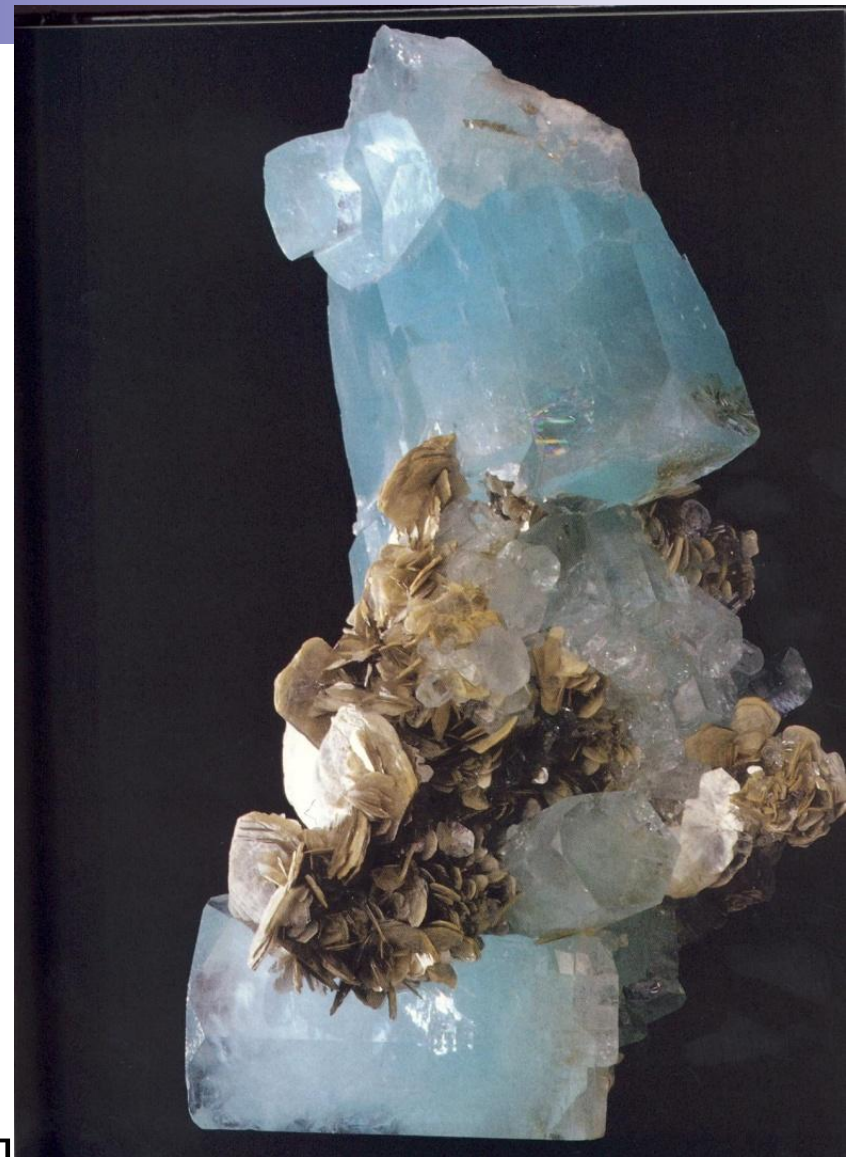


▣ **Минералы** - это природные кристаллические химические соединения, состоящие из одного элемента или из закономерного сочетания элементов (реже самородные элементы), однородные по физическим и химическим свойствам, образующиеся в результате физико-химических и биологических природных процессов, происходящих на Земле и других

Современная минералогия изучает во взаимной связи состав, кристаллическое строение, свойства минералов, их условия образования (начиная с зарождения, роста и разрушения) и практическое использование.

Объектами минералогии являются не только

минералы – продукты природных процессов, но и сами процессы, при которых возникают или претерпевают изменения эти продукты



Задачи минералогии

1. Выявление новых видов минерального сырья и увеличение числа минералов, используемых промышленностью

(всестороннее изучение физических и физико-химических свойств минералов, открытие в известных минералах ценных элементов-примесей).

2. Развитие поисковой минералогии (разработка минералогических методов поисков).
3. Развитие генетической минералогии (изучение закономерностей образования и распределения минералов в разных геологических системах).
4. Развитие технологической минералогии (разработка интенсификации и комплексности использования минерального сырья).

Технологическая минералогия объединяет все минералогические исследования, связанные с:

- изучением технологических свойств минералов,
- разработкой рациональных схем их обогащения,
- комплексным использованием минерального сырья.

Происхождение

В природных условиях минералы образуются различными путями.

Минералов

Их возникновение может быть связано как с **ЭНДОГЕННЫМИ процессами** (от греч. *endon* — внутри и *genesis* — происхождение):

- 1) Путем кристаллизации природных силикатных расплавов, магм, при понижении их температуры ниже точки плавления;
- 2) Путем отложения минерального вещества из водных растворов вследствие изменения физико-химических условий (Т, Р, концентрации растворов, кислотности среды).

так и с **ЭКЗОГЕННЫМИ процессами**

(от греч. *exo* — вне, снаружи) процессами:

Эндогенные процессы минералообразования обусловлены притоком вещества и энергии из недр в виде магмы, жидких растворов или газов.

Минералы, образованные эндогенным путем, могут иметь разнообразный генезис.

Магматогенный генезис — возможность кристаллизоваться из магматических расплавов.

Разные минералы имеют неодинаковую температуру плавления, следовательно, кристаллизуются при разных температурах.

Общая схема процесса кристаллизации магмы может быть описана так называемым реакционным рядом Боуэна, согласно которому кристаллизация минералов из магмы происходит последовательно — от более основных к более кислым. Это означает, что в процессе кристаллизации минералов увеличивается кремнекислотность магмы, что приводит к образованию на поздних стадиях все более кислых пород. **Разновидностью магматического генезиса является пегматитовое минералообразование, при котором минералы выделяются на заключительных стадиях магматического процесса из остаточных расплавов, обогащенных кремнеземом, глиноземом, щелочами и летучими компонентами.**

При гидротермальном минералообразовании минералы (от греч. *hydor* — вода и *therme* — тепло)

выделяются из остывающих гидротермальных растворов. По температуре растворов процесс гидротермального минералообразования подразделяется на высокотемпературный (более 400 — 300 °С), среднетемпературный (300 — 150 °С) и низкотемпературный (150 — 50 °С).

Пневматолитовое минералообразование (от греч. *pneumatosis* — дуновение, воздух и *lithos* — камень) — минералы кристаллизуются из паров и газов, минуя жидкую фазу.

Метаморфическое минералообразование (от греч. *metamorphosis* — превращение) — минералы образуются в результате изменения ранее сформировавшихся минералов в результате воздействия повышенных температуры и давления и при участии гидротермальных растворов.

Разновидностью метаморфического генезиса является *метасоматическое* (от греч. *meta* — после, через и *soma* — тепло) происхождение минералов — в результате замещения ранее сформированных минералов путем миграции химических элементов.

Контактово-метаморфическое происхождение — образование минералов

в результате взаимодействия магматических расплавов и вмещающих пород. Частный случай — *скарновое* происхождение (от швед. *skarn* — грязь, отбросы) — образование минералов в результате контакта магматических расплавов и карбонатных пород.


Как разновидность метаморфического генезиса можно рассматривать также *импактное* происхождение (от англ. *impact* — удар) — возникновение и преобразование минералов в результате бомбардировки метеоритами пород поверхности Земли и планет земной группы.

Экзогенное минералообразование обусловлено действием различных процессов на поверхности Земли.

Минералы, образованные экзогенным путем, имеют *осадочное* происхождение. Их возникновение связано с выпадением кристаллов из пересыщенных растворов, с жизнедеятельностью различных организмов, с окислением, гидратацией, гидролизом и прочими реакциями, изменяющими ранее сформированные минералы, попавшие в зону воздействия атмосферы, гидросферы и биосферы, т.е. в зону выветривания.



При описании минерала в отдельно взятом образце не всегда можно однозначно сделать вывод о его генезисе, так как некоторые минералы могут образовываться различными путями. Существуют минералы, которые могут образовываться в результате практически всех процессов минералообразования.

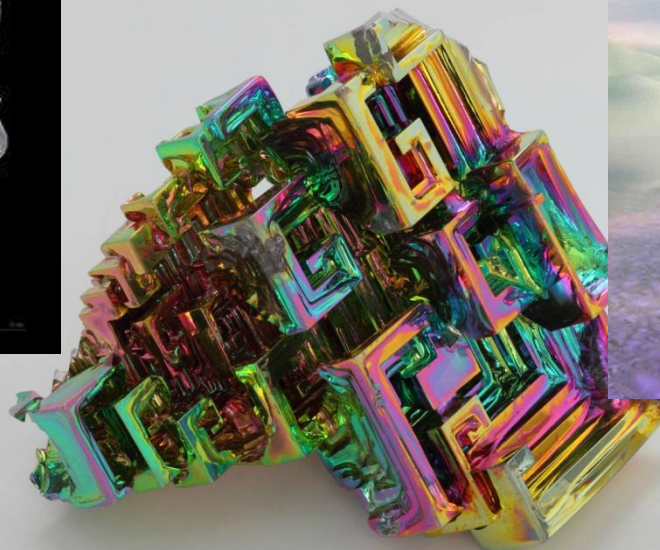


Существует много вариантов классификаций минералов. Большинство из них построено по структурно-химическому принципу.

По распространённости минералы можно разделить на:

- *породообразующие* — составляющие основу большинства горных пород,
 - *акцессорные* — часто присутствующие в горных породах, но редко слагающие больше 5 % породы,
 - *редкие*, случаи нахождения которых единичны или немногочисленны, и
 - *рудные*, широко представленные в рудных месторождениях.
-
-

Кристаллохимия изучает связь между атомным строением (структурой) кристаллов и их химическими, физическими и геометрическими свойствами.



Крист

Атомные и ионные радиусы

Относительные размеры ионов, слагающие наиболее распространенные минералы

Ионы в структуре минералов можно условно рассматривать как сферы различного размера. Формирование внутренней структуры растущих кристаллов минерала зависит от размера ионов, слагающий данный минерал.

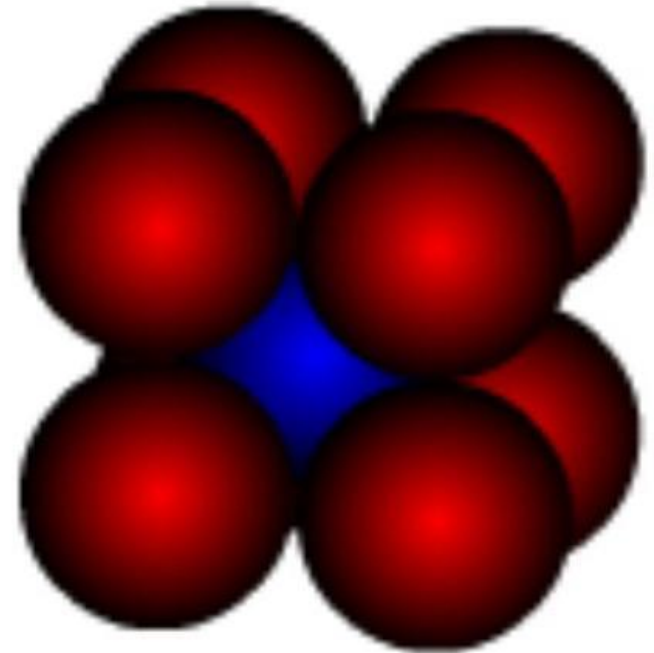
Величина радиуса зависит от ряда причин:

1. заряд иона;
2. поляризационная способность атома или иона;
3. термодинамические условия (температура, давление).

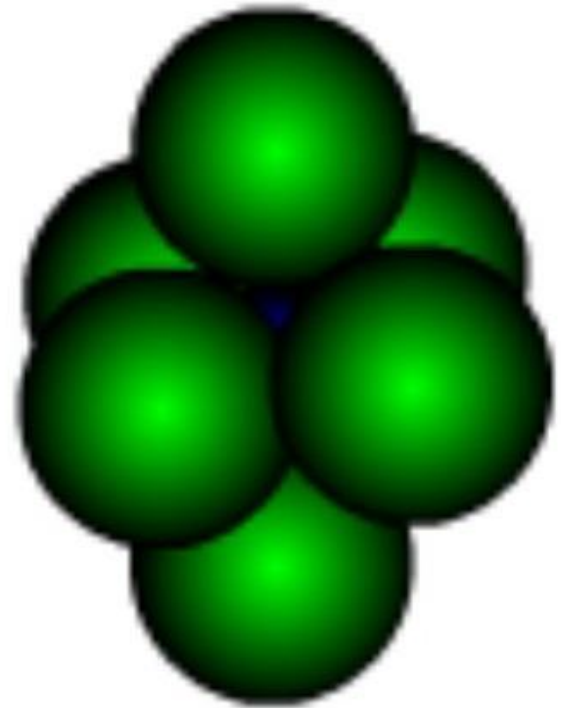
Катионы	Анионы
Si ⁴⁺ 0,27	O ²⁻ 1,40
Al ³⁺ 0,53	
Mg ²⁺ 0,72	Cl ⁻ 1,81
Fe ²⁺ 0,78	
Na ⁺ 0,99	S ²⁻ 1,84
Ca ²⁺ 1,00	
K ⁺	

Атомные и ионные радиусы – это минимальное расстояние, на которое центр сферы данного атома (иона) может приблизиться к поверхности соседних атомов (ионов)

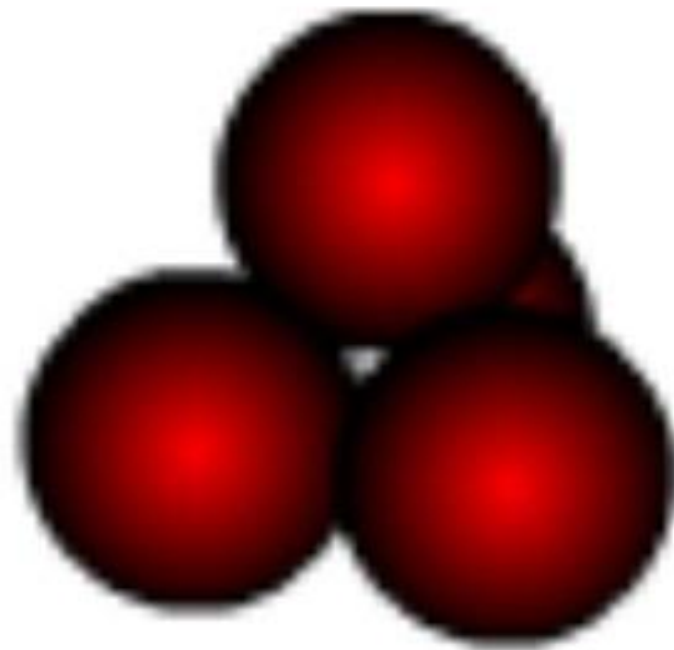
Во время роста кристаллов ионы, слагающие минерал, стремятся заполнить пространство наиболее экономичным образом, то есть расположиться как можно ближе друг к другу. Если катионы и анионы имеют одинаковый ионный радиус, они образуют **кубическую** структуру



В минерале галите
(NaCl) атомы хлора и
натрия отличаются по
ионному радиусу и
образуют
октаэдрическую
структуру

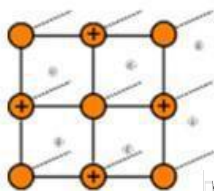
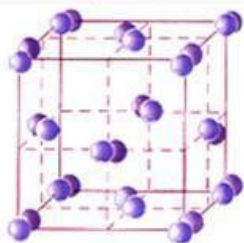
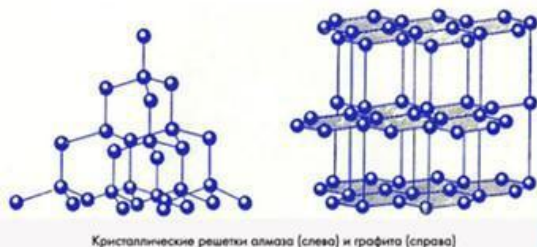
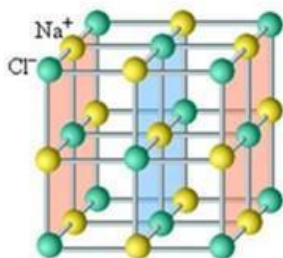


Когда размеры ионов сильно отличаются по размеру, они образуют ***тетраэдрическую*** структуру





Типы кристаллических решеток



Тип решетки	Примеры веществ	Физические свойства веществ
<u>Ионная</u>	Соли, оксиды и гидроксиды типичных металлов	Твердые, хрупкие, тугоплавкие, многие растворимы в воде, расплавы проводят электрический ток
<u>Атомная</u>	алмаз(С), графит(С), бор(В), кремний(Si). оксид алюминия (Al ₂ O ₃), оксид кремния (IV)-SiO ₂	Очень твердые, очень тугоплавкие, прочные, нелетучие, не растворимы в воде
<u>Молекулярная</u>	При обычных усл.–г/ж (O ₂ , H ₂ , Cl ₂ , N ₂ , Br ₂ , H ₂ O, CO ₂ , HCl) Сера S ₈ , белый фосфор P ₄ , йод I ₂ ; органические вещества	Непрочные, летучие, легкоплавкие, способны к возгонке, имеют небольшую твердость
<u>Металлическая</u>	Металлы и сплавы	Ковкие, обладают блеском, пластичностью, тепло- и электропроводны

Типы химических связей в кристаллических решетках

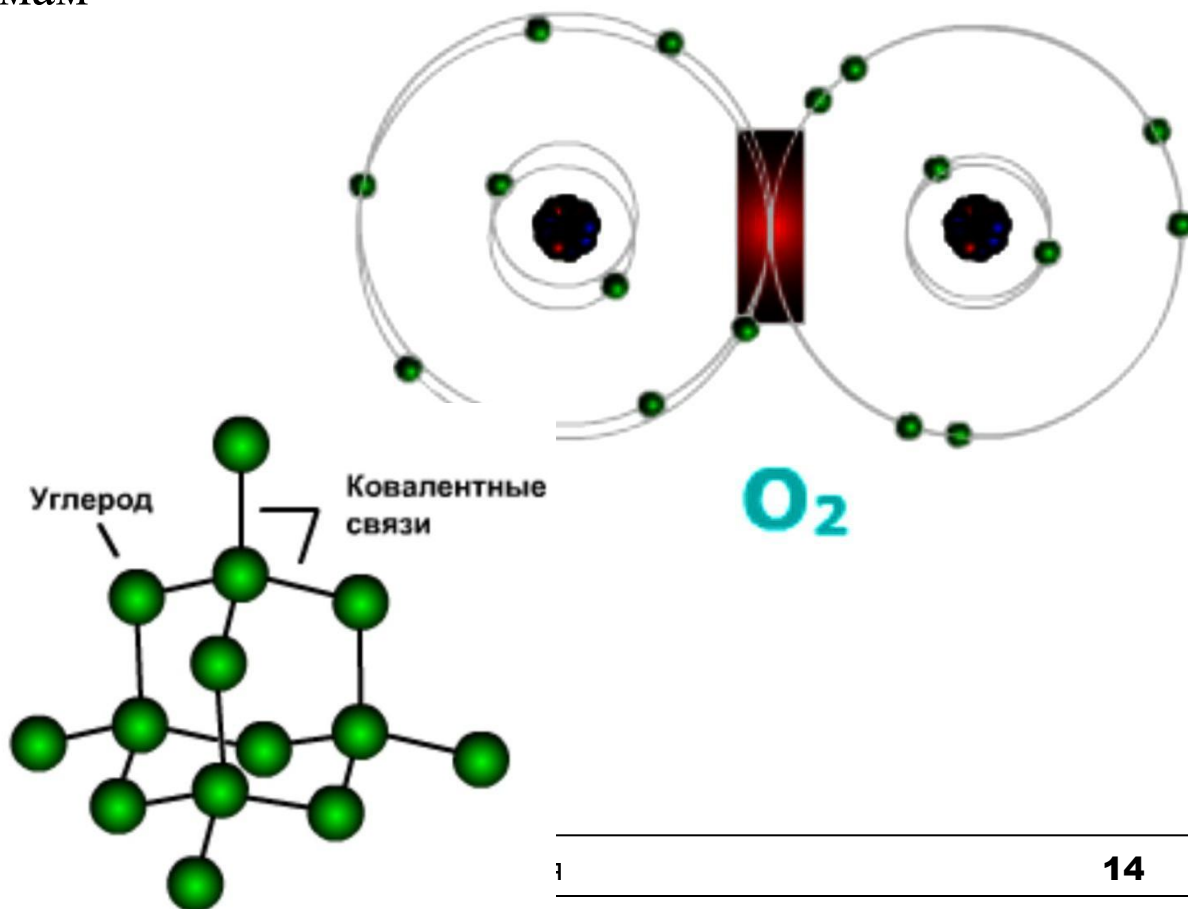
Ковалентная связь –

осуществляется в атомных и частично в ионных кристаллических постройках с помощью спаренных (обобществленных) электронов: два внешних электрона с противоположными спинами принадлежат одновременно двум атомам

Алмаз состоит только из атомов углерода (C).

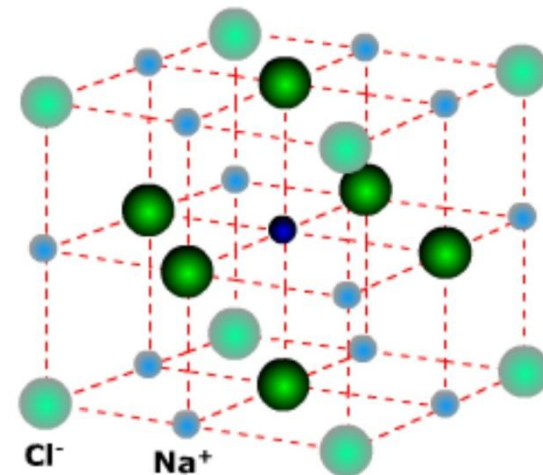
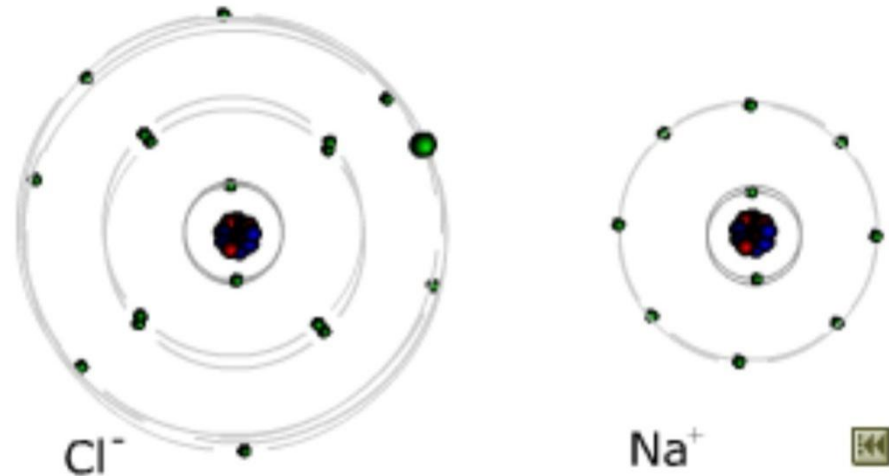
Каждый атом углерода образует ковалентные связи с четырьмя другими атомами углерода.

Ковалентные связи между атомами углерода очень прочные – алмаз является самым твердым минералом в природе

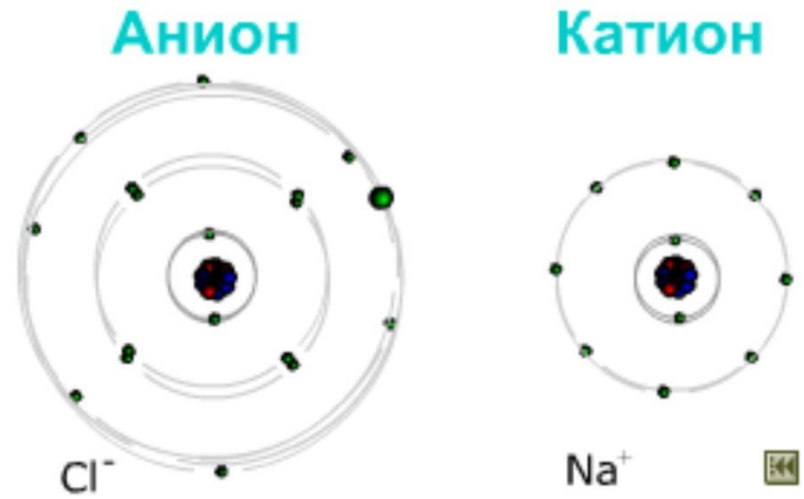


Ионная связь

– характеризуется тем, что силы связи обусловлены электростатическим притяжением противоположно заряженных ионов, каждый из которых окружен максимальным количеством ионов противоположного заряда. Эта связь возникает потому, что атомы стремятся приобрести наиболее устойчивую внешнюю оболочку с полным числом электронов во внешнем слое

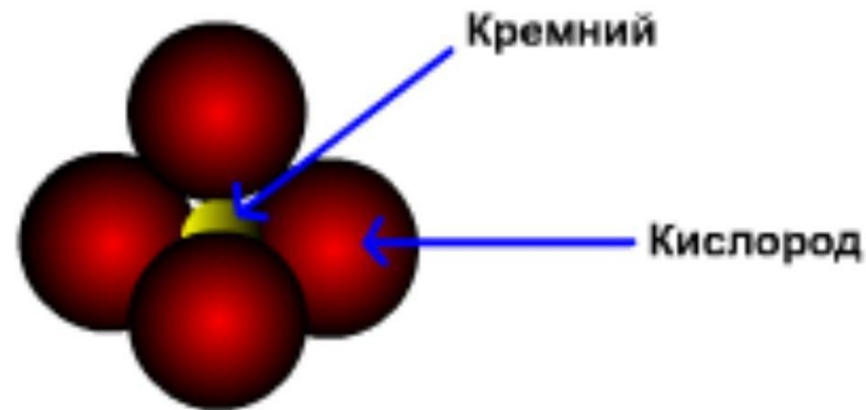


Ионные связи достаточно прочные, но не такие прочные как ковалентные. Ионные и ковалентные связи – наиболее важные типы химических связей между атомами в минералах.



Промежуточная связь – большинство химических связей в минералах является комбинацией ковалентных и ионных связей. Атом кислорода в кремнекислородном тетраэдре SiO_4 «пытается» отнять один электрон у атома кремния. Часть времени «захваченный» электрон по-прежнему проводит на электронной оболочке атома кремния. Поэтому связь между Si и O является на 50% ионной, а на 50% ковалентной

Химические связи в кремнекислородном тетраэдре SiO_4



Другие типы химических связей

Металлическая связь

характерна для атомов металлов, которые имеют тенденцию легко расставаться с электронами внешней оболочки.

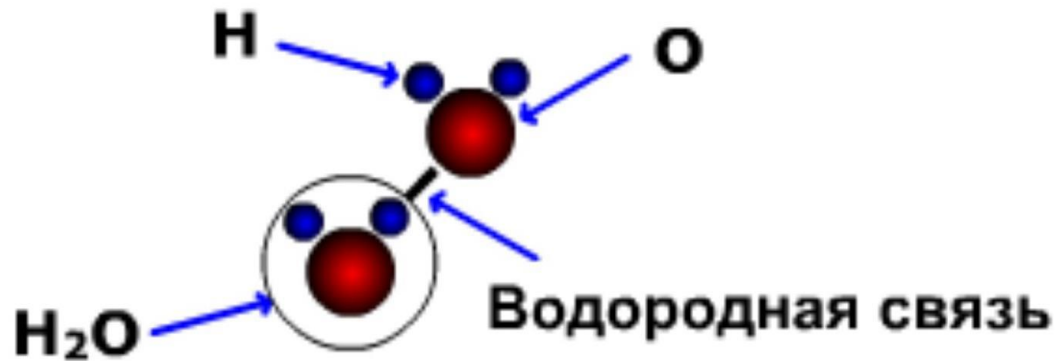
Свободные электроны становятся общими для всех ионов в структуре металла. Минералы с металлическими связями являются хорошими проводниками и имеют металлический блеск



Ван-дер Ваальсовы связи

– это слабые химические связи, которые возникают между электрически нейтральными частицами. Минералы, в которых атомы связаны Ван-дер Ваальсовыми связями, обычно отличаются низкой твердостью





Водородные связи это слабые связи, возникающие в некоторых соединениях, где есть атомы водорода. Молекулы, внутри которых атомы связаны прочной ковалентной связью, могут образовывать с другими молекулами воды водородные связи. Водородные связи образуются потому, что внутренние связи в молекуле воды не являются на 100% ковалентными, общие электроны более тяготеют к ядру атома кислорода, чем к ядрам атомов водорода. Поэтому вокруг ядер атомов водорода образуется слабый положительный заряд, а вокруг ядра кислорода – отрицательный. Положительно заряженная часть одной молекулы воды притягивается к отрицательно заряженной части другой молекулы – между ними возникает водородная связь.

Изоморфизм и полиморфизм

Понятия изоморфизма и полиморфизма впервые было введено в научную терминологию немецким химиком

Эйльхайдом Митчерлихом
в 1919-1921 гг.



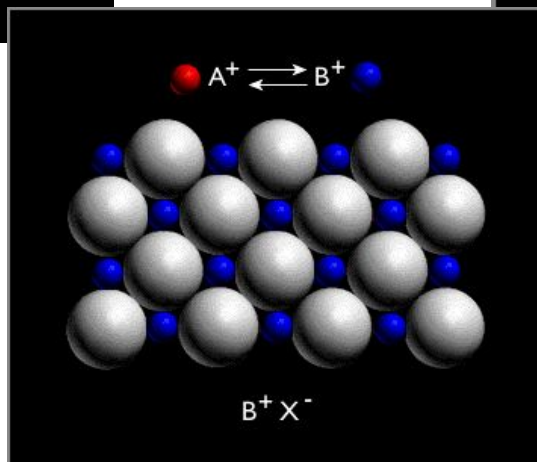
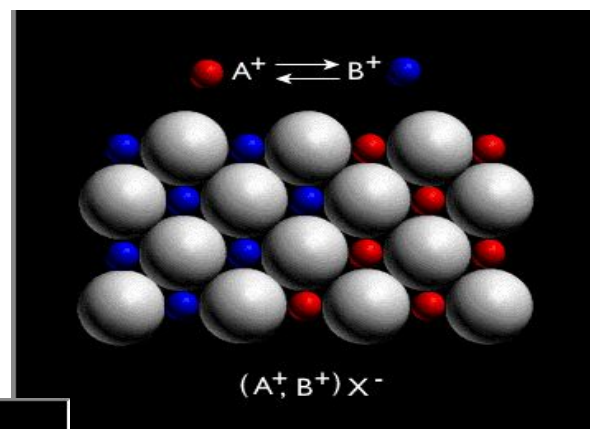
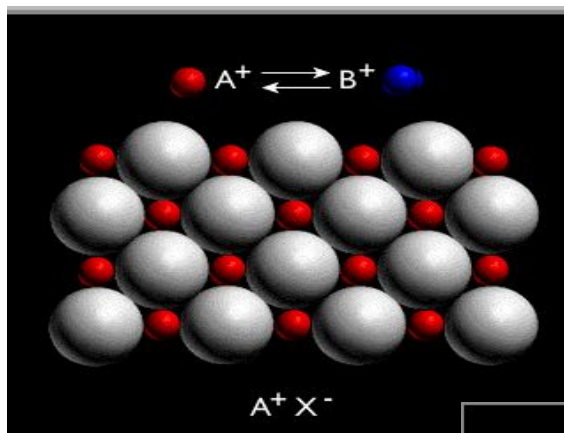
■ ***Изоморфизм*** (от греч. «изос» — равный, «морфэ» — форма) - явление взаимного замещения атомов, ионов или их групп в кристаллических решетках минералов без изменения их строения.

Результатом процесса изоморфного замещения являются *изоморфные смеси* (смешанные кристаллы, твердые растворы, кристаллы переменного состава).

Виды изоморфизма:

1. Совершенный (неограниченный) изоморфизм – это явление полного без ограничений замещения, т.е. наблюдается полный переход от одного крайнего члена изоморфного ряда к другому (группа плагиоклазов $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ - $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$)

Пример совершенного (неограниченного) изоморфизма



2. *Ограниченный (неполный)*

изоморфизм – когда крайние члены изоморфного ряда не могут образовывать между собой непрерывного перехода и состав изоморфной смеси достигает определенного предельного уровня для каждого из крайних членов в определенных соотношениях (кальцит CaCO_3)

Причины проявления изоморфизма

Внутренние причины, обусловленные строением атомов

1. Близость ионных радиусов
2. Близость свойств атомов:
 - валентности
 - строения
 - внешней электронной оболочк,
 - потенциалов ионизации
 - сродства к электрону
3. Характер возникающего соединения и его строение
 - тип химических связей
 - структура решетки

Внешние причины:

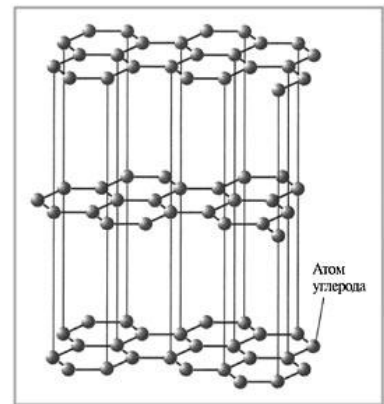
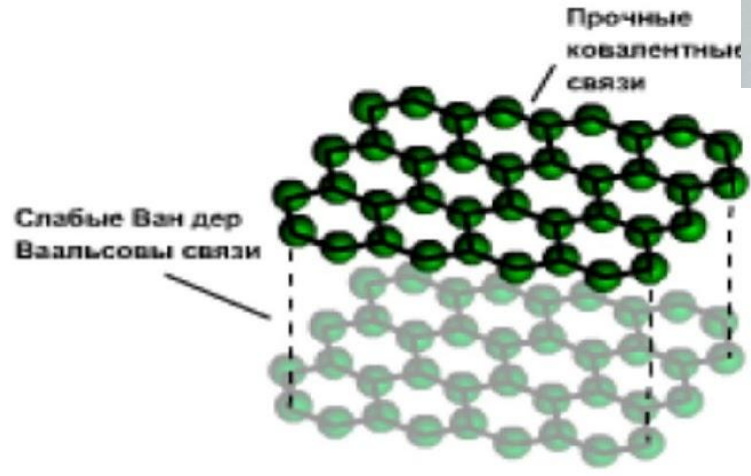
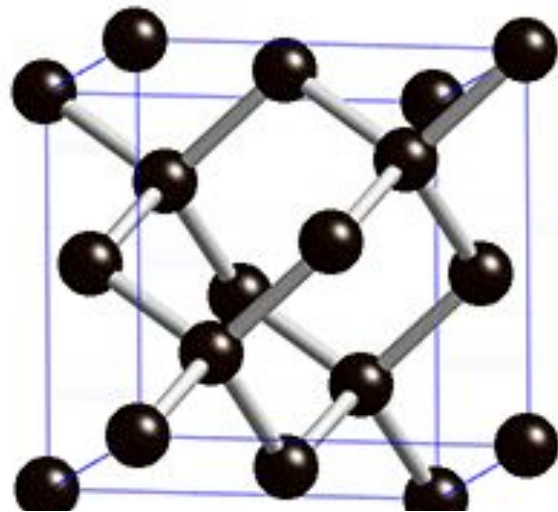
1. Термодинамическая обстановка (температура, давление)
- 2. Смена окислительно – восстановительных условий.
-

Значение изоморфизма для изучения природных процессов

1. Осуществляет миграцию элементов в земной коре
2. Индикатор P-T условий геологических процессов

- **Полиморфизм** (от греч. «поли» — много, «морфэ» — форма) - свойство соединений и простых веществ в зависимости от внешних условий (T , P , x – концентрация растворов) кристаллизоваться в различных структурных типах

- **Полиморфные превращения** – переходы из одной кристаллической формы в другую. Устойчивые в тех или иных термодинамических условиях кристаллические формы вещества называются **полиморфными модификациями**



Свойства	Алмаз	Графит
Плотность при 25 °С, г/см ³	3,513	2,26
Атомный объем, см ³	3,418	5,314
Коэффициент линейного расширения при 20 °С, К ⁻¹	$0,9 \cdot 10^{-6} - 1,45 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$
Коэффициент сжатия, МПа	$17,65 \cdot 10^{-6} - 22,55 \cdot 10^{-6}$	$294,2 \cdot 10^{-6}$