

# Общие сведения о электрорадиоматериалах

Преподаватель:

**Сафоненко Виктория  
Юрьевна**

Адрес электронной почты:

[safonenkovic18@mail.ru](mailto:safonenkovic18@mail.ru)

- **Вещество** — это вид материи, обладающей массой покоя. В технике вместо понятия «вещество» используют понятие «**материал**». Техническое значение материалов зависит от их строения. Строение материалов характеризуется их структурой.
- **Структура** — это совокупность устойчивых связей материала, обеспечивающих его целостность и сохранение основных свойств при внешних и внутренних изменениях. Особенности материалов выражаются в их свойствах.
- **Свойство** — это философская категория, которая отражает различие или общность материалов и обнаруживается при их сравнении. Связь между структурой и свойствами материалов является предметом изучения материаловедения.

- Молекулы имеют размеры порядка  $10^{-1} \dots 10^6$  нм и находятся в непрерывном движении. Энергия молекулы складывается в основном из энергий ее поступательного движения и вращения, взаимодействия электронов и ядер, колебательного движения ядер.

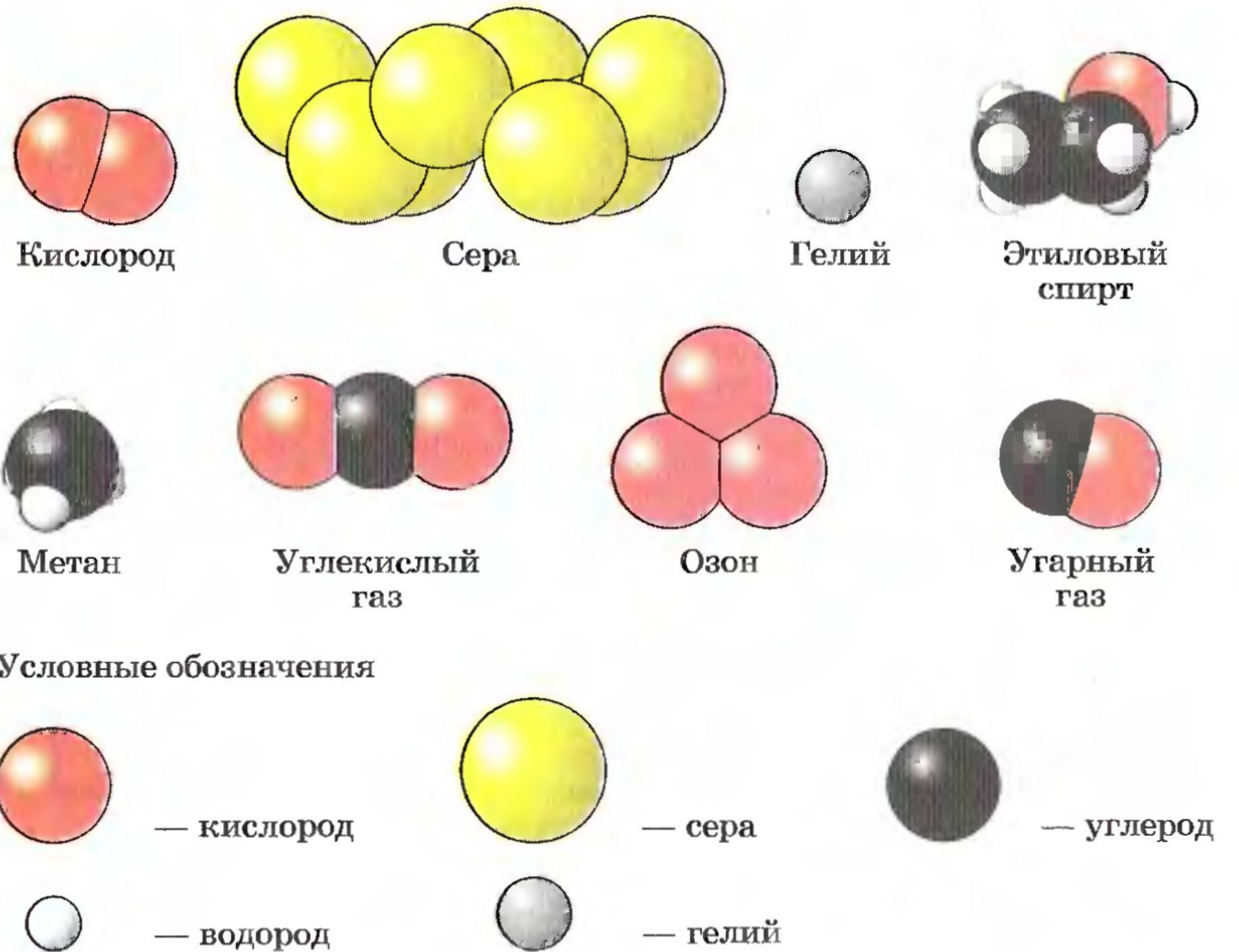
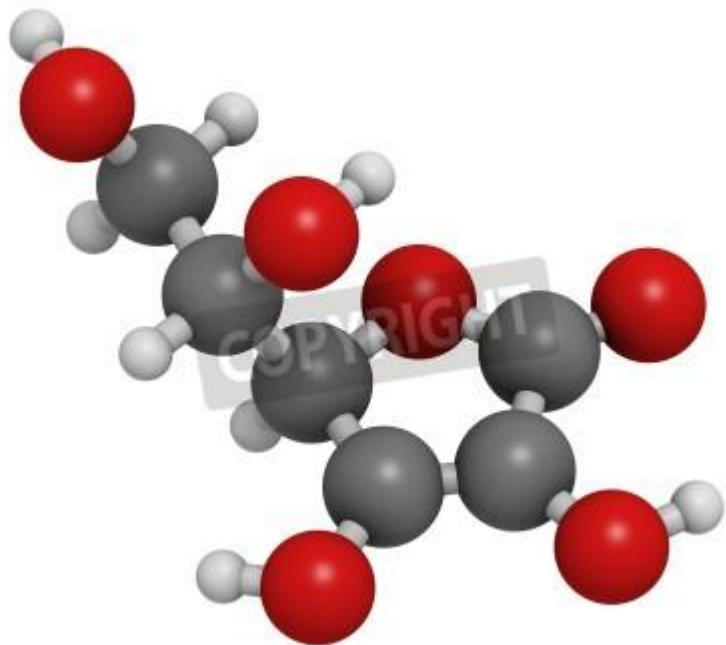
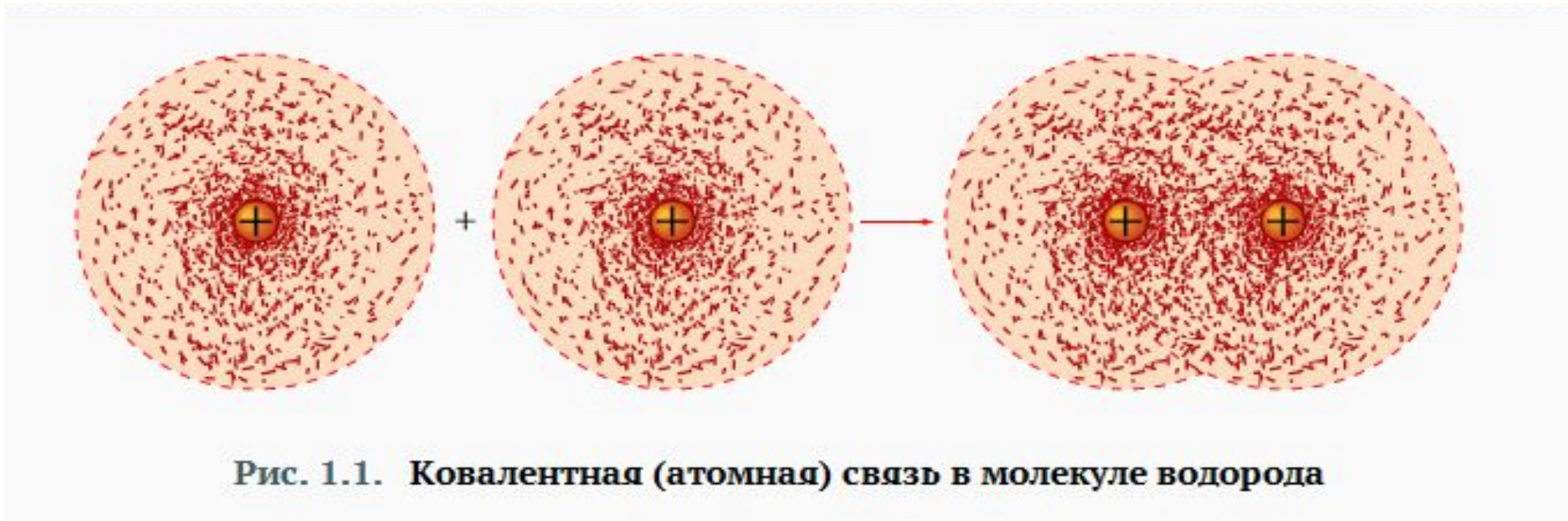


Рис. 6. Модели молекул некоторых веществ

# Химические связи

- **Ковалентные (атомные) связи** возникают между атомами за счет образования устойчивых пар валентных электронов разных атомов (рис. 1.1). Эти пары являются общими для атомов, которые входят в молекулу.



- Если двухатомная молекула состоит из атомов одного элемента, как, например, водород ( $H_2$ ), азот ( $N_2$ ), хлор ( $Cl$ ), то электронная пара в одинаковой степени принадлежит обоим атомам. В таком случае молекулу и ковалентную связь называют **неполярными**, или **нейтральными** (рис. 1.2). В неполярных молекулах центры положительных и отрицательных зарядов совпадают.

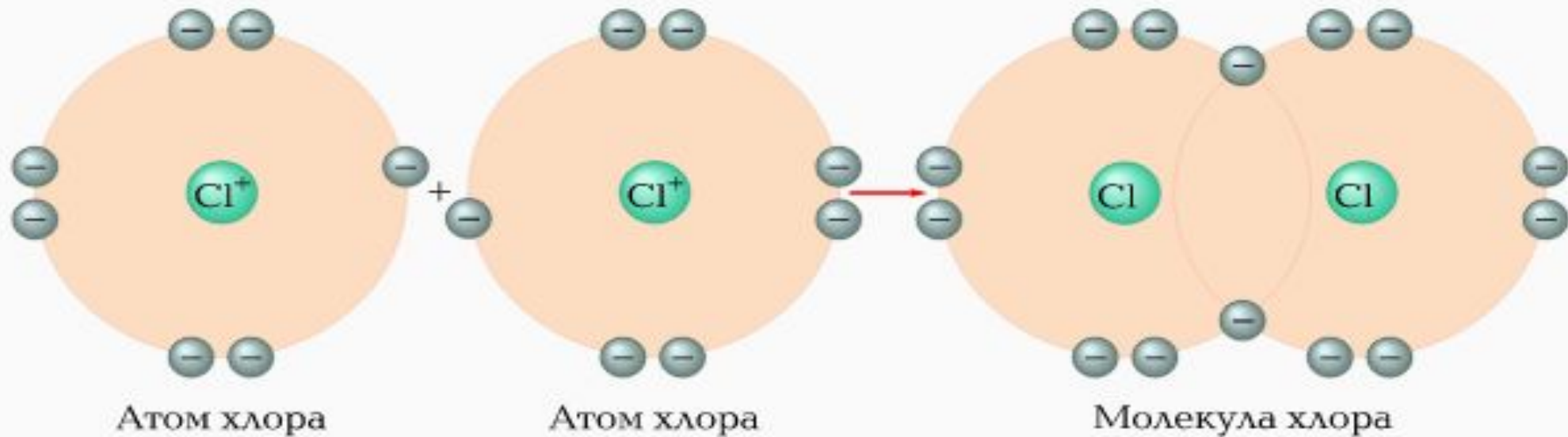


Рис. 1.2. Образование неполярной связи в молекуле хлора

- Если двухатомная молекула состоит из атомов различных элементов, то электронная пара может быть смещена к одному из атомов. В этом случае ковалентную связь называют **полярной**, а молекулы с полярной связью, у которых центры положительных зарядов не совпадают, — **полярными**, или **дипольными** (рис. 1.3)

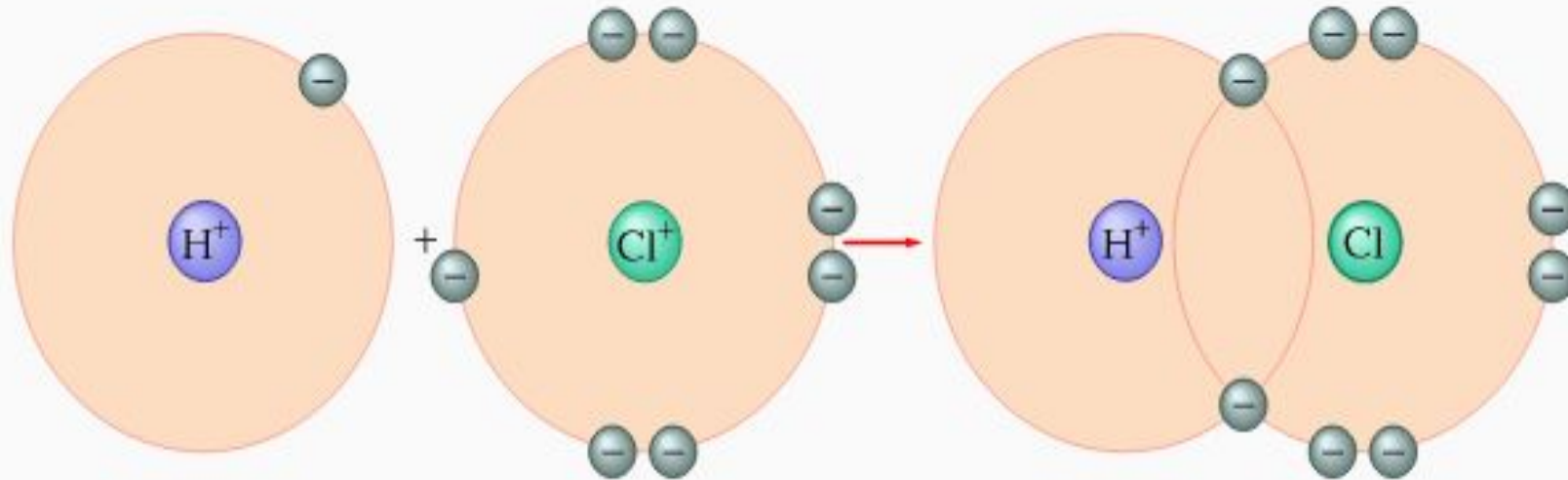


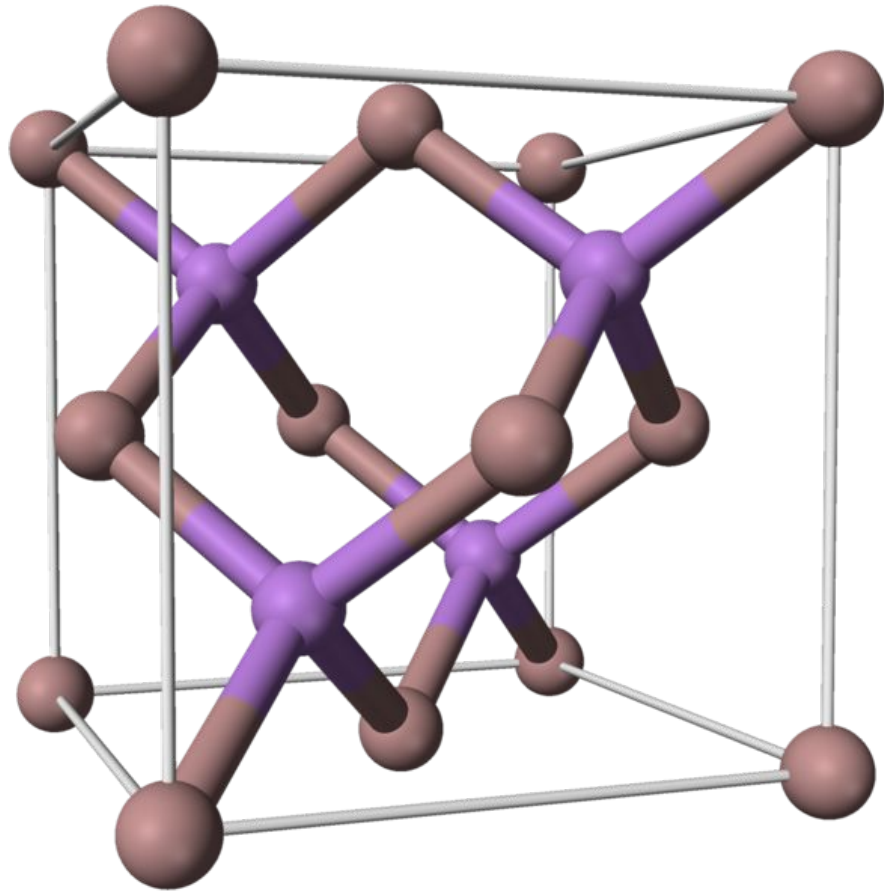
Рис. 1.3. Образование полярной связи в молекуле хлорида водорода

- Дипольная молекула характеризуется электрическим дипольным моментом  $\mu$ , Кл · м:

$$\mu = gl,$$

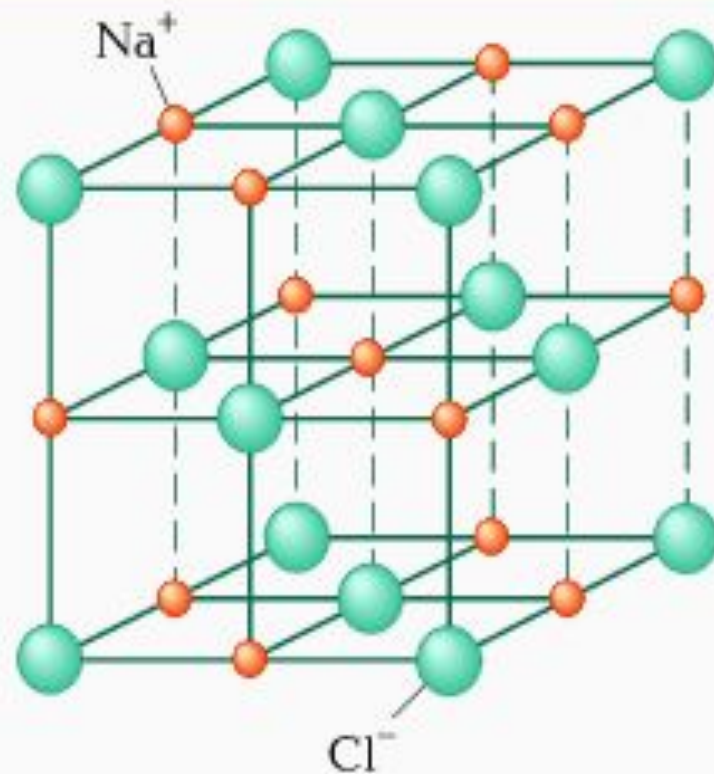
- где  $g$  — абсолютное значение заряда, Кл;  $l$  — расстояние между центрами положительного и отрицательного зарядов, м.

- Разновидностью ковалентной связи является **донорно-акцепторная связь**, которая возникает между атомом, способным отдать электрон (донор), и атомом, способным принять этот электрон (акцептор). Примером таких материалов являются соединения мышьяка — арсениды галлия ( $\text{GaAs}$ ) и индия ( $\text{InAs}$ ).



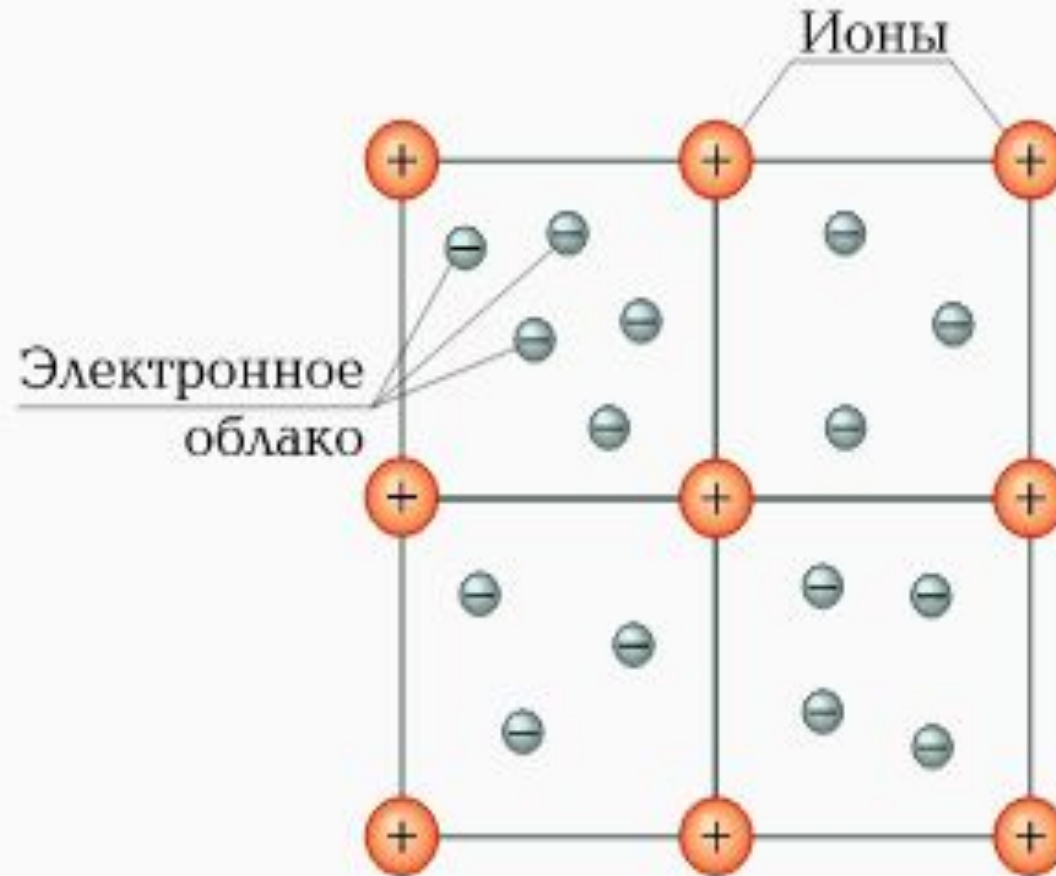


- **Ионные связи** обусловлены силами электростатического притяжения между положительными и отрицательными ионами.



**Рис. 1.4. Ионная связь в молекуле поваренной соли (NaCl)**

- **Металлические связи** образуются в металлах и обусловлены особенностями поведения внешних (валентных) электронов (рис. 1.5)



**Рис. 1.5. Металлическая связь в молекуле металла**

- **Молекулярные связи** образуются между отдельными молекулами в результате электростатического притяжения между зарядами противоположных знаков, которые имеются в молекулах.
- Такое электростатическое притяжение называют **силами Ван-дер-Ваальса**. С помощью таких сил образуются молекулы в твердом водороде ( $H_2$ ), азоте ( $N_2$ ), углекислом газе ( $CO_2$ ) и таких органических соединениях, как полиэтилен, фторопласт, нафталин (рис. 1.6) и др.

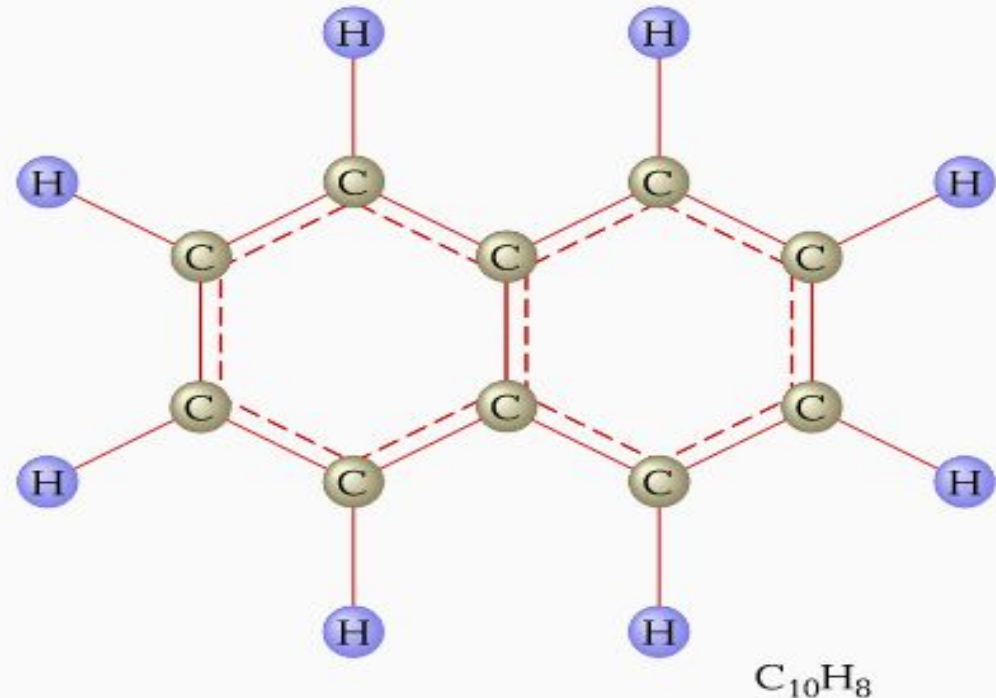


Рис. 1.6. Молекулярная связь в молекулах нафталина ( $C_{10}H_8$ )

- Особым видом молекулярной связи является **водородная связь**, которая образуется через ион водорода (протон), расположенный между двумя ионами соседних молекул (рис. 1.7). Водородной связью соединяются молекулы воды и некоторых органических соединений

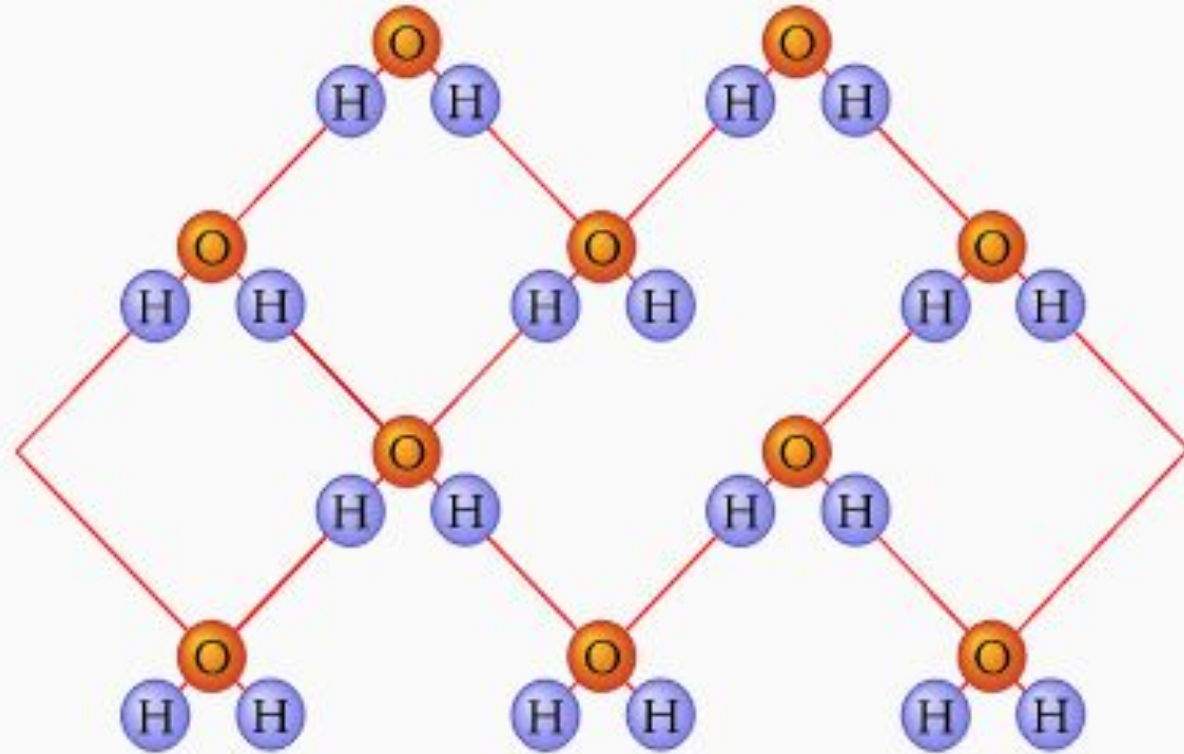


Рис. 1.7. Водородная связь в молекуле воды ( $H_2O$ )

# Кристаллические материалы

- Кристалл состоит из множества сопряженных друг с другом элементарных кристаллических ячеек. В элементарной кристаллической ячейке содержится наименьшее число атом

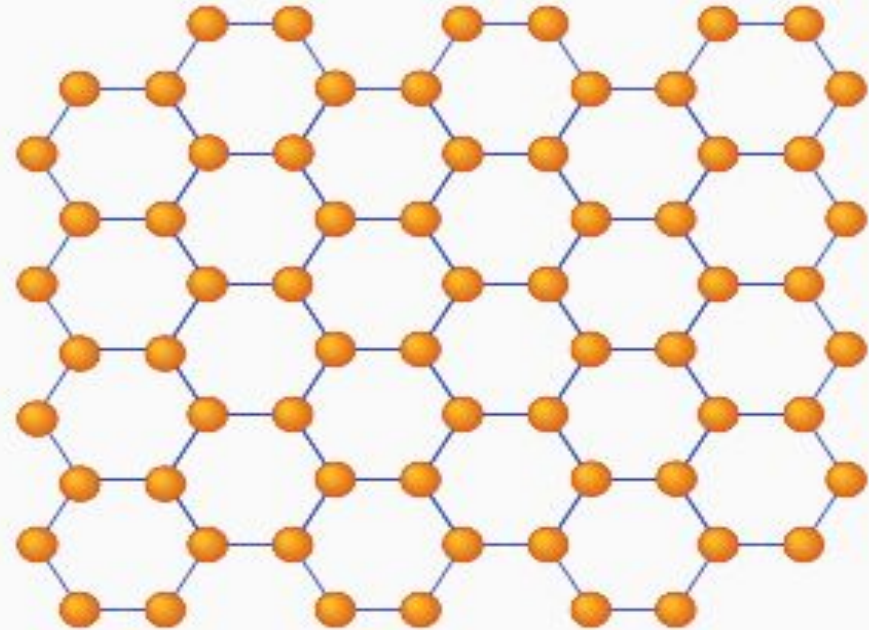
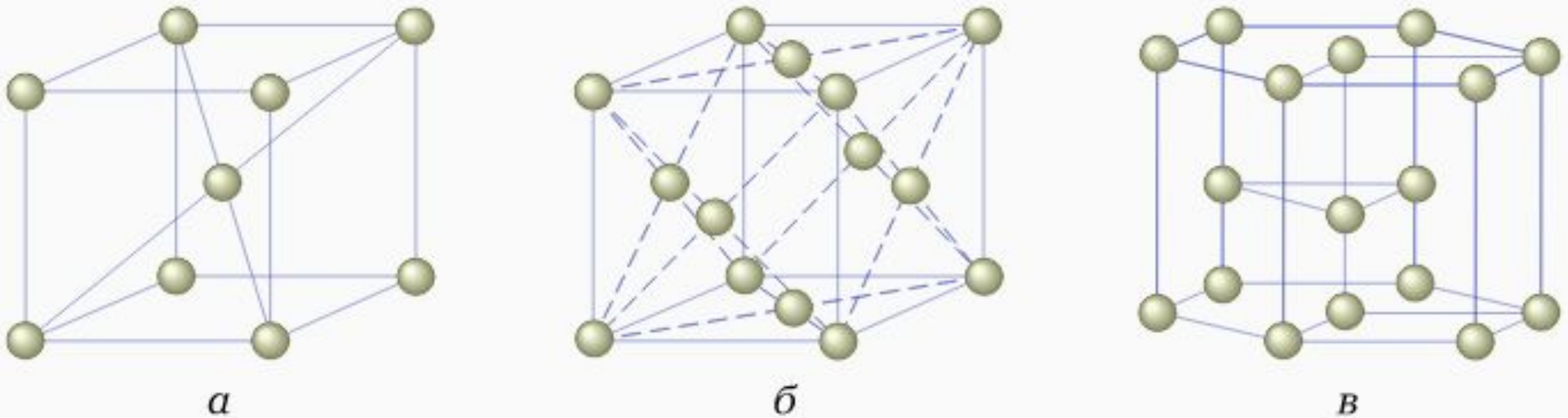


Рис. 1.8. Структура кристаллических веществ

- Для описания структуры кристаллических тел пользуются понятием **пространственной кристаллической решетки**, представляющей собой пространственную сетку, в узлах которой расположены частицы, образующие твердое тело (рис. 1.9).

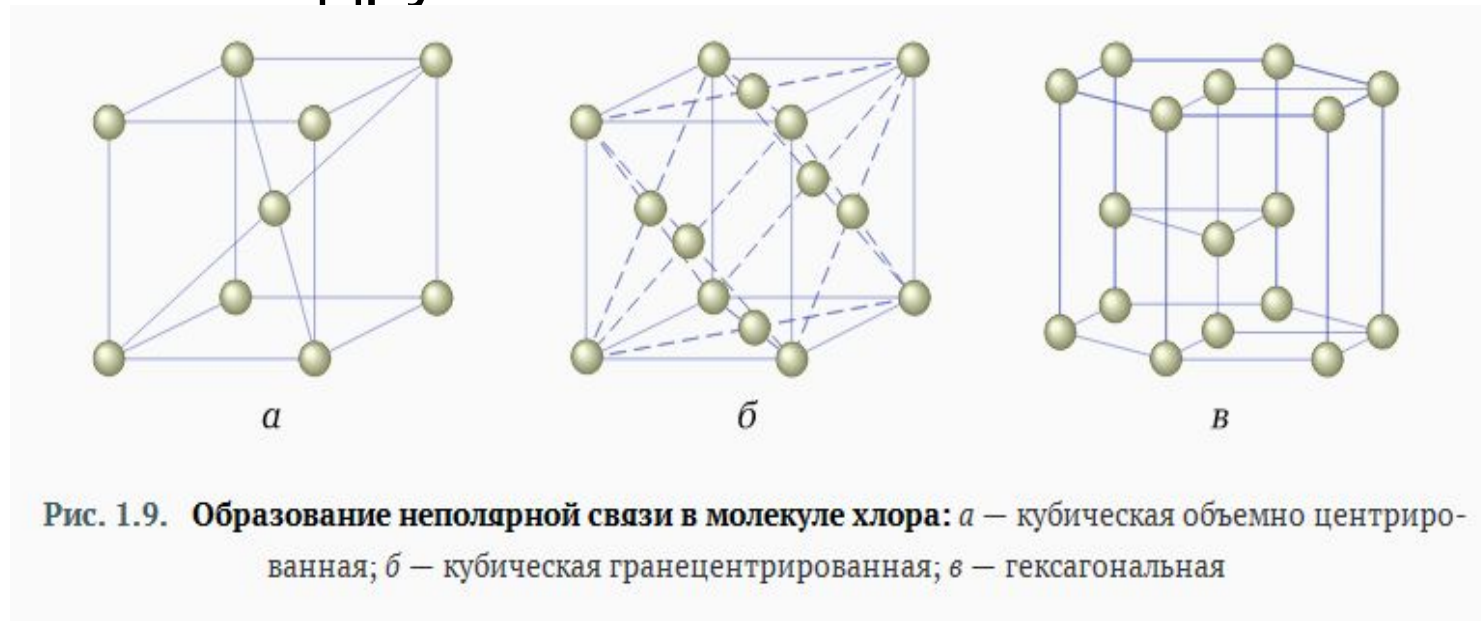


**Рис. 1.9. Образование неполярной связи в молекуле хлора:** *a* — кубическая объемно центрированная; *б* — кубическая гранецентрированная; *в* — гексагональная

- В узлах **ковалентных (атомных) решеток** находятся нейтральные атомы, которые связаны друг с другом ковалентной связью.
- В узлах **ионных решеток** поочередно расположены положительные и отрицательные ионы, которые связаны друг с другом ионной связью.
- В узлах **металлических решеток** расположены положительные ионы, в промежутках между которыми находятся свободные электроны. Они образуют решетку с помощью металлических связей.
- В узлах **молекулярных решеток** находятся молекулы. Такие решетки образуются за счет ковалентной и ионной связей.

Наиболее распространенными типами кристаллических решеток являются:

- **кубическая объемноцентрированная** (рис. 1.9, а), ее имеют  $\alpha$ -железо, хром, вольфрам, ванадий;
- **кубическая гранецентрированная** (рис. 1.9, б), ее имеют  $\gamma$ -железо, медь, алюминий;
- **гексагональная** (рис. 1.9, в), ее имеют бериллий, кадмий, магний и другие металлы.

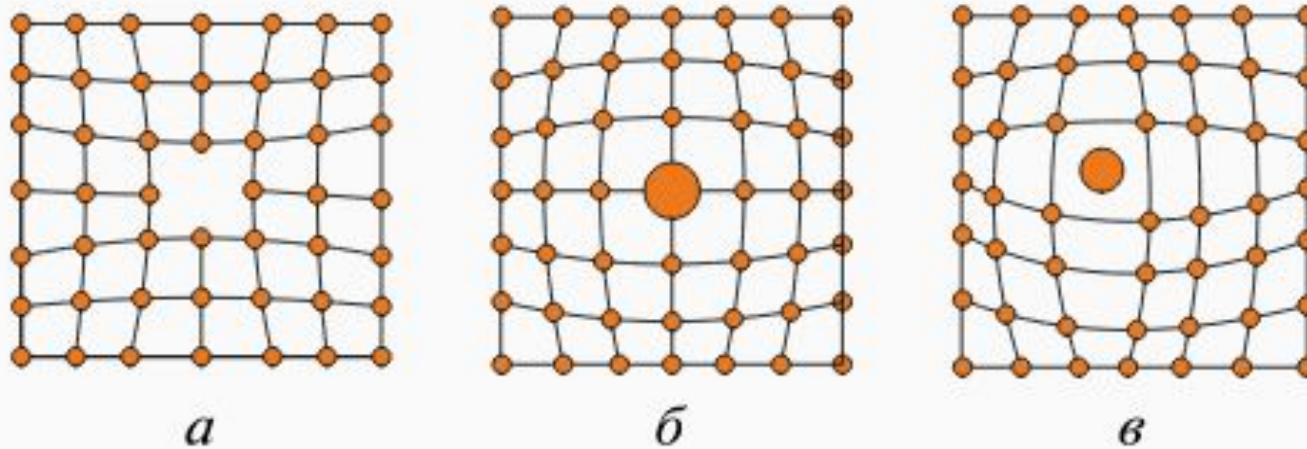




- Изменение свойств кристаллов (металлов) в зависимости от направления называют **анизотропией**.
- Степень анизотропности свойств металлов может быть значительной. Например, предел прочности на растяжение у меди изменяется от 120 до 360 МПа, а относительное удлинение при растяжении ( $\Delta/l = 10$ ) — до 55 %.

- Температура, при которой происходит фазовое превращение твердого вещества в жидкое, называется **температурой плавления**  $T_{\text{пл}}$ .
- Обратный переход кристаллических материалов из жидкого состояния в твердое называется **кристаллизацией**.
- Температура, при которой происходит фазовое превращение жидких материалов в кристаллические, называется **температурой кристаллизации**  $T_{\text{кр}}$ .

- **Основными дефектами** кристаллических решеток являются точечные, линейные, поверхностные и объемные (трехмерные) несовершенства.
- **Точечные несовершенства** появляются в результате образования вакансий (атомных дырок) или внедрения атомов в междоузлие (рис. 1.12).



**Рис. 1.12. Условное изображение точечных несовершенств:** *а* — вакансия; *б* — замещенный атом; *в* — внедренный атом

Атомы, вышедшие из узла решетки, называются **дислокациями**, а места, где находились атомы, остаются в решетке незаполненными и называются **вакансиями**.

- **Линейные несовершенства** представляют собой изменения структуры, протяженность которых в одном измерении гораздо больше, чем в двух других. Такие несовершенства называются **дислокациями**.
- Граница между сдвинутыми участками и сохранившейся без изменения областью является дислокацией (рис. 1.13).

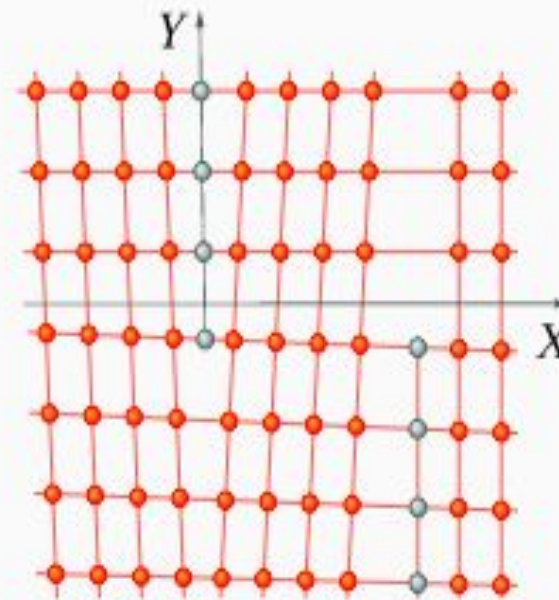


Рис. 1.13. Линейные дислокации

- **Поверхностные несовершенства** характеризуются значительными изменениями структуры в двух измерениях. Примером поверхностного несовершенства является граница между кристаллами в реальных сплавах.
- Кристалл состоит из блоков, которые по-разному ориентируются в пределах этого кристалла, образуя мозаичную структуру. На границах повернутых друг относительно друга блоков возникают напряжения, приводящие к искажению кристаллической решетки (рис. 1.14).

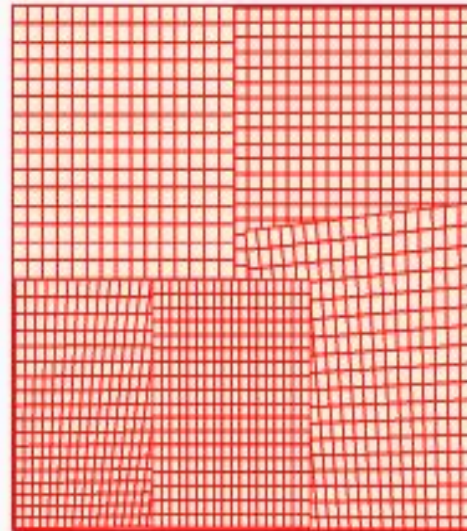


Рис. 1.14. Поверхностные несовершенства (мозаичная структура кристалла)

- **Объемные (трехмерные) несовершенства** кристалла имеют существенные размеры во всех трех измерениях.
- К объемным дефектам относятся пустоты, включения отдельных кристаллических зерен или кристаллической модификации.

По **структуре** кристаллические материалы бывают монокристаллическими и поликристаллическими.

- **Монокристаллические материалы** представляют собой однородные анизотропные вещества, у которых атомы расположены по всему объему в правильном порядке.
- При этом сами атомы состоят из периодически повторяющихся одинаковых кристаллических ячеек.

- **Поликристаллические материалы** состоят из большого числа сросшихся между собой мелких кристаллических зерен (кристаллитов), которые хаотически ориентированы в разных направлениях.



плавка стали



самородок меди

# Аморфные и аморфно-кристаллические материалы

- В аморфных материалах атомы и молекулы расположены беспорядочно (рис. 1.15). В отличие от кристаллических аморфные материалы не имеют строго определенной температуры перехода из твердого состояния в жидкое. Этот переход осуществляется в некотором диапазоне температур.

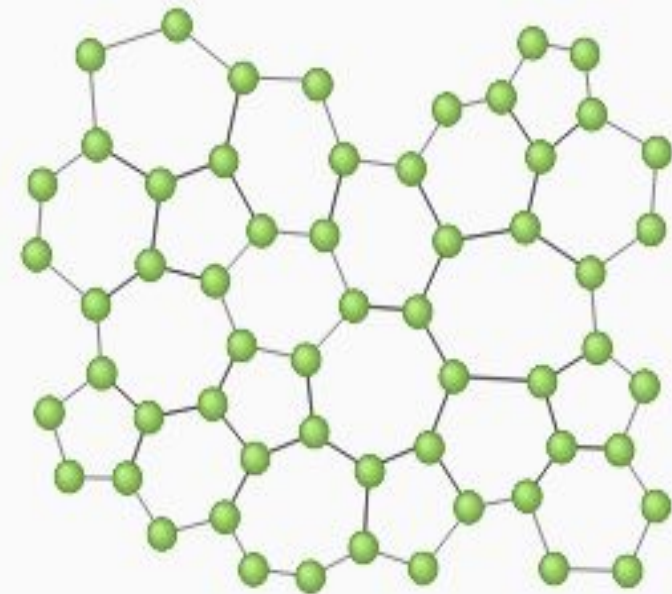
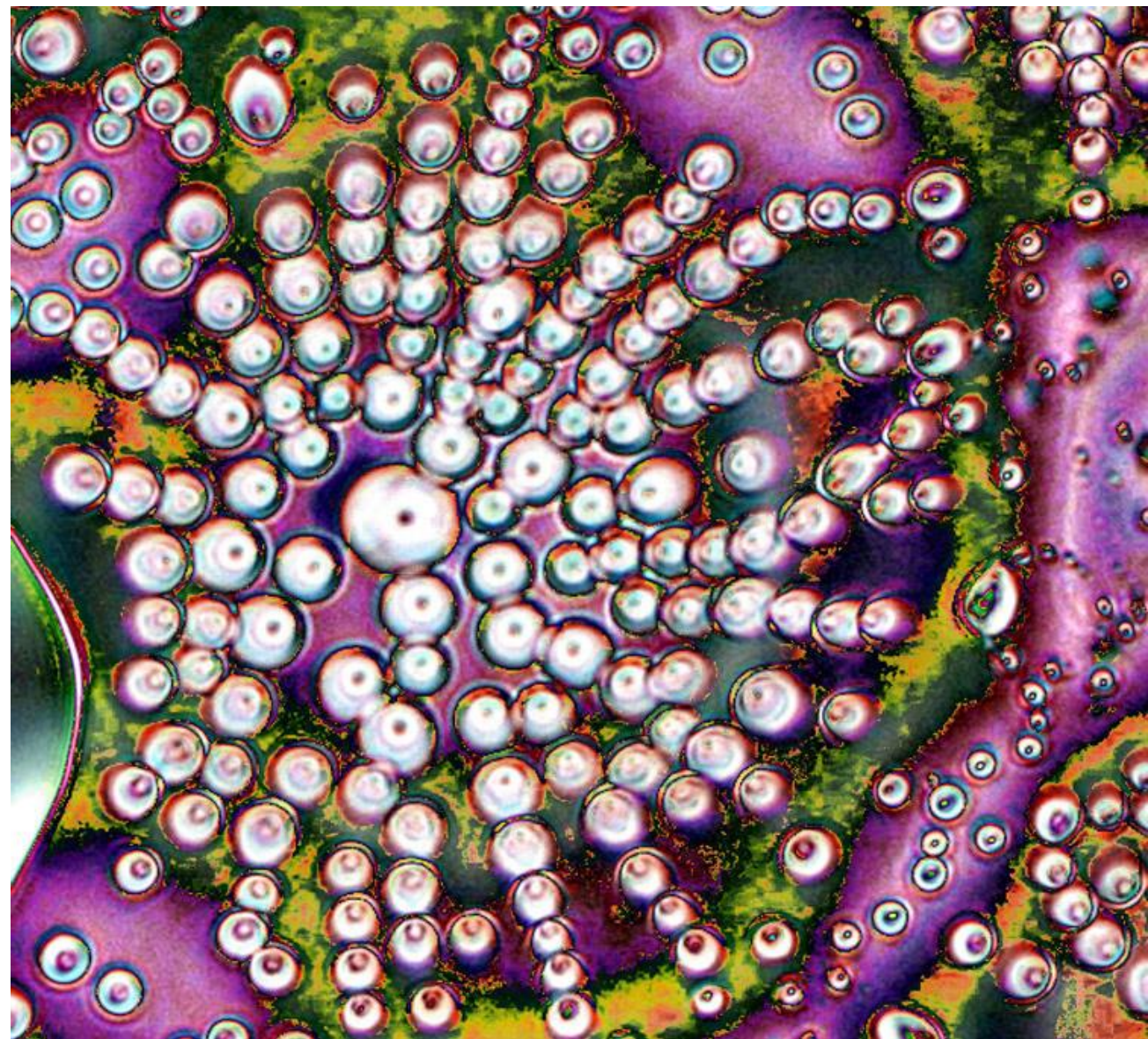


Рис. 1.15. Металлическая связь в металлах



- Аморфные материалы, в свою очередь, подразделяются на две группы:
- 1) **простые аморфные материалы**, к которым относятся низкомолекулярные жидкости, неорганические стекла, плавленый кварц и др.;
- 2) **высокополимерные соединения**, к которым относятся каучуки, резины, органические стекла, смолы.

- **Жидкие кристаллы** — это жидкости с упорядоченной молекулярной структурой. Они не являются кристаллами, но обладают некоторыми свойствами кристаллов. Благодаря упорядочению молекул они занимают промежуточное положение между кристаллами и обычными жидкостями с беспорядочным расположением молекул.



# Нанокристаллические материалы

- **Нанокристаллическими** называются материалы с размерами кристаллов (зерен и частиц) менее 100 нм. По свойствам они существенно отличаются от обычных материалов с мелкозернистой структурой (размер зерен — не более 5 ... 10 мкм) такого же химического состава.

- Молекулы **фуллеренов** содержат 60, 70 и 82 атома углерода, которые обозначают, соответственно,  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{82}$ . Молекулы фуллеренов представляют собой углеродную оболочку диаметром примерно 1 нм со сравнительно большой внутренней полостью (примерно 0,7 нм). Атомы углерода упорядоченно размещаются на сферической поверхности (рис. 1.16).

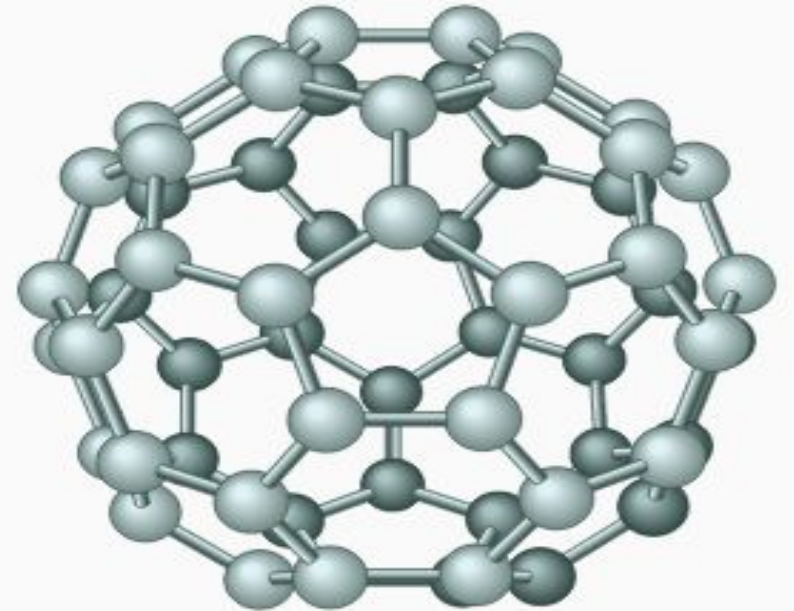
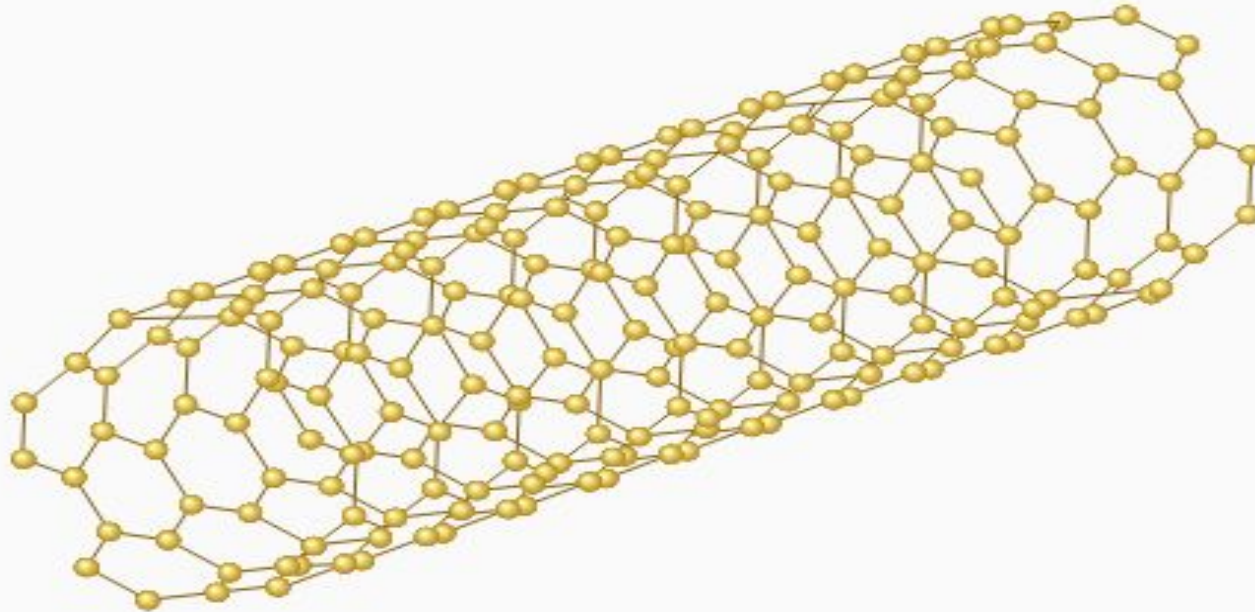


Рис. 1.16. Фуллерен

- **Нанотрубки** представляют собой протяженные цилиндрические структуры, состоящие из одной или нескольких свернутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (рис. 1.17).



**Рис. 1.17. Схематичное изображение углеродной нанотрубки**

# Фазовый состав материалов

- **Жидкий раствор** представляет собой однородную массу двух или более компонентов, которые равномерно распределены в виде отдельных атомов, молекул или ионов.
- **Твердым раствором** называют фазу, состоящую из двух или более компонентов, один из которых, сохраняя кристаллическую решетку, является растворителем, а другой (другие) распределяется в решетке растворителя, не изменяя его типа.
- **Химическими соединениями** называют сплавы, образующие фазы постоянного состава, соотношение компонентов в которых подчиняется правилу валентности. Кристаллическая решетка химических соединений отличается от кристаллических решеток образующих его компонентов; соотношение компонентов в них кратно целым числам; их свойства отличаются от свойств образующих компонентов.

- Твердые растворы бывают **полностью упорядоченными**, **неупорядоченными** и **частично упорядоченными** (промежуточные фазы).
- Твердые растворы, устойчивые при сравнительно низких температурах, являются полностью **упорядоченными** (рис. 1.18, а). При нагреве твердого раствора, выше температуры, которая называется точкой Курнакова, происходит переход упорядоченного твердого раствора в **неупорядоченный** твердый раствор. **Частично упорядоченные** (промежуточные фазы) образуются при наличии «лишних» атомов (или ионов) в кристаллической решетке либо недостатке атомов в узлах кристаллической решетки. Промежуточные фазы являются, как и твердые растворы, кристаллами, которые существуют в некотором интервале концентраций.

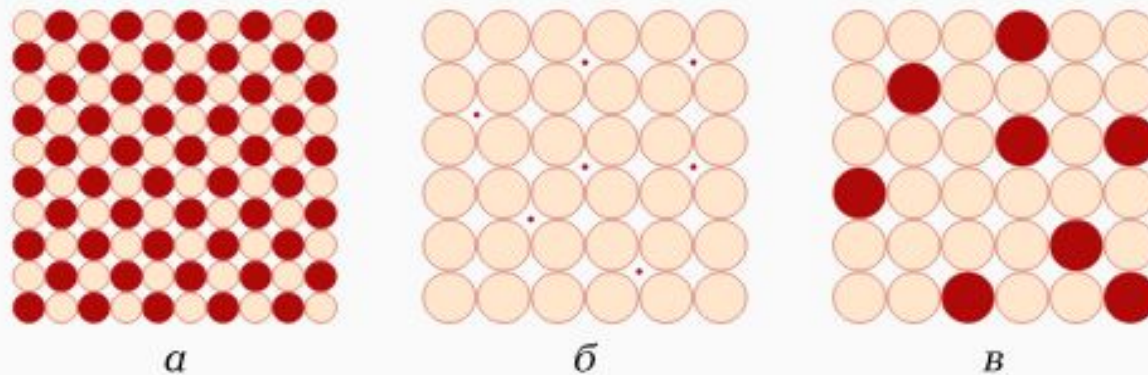
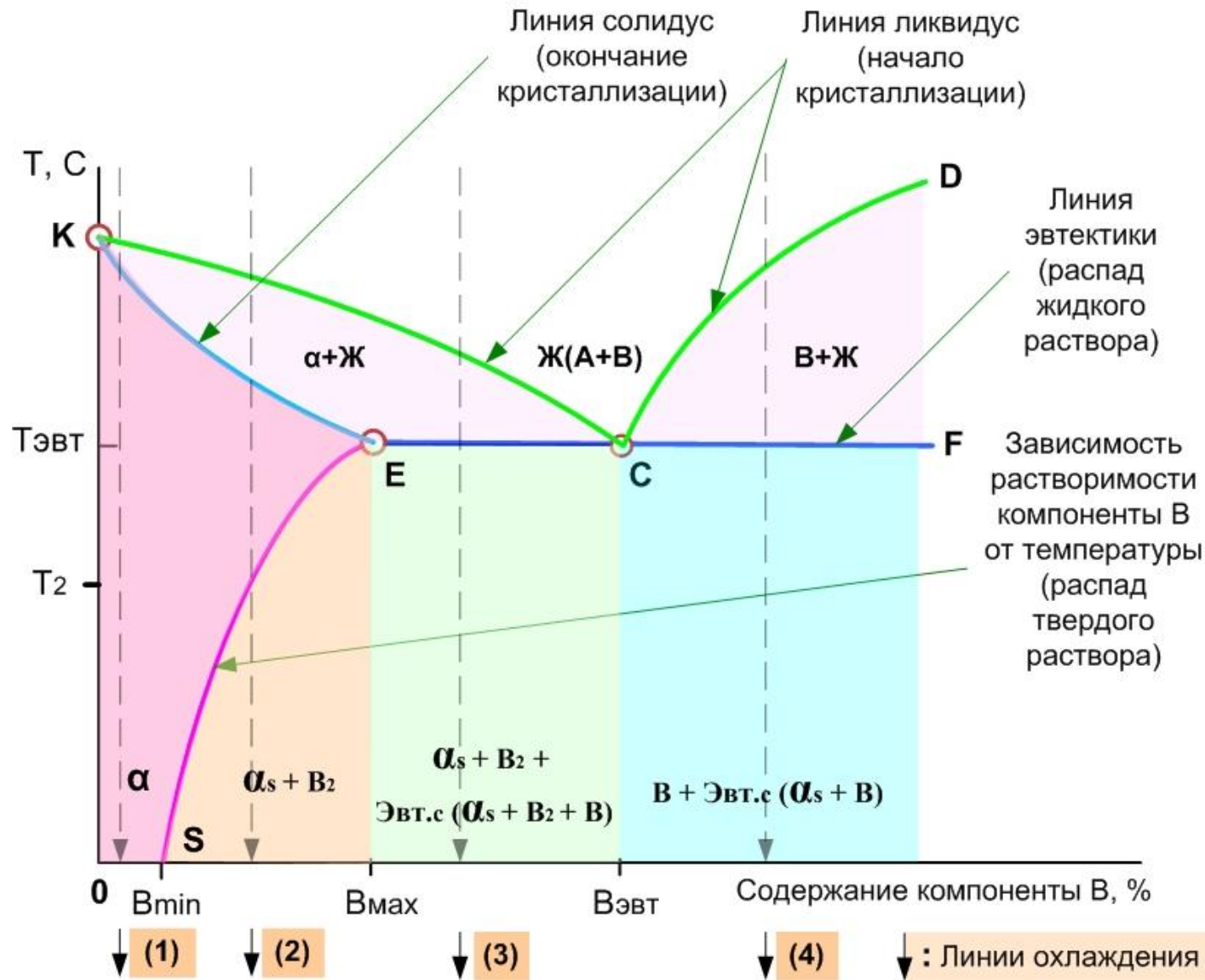


Рис. 1.18. Типы твердых растворов: а — упорядоченный твердый раствор; б — твердый раствор внедрения; в — твердый раствор замещения

- **Диаграмма состояния** — это графическое изображение фазового состава сплава в состоянии равновесия или близком к нему, в зависимости от содержания в нем компонентов и температуры



**ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ**  
двухкомпонентного сплава

**Фазы и структурные составляющие после полного охлаждения:**

- α – твердый раствор А(В)
- В<sub>2</sub> – вторичные кристаллы компоненты В
- В – первичные кристаллы компоненты В
- Эвт.с (α<sub>s</sub> + В<sub>2</sub> + В) - эвтектика из кристаллов насыщенного твердого раствора, первичных и вторичных кристаллов В
- Эвт.с (α<sub>s</sub> + В) - эвтектика из кристаллов насыщенного твердого раствора и первичных кристаллов В

↓ : Линии охлаждения для сплавов (1), (2), (3) и (4)

SHIFT



# Контрольные вопросы

- Из чего состоят вещества?
- Какие виды химических связей между атомами вы знаете?
- Что представляет собой пространственная кристаллическая решетка?
- Чем отличаются кристаллические вещества от аморфных?
- В чем состоит отличие температуры плавления  $T_{пл}$  от температуры кристаллизации  $T_{кр}$ ?
- Каким материалам свойственно аморфно-кристаллическое состояние?
- Какие материалы относятся к нанокристаллическим?
- Какие кристаллические фазы образуют компоненты в сплавах?