

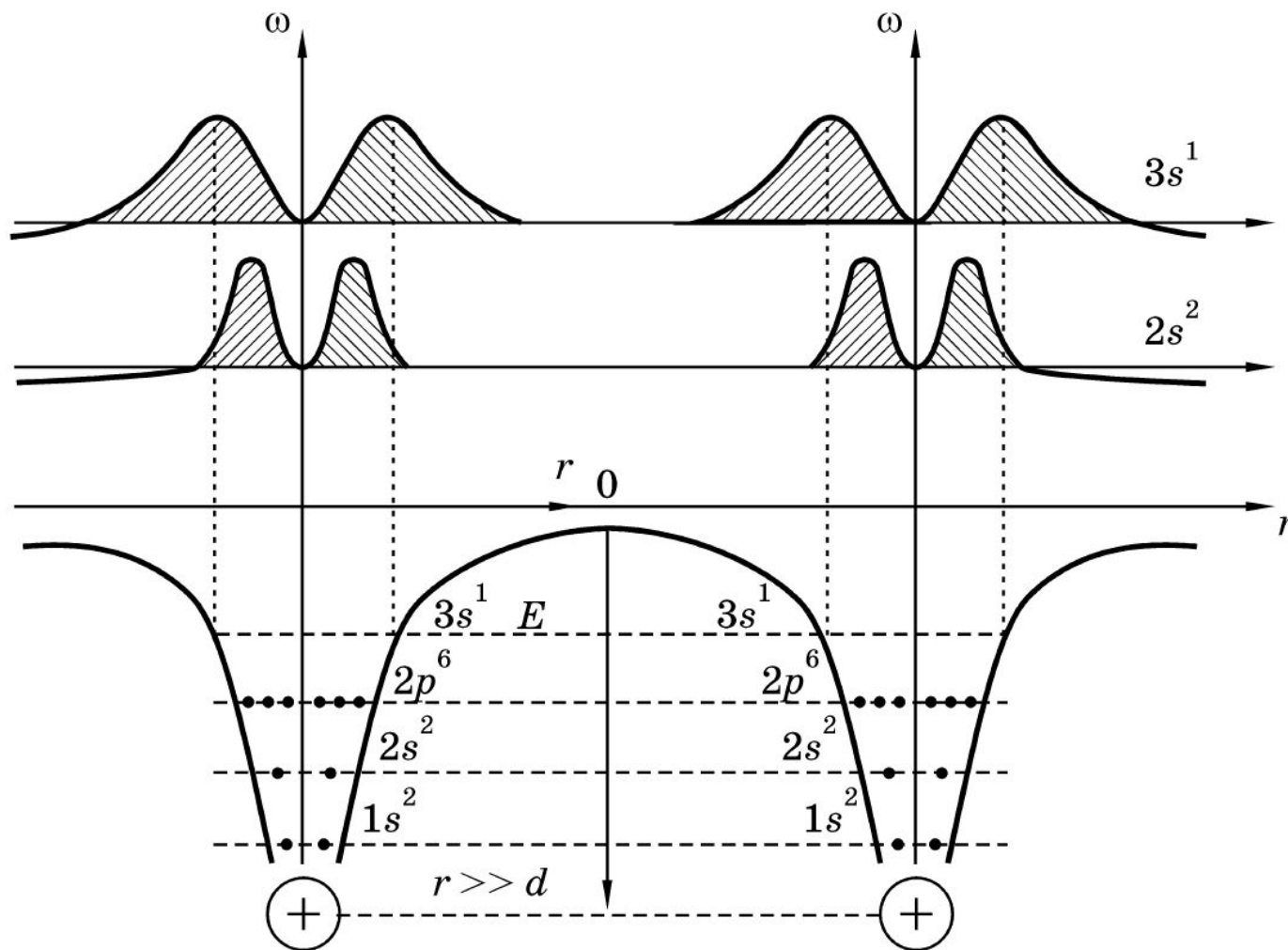
Электроны в кристаллах.

§9 Приложения зонной теории.

План:

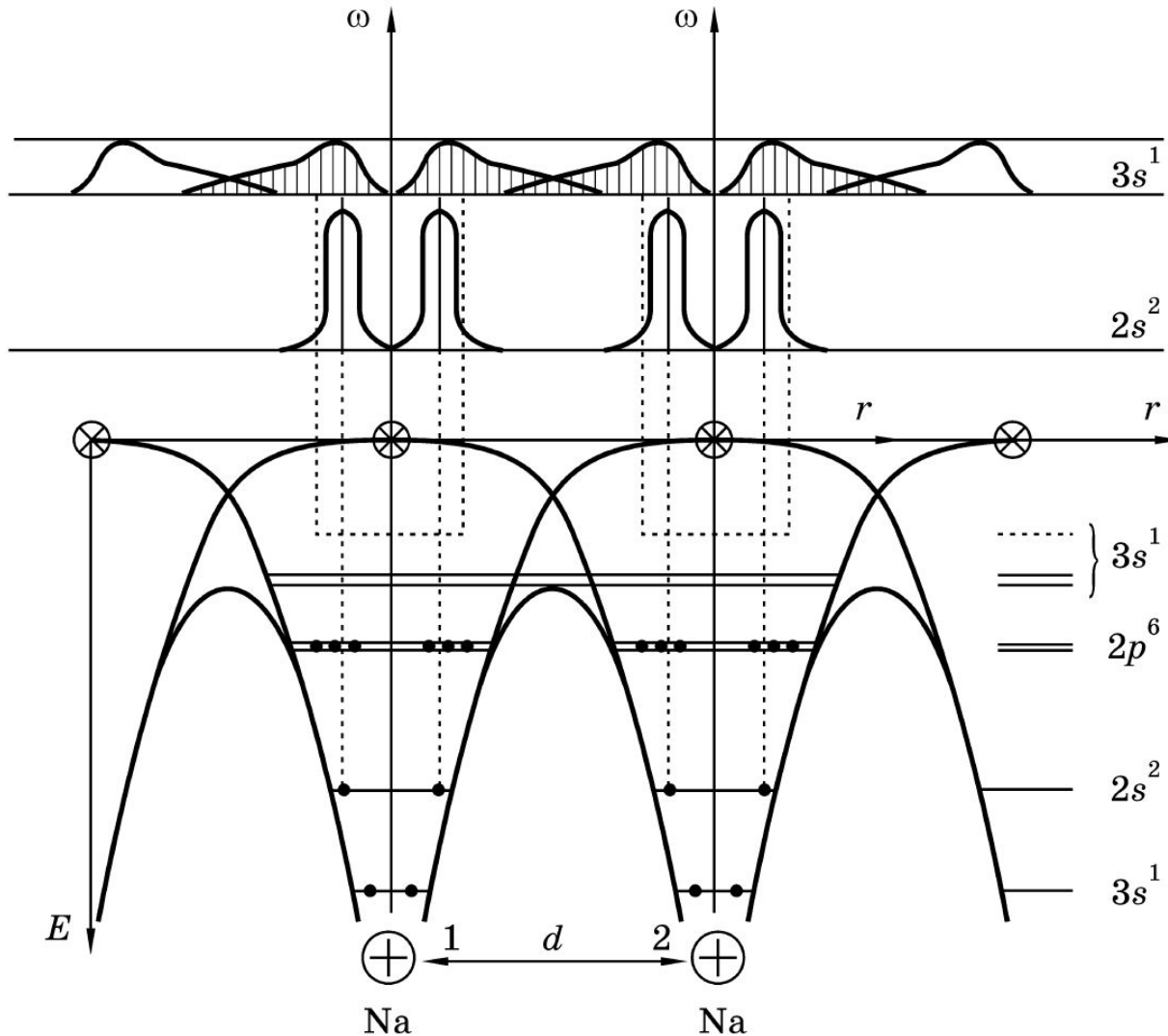
- 1. Классификация твердых тел по типу энергетического спектра.*
- 2. Электропроводность кристаллов.*
- 3. Теплоемкость электронного газа.*

1. Классификация твердых тел по типу энергетического спектра



Энергетическая схема
двух изолированных атомов натрия

1. Классификация твердых тел по типу энергетического спектра



Энергетическая схема двух атомов натрия, сближенных на расстояние, равное параметру решетки кристалла натрия

1. Классификация твердых тел по типу энергетического спектра

$$D = \exp\left[-\frac{2}{\hbar}\sqrt{2m(U-E)}d\right] \quad (1)$$

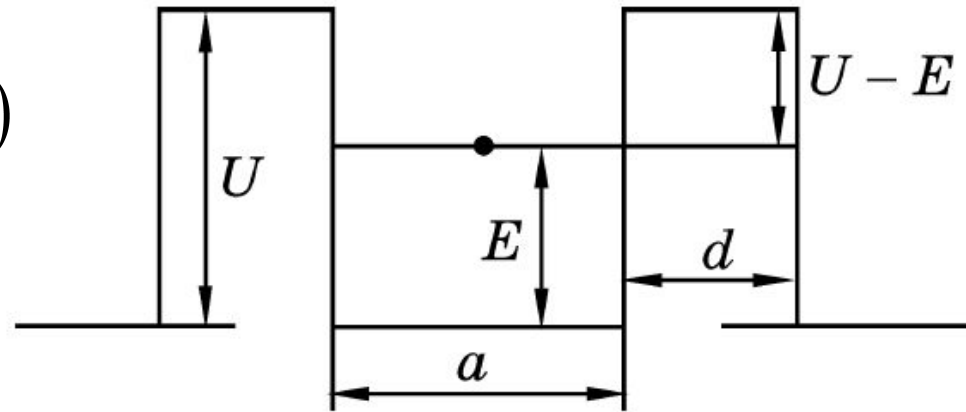
$\frac{\nu}{a}$ раз

Умножая $\frac{\nu}{a}$ на D

$$\nu \cong \frac{\nu}{a} \exp\left[-\frac{2}{\hbar}\sqrt{2m(U-E)}d\right] \quad (2)$$

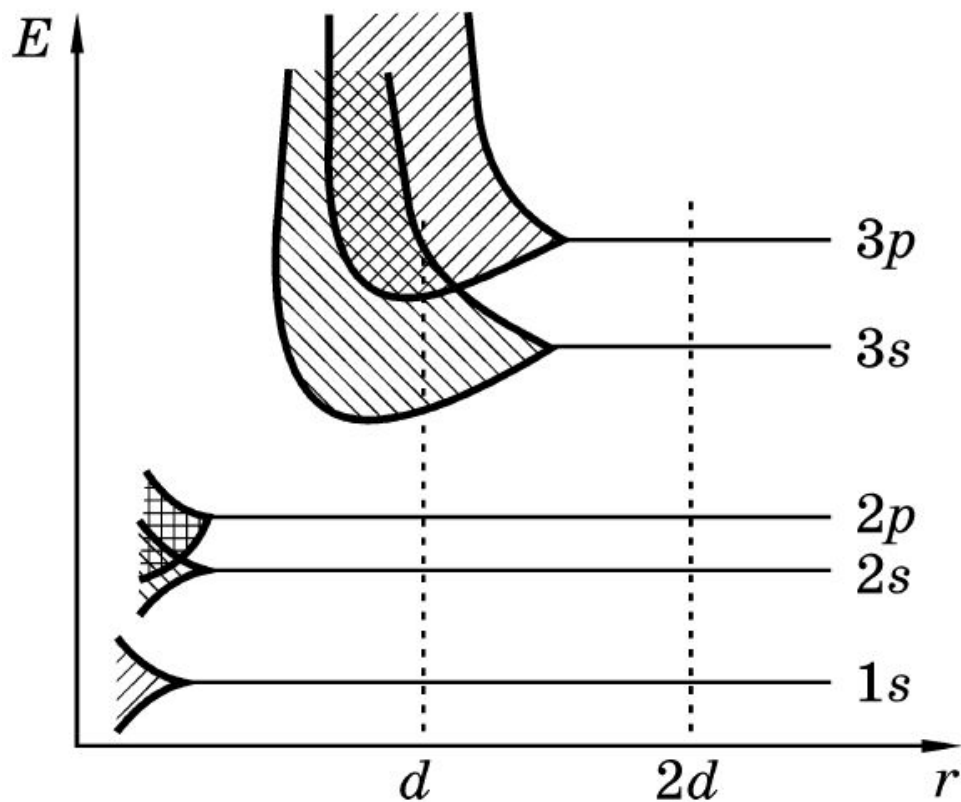
$$d = 1 \text{ \AA} \quad \nu \cong 10^{15} \text{ с}^{-1} \quad \tau \cong 10^{-15} \text{ с}$$

$$\Delta E \approx 1 \text{ эВ} \quad 10^{-7} \text{ эВ}$$



Прямоугольный
потенциальный барьер
конечной ширины

1. Классификация твердых тел по типу энергетического спектра

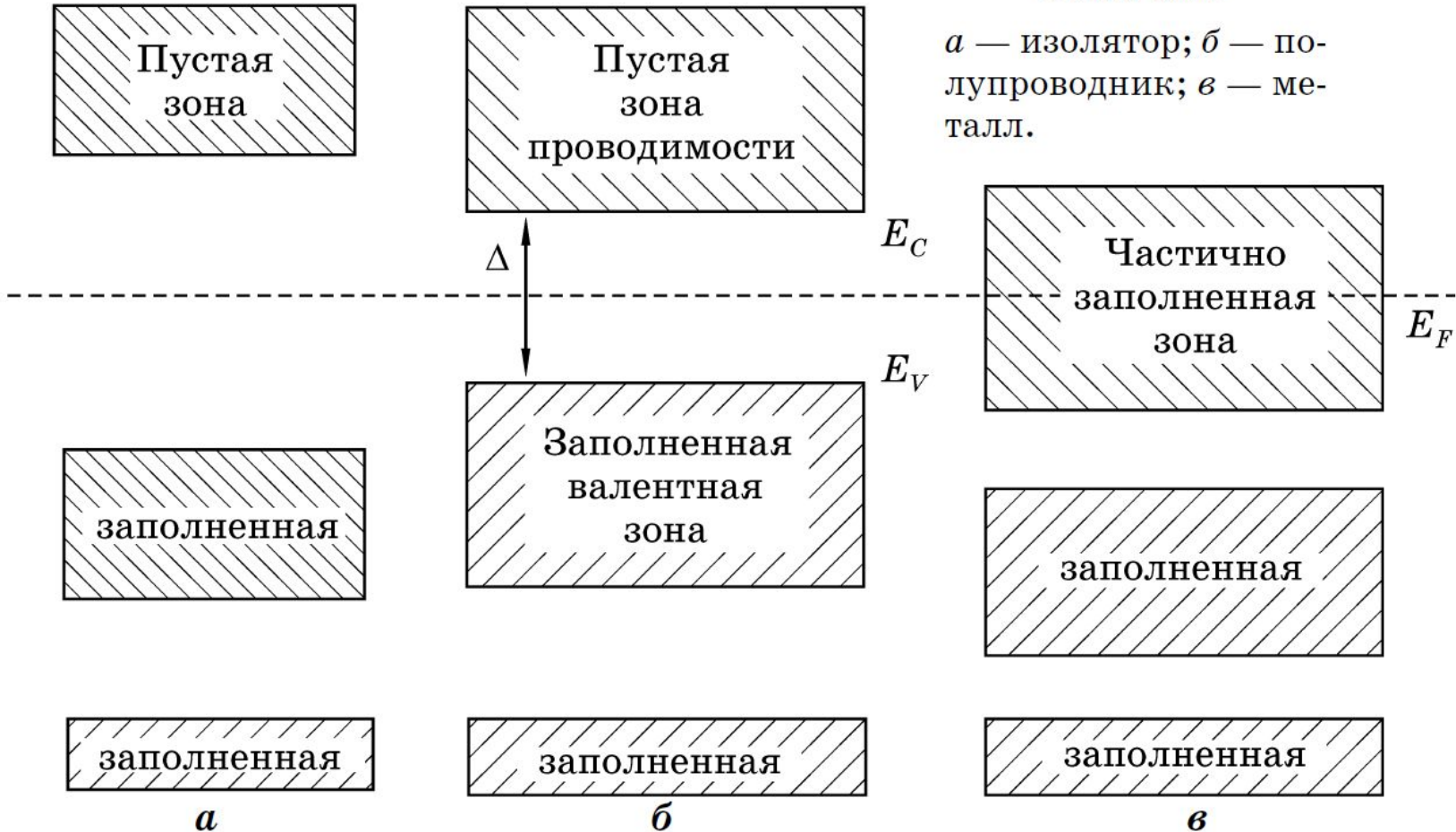


Расширение энергетических уровней при сближении атомов натрия
 d — межатомное расстояние в кристалле натрия.

1. Классификация твердых тел по типу энергетического спектра

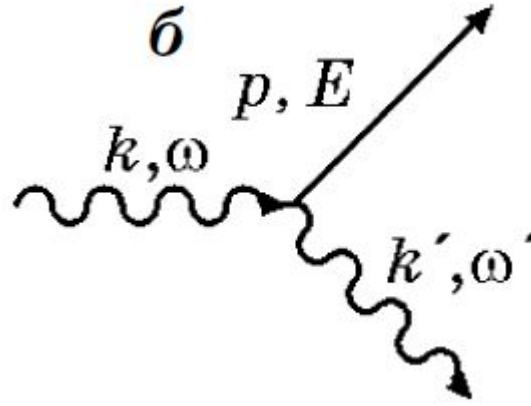
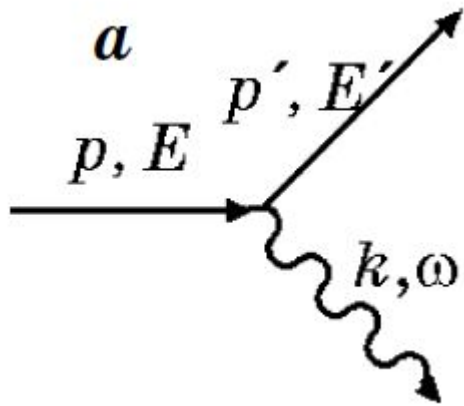
Схема энергетических зон:

a — изолятор; *б* — полупроводник; *в* — металл.



$$\exp\left(-\frac{\Delta}{KT}\right)$$

2. Электропроводность кристаллов



*Схемы рассеяния
электронов на
фононах*

$$a = \frac{F}{m^*} = \frac{eE}{m^*} \quad F = eE \quad v_{cp} = \frac{eE\tau}{m^*} \quad (3)$$

$$\mu = \frac{e\tau}{m^*} \quad (4) \quad \sigma = \frac{j}{E} = \frac{nev_{cp}}{E}$$

$$\sigma = \frac{nev_{cp}}{E} = \frac{e^2}{m^*} n\tau = en\mu \quad (5)$$

2. Электропроводность кристаллов

$$\tau = \frac{\lambda}{v_F} \quad (6)$$

$$\lambda \sim T^{-1} \quad (7)$$

$$\mu \sim \tau \sim \frac{1}{T} \quad (8)$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{en\mu}$$

$$\mu \sim v_F^3 = \text{const} \quad (9)$$

3. Теплоемкость электронного газа

$$\frac{4\pi p_F^2 dp_F}{\left(\frac{4}{3}\right)\pi p_F^3} \approx 3 \frac{dp_F}{p_F} \quad (10)$$

$$E = \frac{p^2}{2m}, \quad dE_F \approx 2kT$$

$$\frac{dp_F}{p_F} = \frac{1}{2} \frac{dE_F}{E_F} \approx \frac{kT}{E_F} \quad (11)$$

$$\frac{4\pi p_F^2 dp_F}{\left(\frac{4}{3}\right)\pi p_F^3} \approx \frac{3kT}{E_F}$$

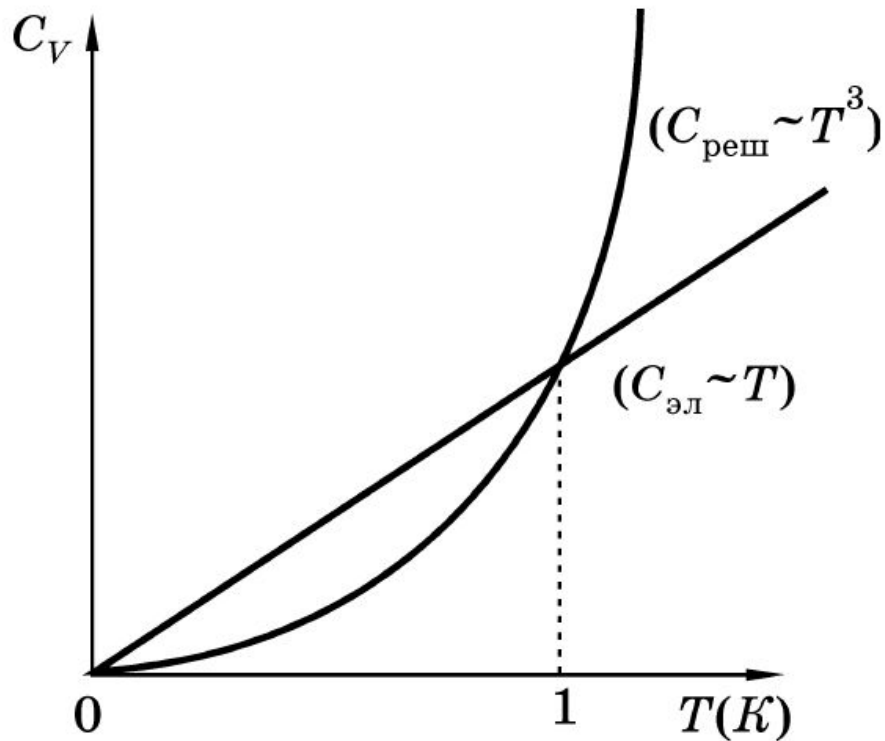
$$T = 300 \text{ К} \quad \text{менее } 1\%$$

$$C_{\text{э}} \approx \frac{3}{2} kn \frac{3kT}{E_F} \quad n = N_A$$

$$C_{\text{э, моль}} = \frac{9}{2} k \frac{RT}{E_F}$$

$$C_{\text{э, моль}} = \frac{\pi^2}{2} k \frac{RT}{E_F} \quad (12)$$

3. Теплоемкость электронного газа



$$C_V = \gamma T + AT^3 \quad (13)$$

$$\gamma = \frac{\pi^2}{3} k^2 D(E_F)$$

$$\frac{C_V}{T} = \gamma + AT^2 \quad (14)$$

$T = 0$ К дает значения γ

Зависимость теплоемкости от температуры