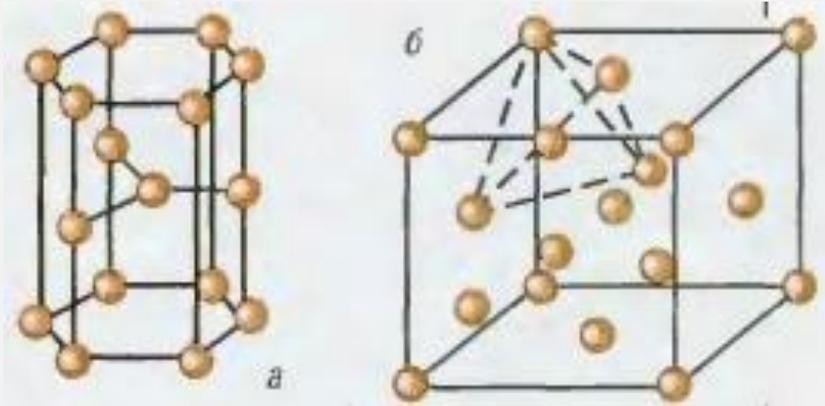
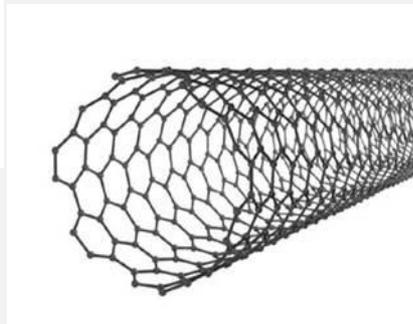
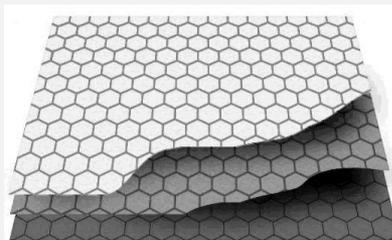
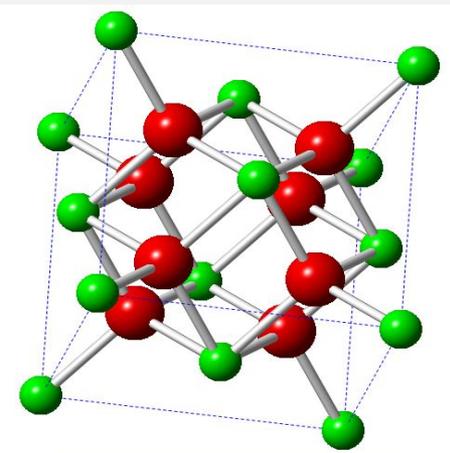


ФИЗИКА ТВЁРДОГО ТЕЛА

Кристаллические и аморфные твёрдые тела



Свойства твёрдых тел в первую очередь определяются периодическим расположением атомов, т. е. кристаллической решеткой. **Кристаллическая решетка** — это регулярное расположение в пространстве атомов, определяющее специфику состояния вещества, называемого твёрдым телом. Истинным критерием кристаллической структуры служит, однако, не геометрическая форма большого образца, а периодичность расположения составляющих его атомов на микроскопическом уровне.



Число атомов в элементарной ячейке составляет от одного (химический элемент) до 10^2 (химическое соединение) и 10^6 (белки, вирусы). Периоды кристаллических решеток меняются в пределах от нескольких ангстрем до 10^2 — 10^3 Å. ($1 \text{ Å} = 10^{-10}$ м.)

Механические свойства твердых тел

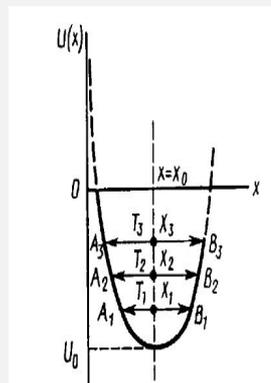
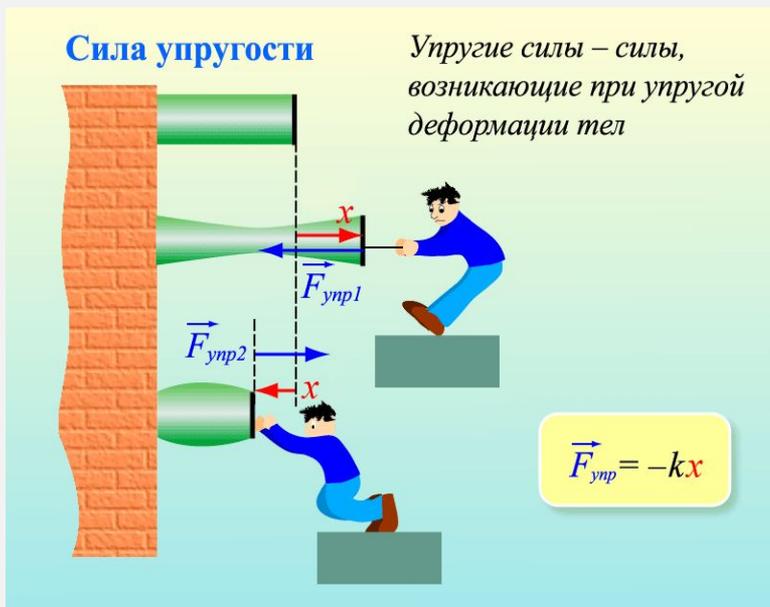


Рис. 6.14. Зависимость потенциальной энергии от смещения атома. Учтен только гармонический член; $T_1 < T_2 < T_3$

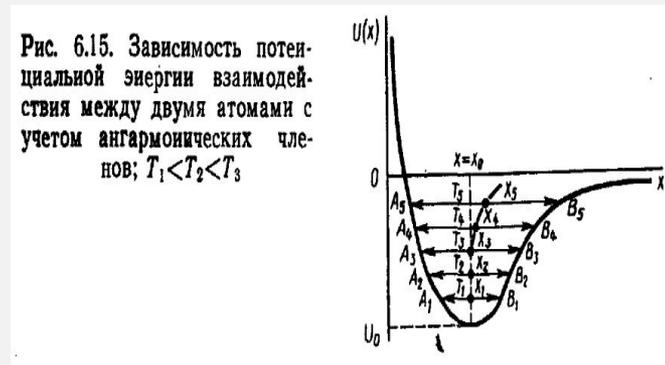
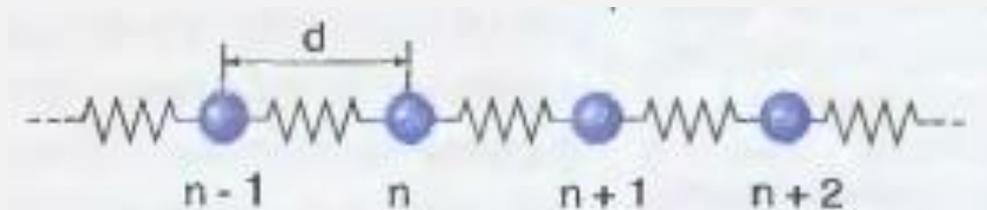


Рис. 6.15. Зависимость потенциальной энергии взаимодействия между двумя атомами с учетом ангармонических членов; $T_1 < T_2 < T_3$



Тепловые свойства твёрдых тел

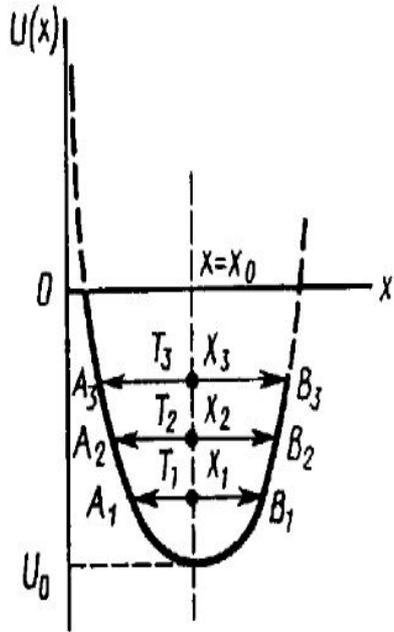
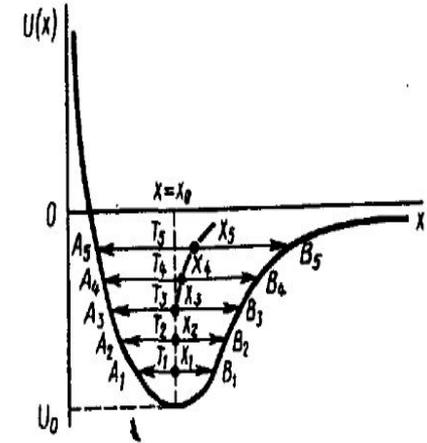


Рис. 6.14. Зависимость потенциальной энергии от смещения атома. Учтен только гармонический член; $T_1 < T_2 < T_3$

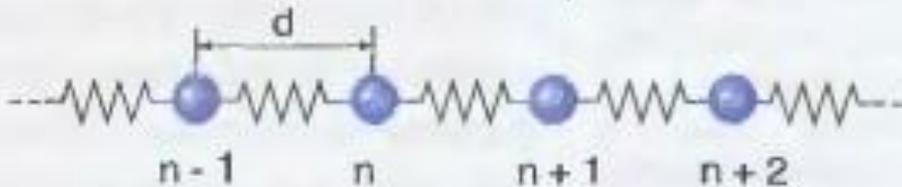
Рис. 6.15. Зависимость потенциальной энергии взаимодействия между двумя атомами с учетом ангармонических членов; $T_1 < T_2 < T_3$



$$U_x = -U_0 + \beta x^2 - gx^3 + \dots, \text{ где } \beta = \frac{1}{2} \left(\frac{d^2 U}{dx^2} \right)_{x=x_0}, g = -\frac{1}{6} \left(\frac{d^3 U}{dx^3} \right)_{x=x_0}$$

$$\langle x \rangle = \frac{3g}{4\beta^2} k_b T$$

$$\alpha = \frac{1}{x_0} \frac{d \langle x \rangle}{dT} = \frac{3k_b g}{4\beta^2 x_0}$$



Электронные свойства твёрдых тел

Электронная проводимость металлов

Средняя кинетическая энергия одноатомной молекулы идеального газа согласно молекулярно-кинетической теории:

$$m\bar{u}^2 / 2 = (3 / 2)kT,$$

откуда

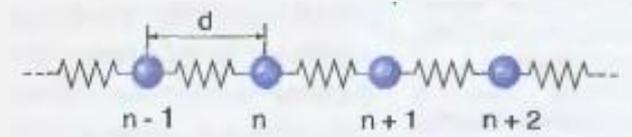
$$\bar{u} = \sqrt{(3kT / m)},$$

Для комнатной температуры (300 К) скорость хаотического движения электронов около **110** км/с.

В проводнике площадью поперечного сечения S и длиной l образовать однородное электрическое поле с напряженностью \vec{E} , то на каждый свободный электрон будет действовать сила $F = eE$, где e — заряд электрона.

Средняя длина свободного пробега электрона $\bar{\lambda}$ (расстояние, которое проходит электрон между двумя последовательными столкновениями с ионами кристаллической решетки) имеет такой же порядок, как и постоянная кристаллической решетки (приблизительно **10^{-8}** см).

Скорость хаотического движения свободных электронов в металлах во много раз больше, чем скорость их направленного движения при образовании тока, т.е. $\bar{v} \ll \bar{u}$.

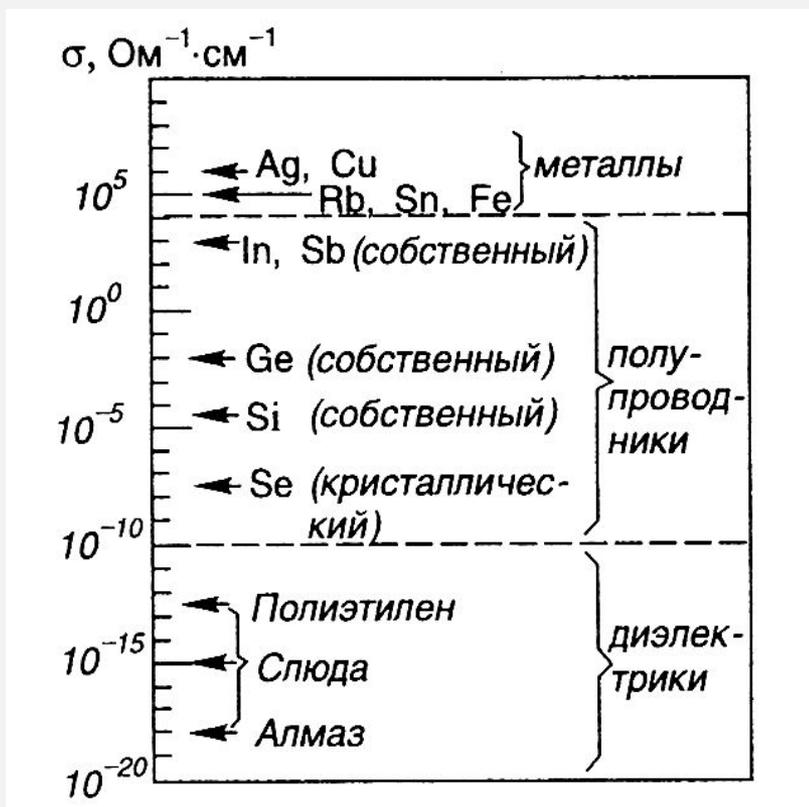


ЗОННАЯ ТЕОРИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ

Классификация твердых тел по величине электропроводности

По величине удельной электропроводности все твердые тела можно разделить на три большие группы: *металлы, диэлектрики и полупроводники.*

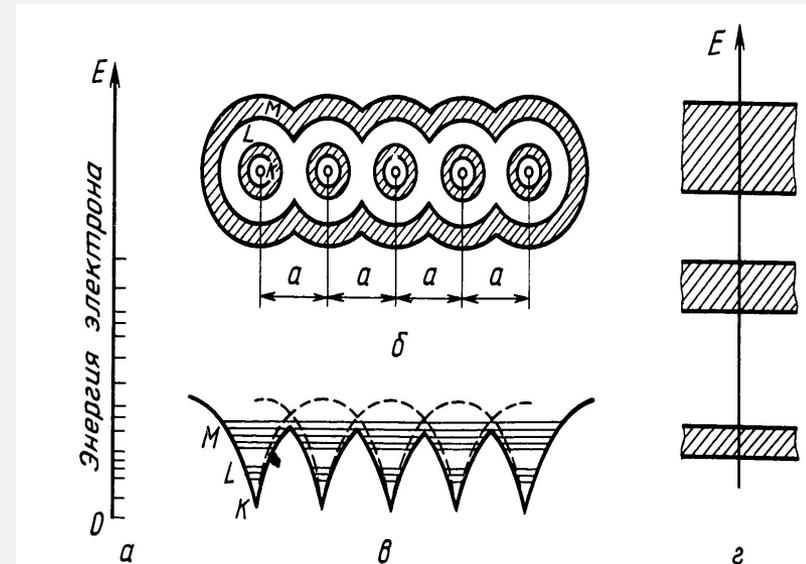
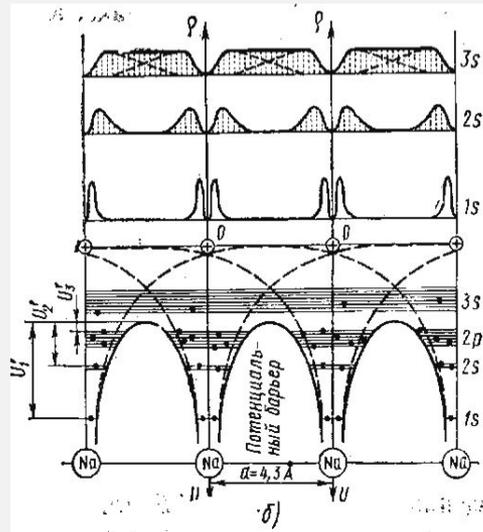
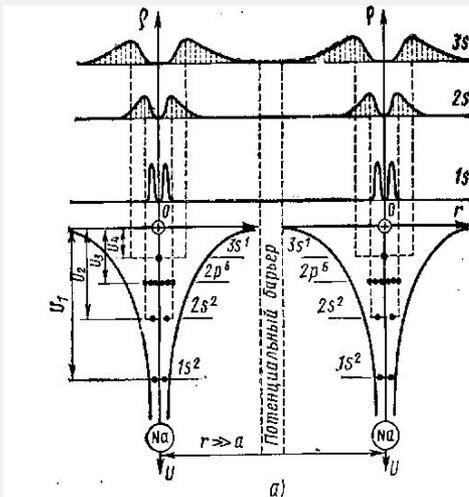


ЗОННАЯ ТЕОРИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Обобществление электронов в кристалле

В твердом теле расстояния между атомами настолько малы, что каждый из них оказывается в достаточно сильном поле соседних атомов.

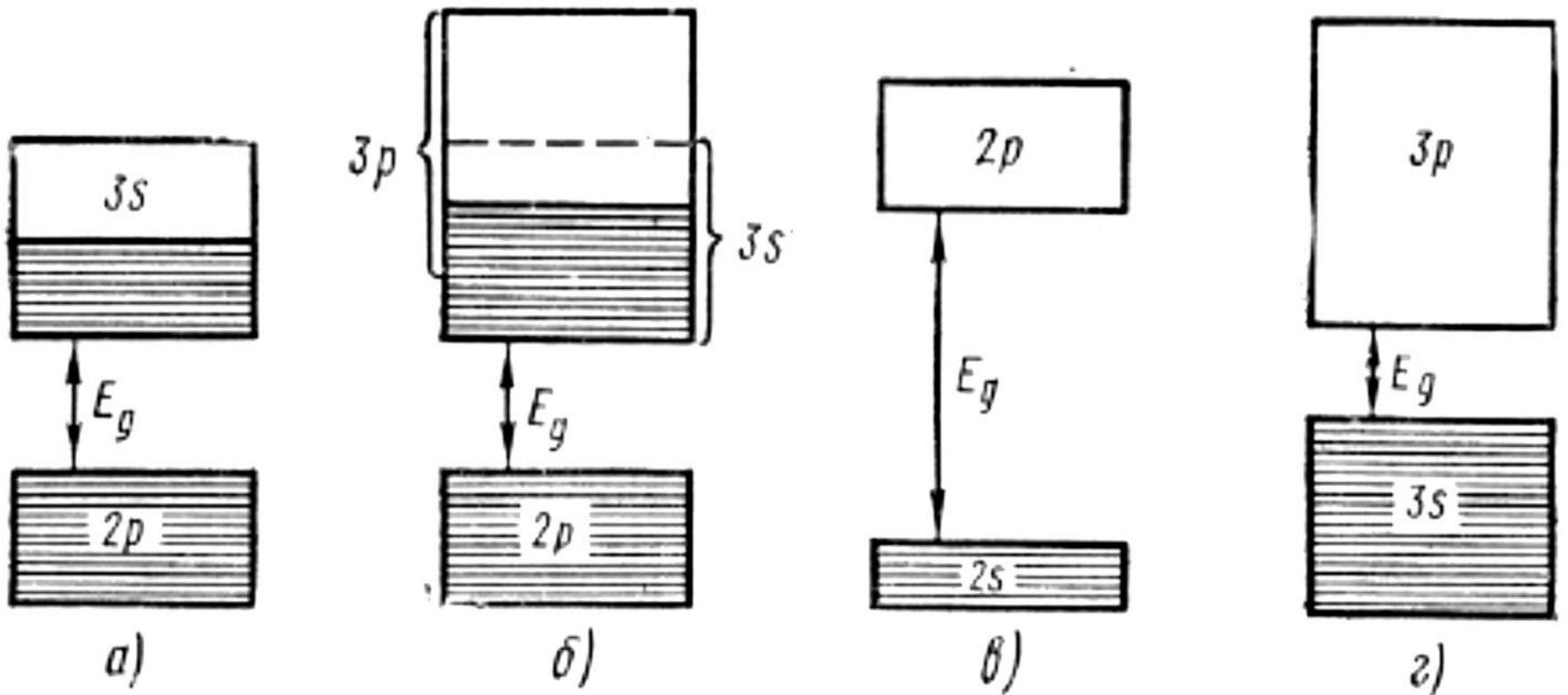
Энергетическая схема



- а – энергетические уровни в изолированном атоме
- б – атомы в одномерном кристалле
- в – внутрикристаллическое потенциальное поле
- г – расположение энергетических зон

ЗОННАЯ ТЕОРИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

заполнение зон, ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ



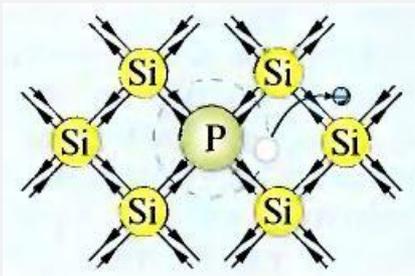
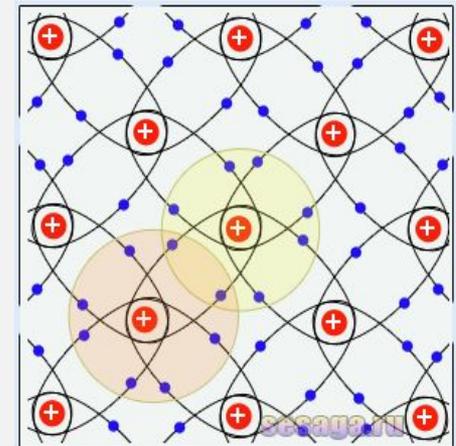
ЗОННАЯ ТЕОРИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ

Скорость этого движения электронов $v \approx 10^5$ м/сек, и потому валентный электрон находится в данном узле кристаллической решетки в течение 10-15 сек (размер атома $\sim 10^{-10}$ м).

При наличии в структуре дефектов в запрещенной зоне возникают энергетические уровни, либо занятые электронами, либо свободные.

Энергетические уровни в запрещенной зоне кристалла могут возникнуть и тогда, когда в нем имеются чужеродные атомы.



Электронная проводимость.

Электронно-дырочная проводимость.



Дырочная проводимость.