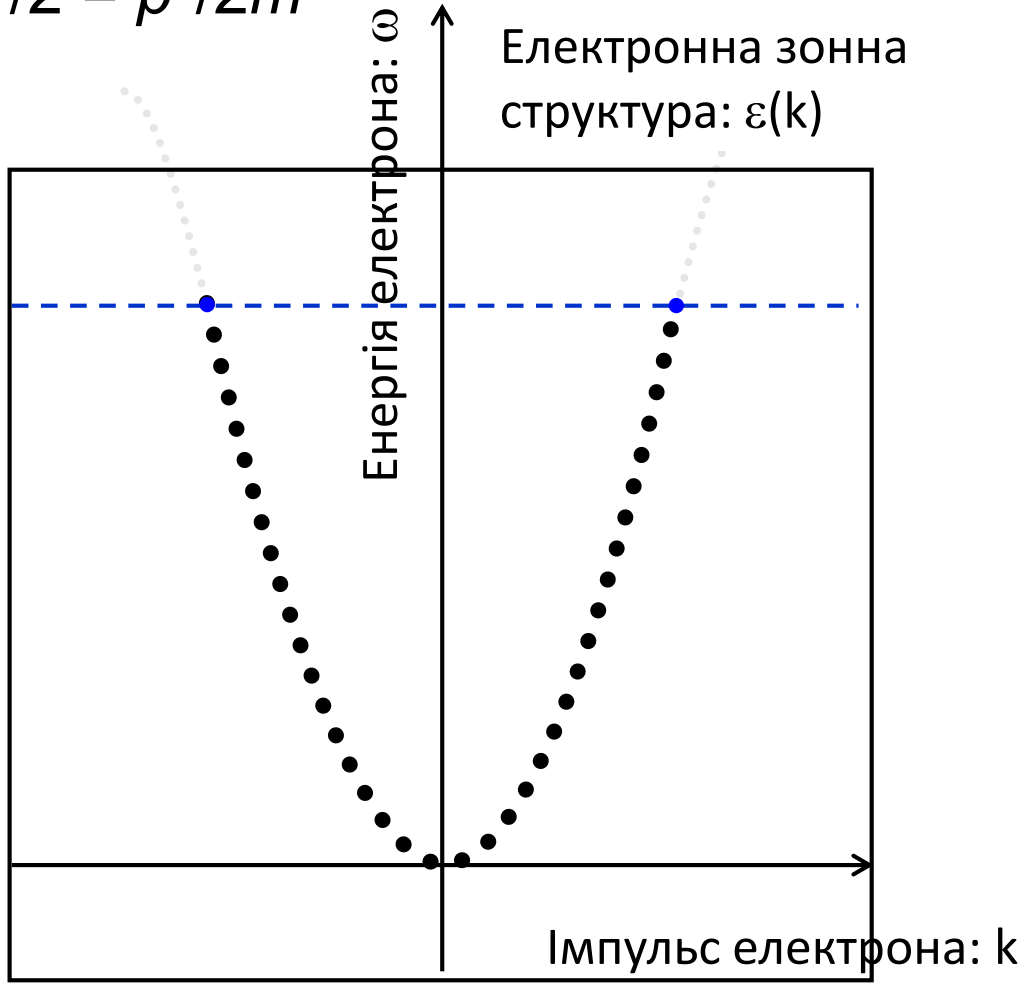
Коеф. Зеебека

$$S = \frac{\pi^2}{6} \frac{k_B}{e} \left(\frac{k_B T}{\mathcal{E}_F}\right)$$

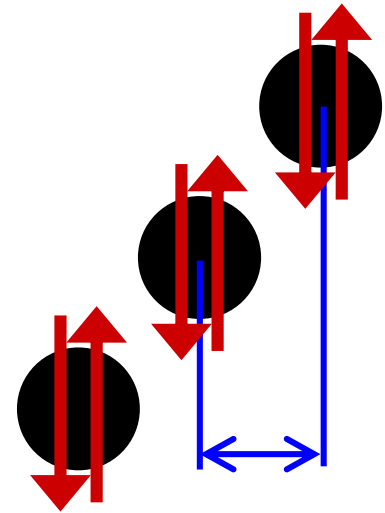
Парабола вільних електронів

$$E = mv^2/2 = p^2/2m$$

$$p = \hbar k$$

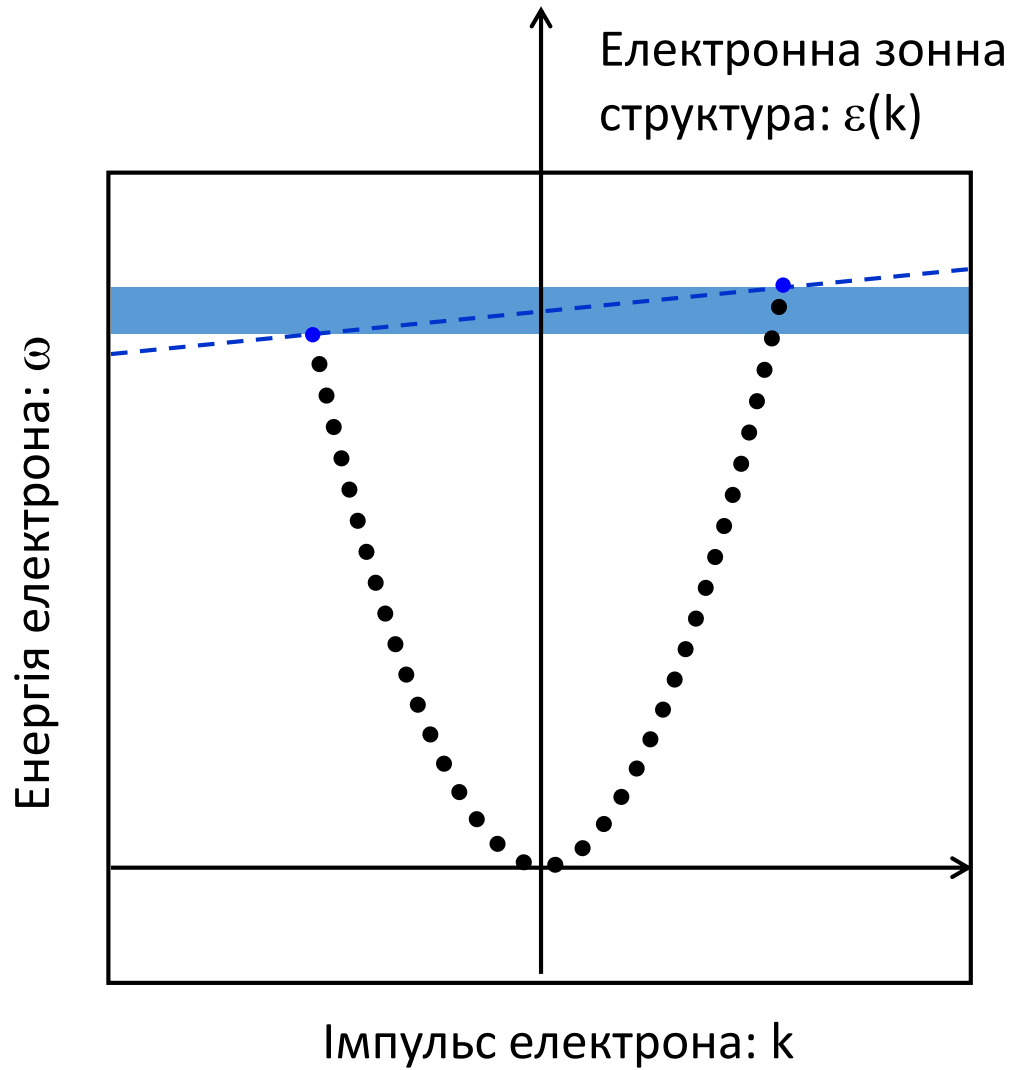


$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

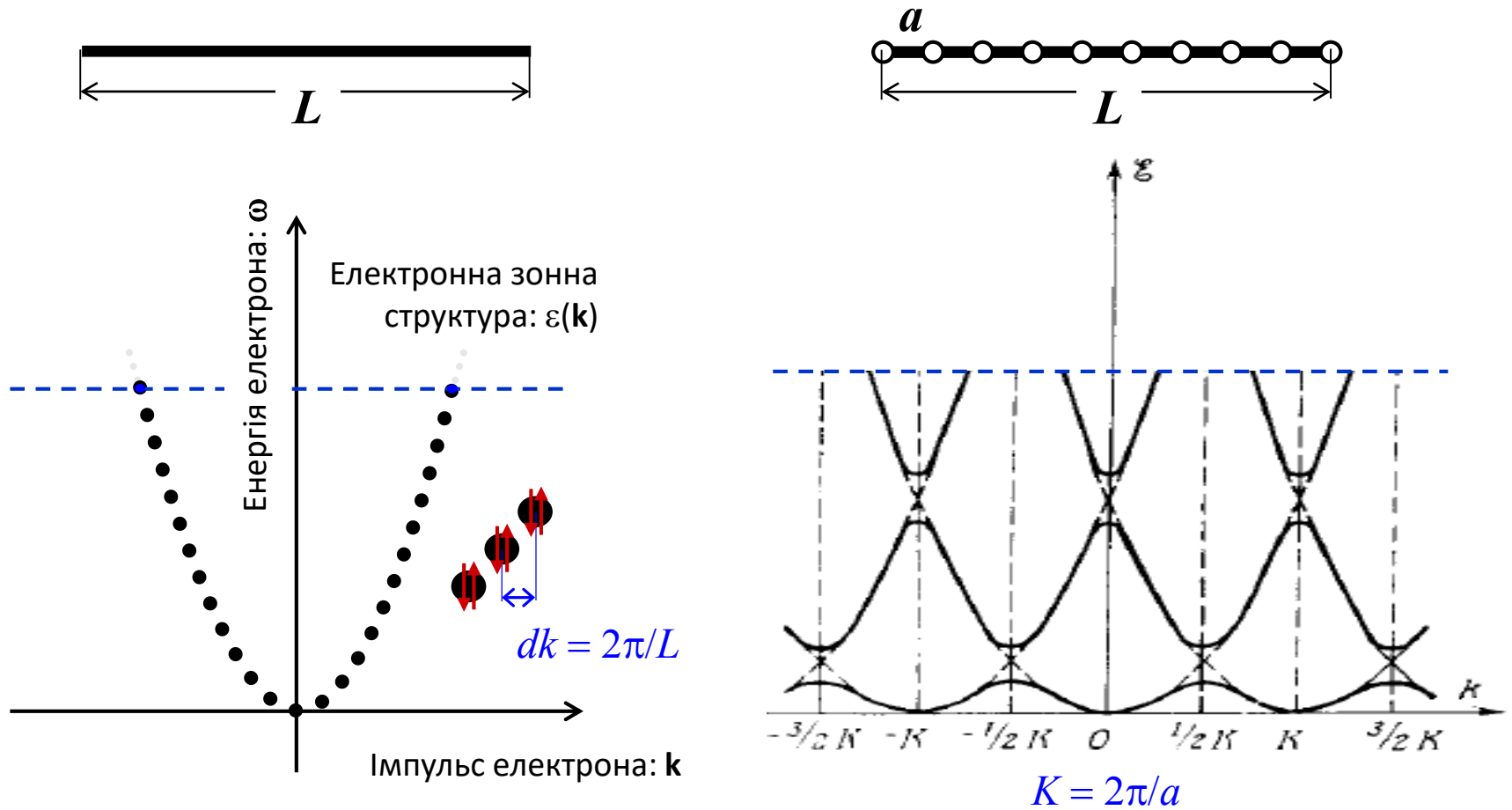


$$dk = 2\pi/L$$

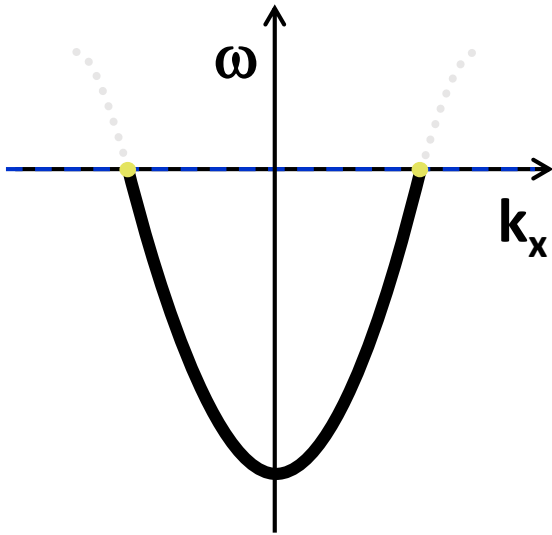
Електричне поле -> електричний струм



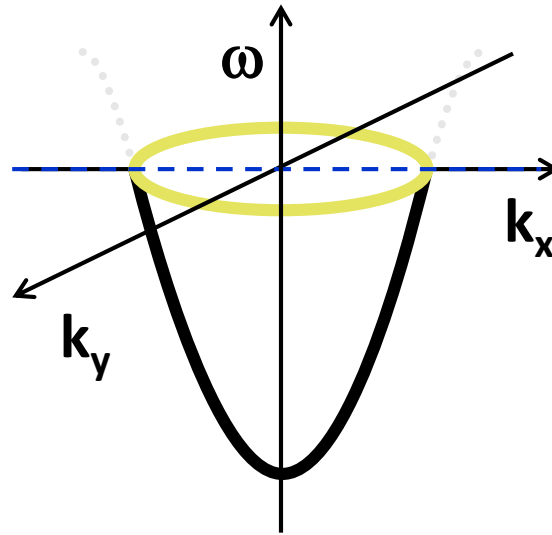
Electronic dispersion, electronic structure, Fermi surface



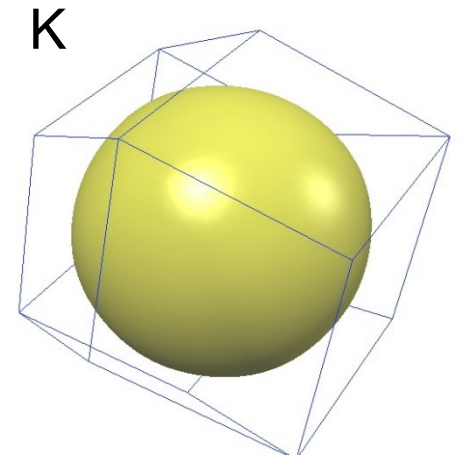
... Fermi surface



1D

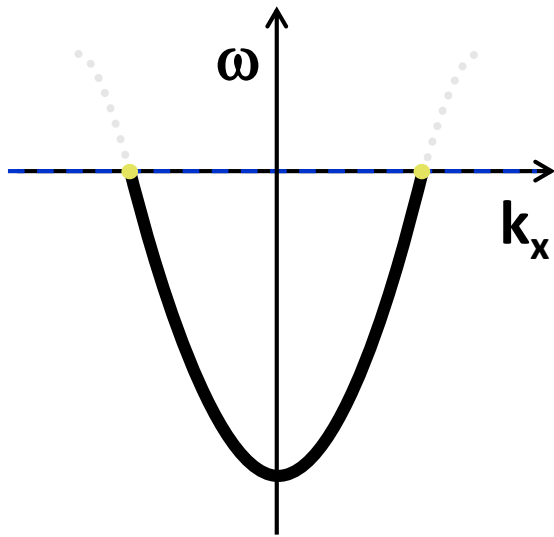


2D

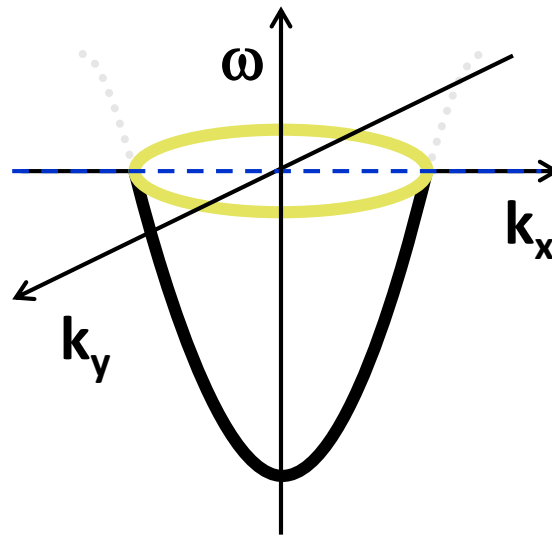


3D

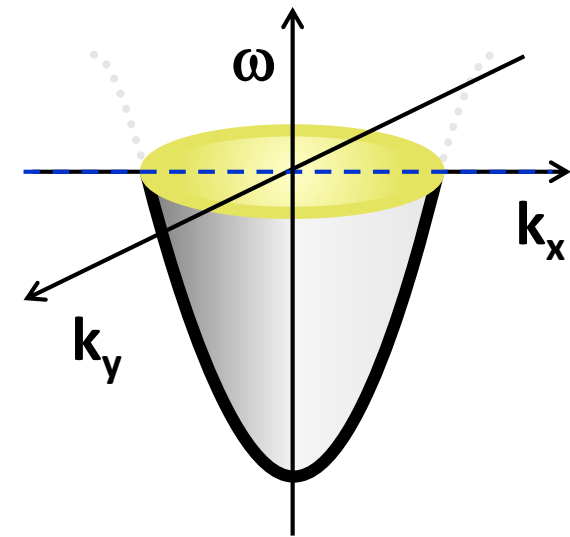
... Fermi surface



1D

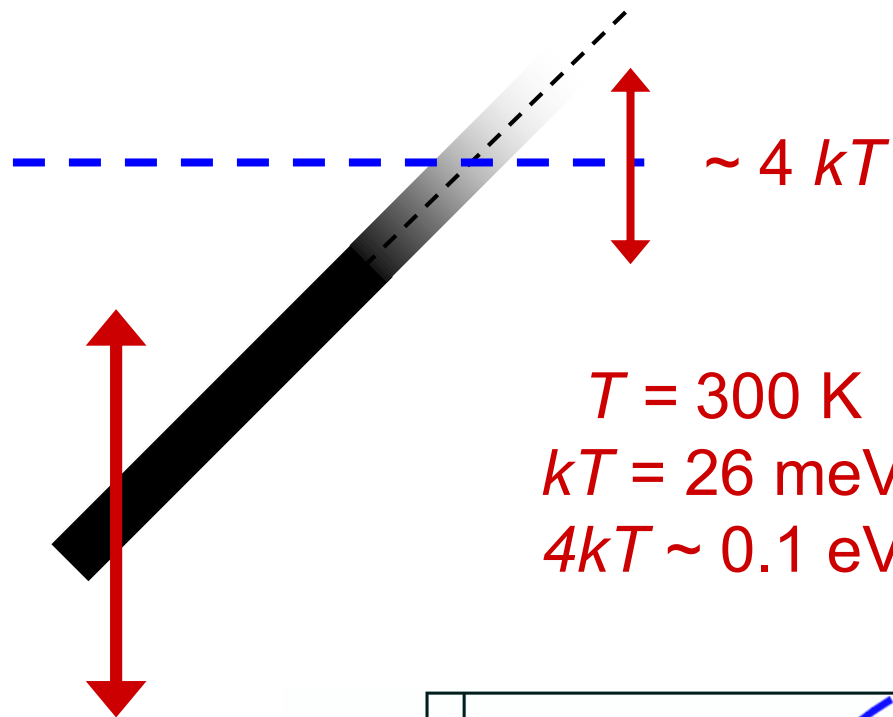
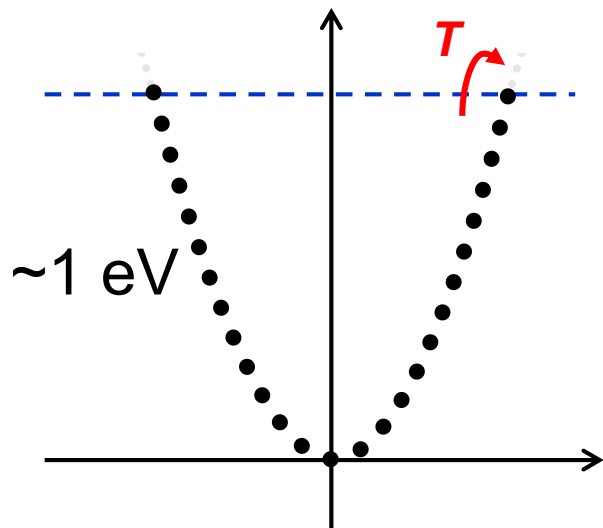


2D



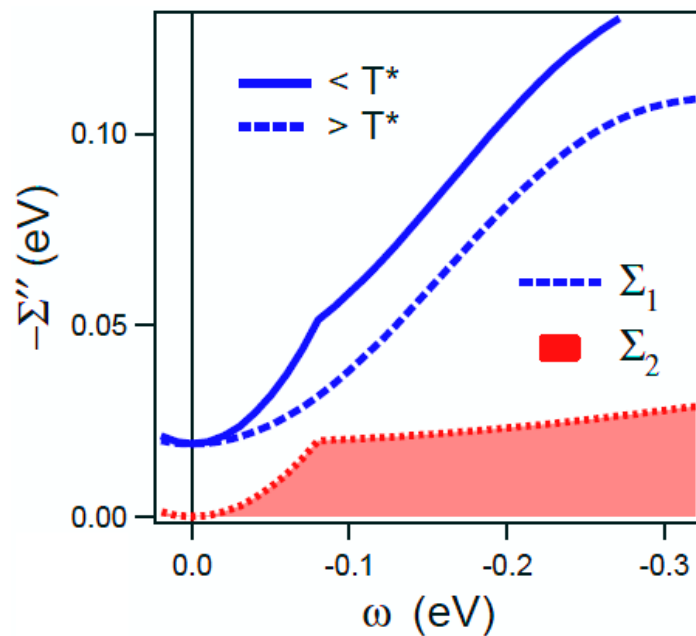
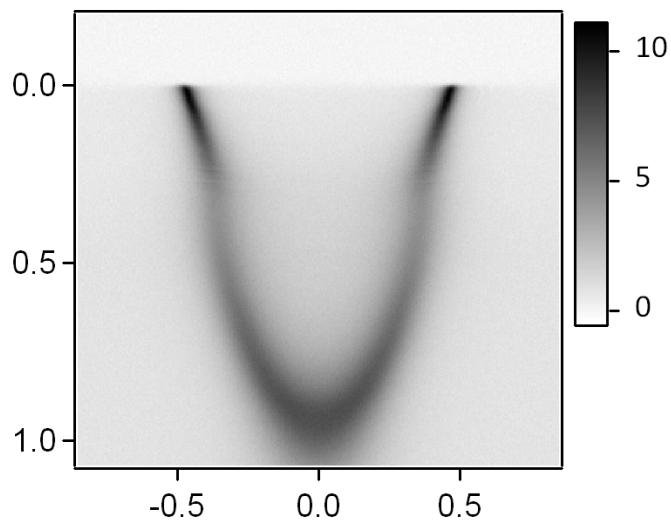
3D projected
on 2D

Energy scales



$T = 300 \text{ K}$
 $kT = 26 \text{ meV}$
 $4kT \sim 0.1 \text{ eV}$

$$2\Sigma'' \sim \alpha \omega^2 + \beta T^2$$



Задачі для самостійної роботи:

1. Порівняти рішення рівняння Шредингера для електрона в нескінченій потенційній ямі та в ямі з граничними умовами Борна-Кармана
2. Визначити густину електронних станів, $DOS(\omega)$ в 1D, 2D, 3D

[Підказка...](#)