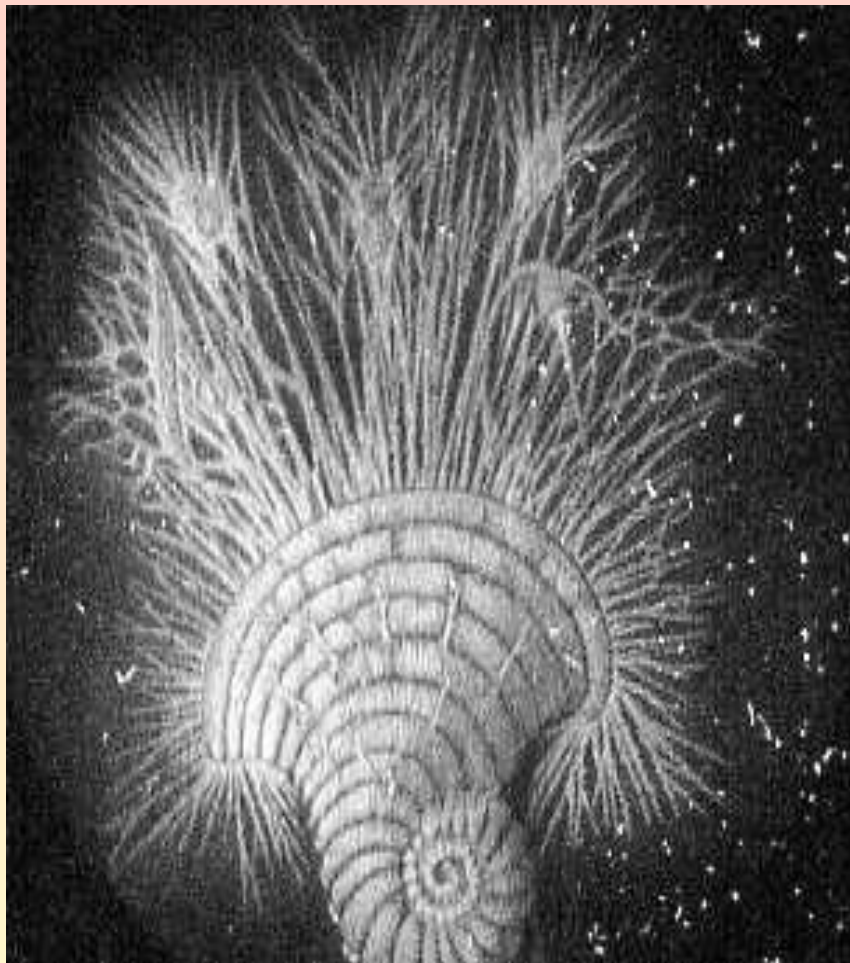


Кремний и его соединения

Нахождение в природе



Кремний в виде скелета
живого организма

В природе кремний **Si** – второй по распространённости после кислорода элемент (28% от массы земной коры).

Земная кора более чем на четверть состоит из его соединений.

Наиболее распространённым соединением кремния является его диоксид **SiO₂**, другое его название – **кремнезём**.

Разновидности кварца



Минерал кварц

Диоксид кремния в природе образует *минерал кварц* и многие его разновидности, такие, как:

- *горный хрусталь* и его знаменитая лиловая форма – *аметист*;
- *агат*;
- *опал*;
- *яшма*;
- *халцедон*;
- *сердолик*.

Все эти минералы имеют одну и ту же химическую формулу – SiO_2 .

Аметист



Аметистовая жеода



Кристалл аметиста

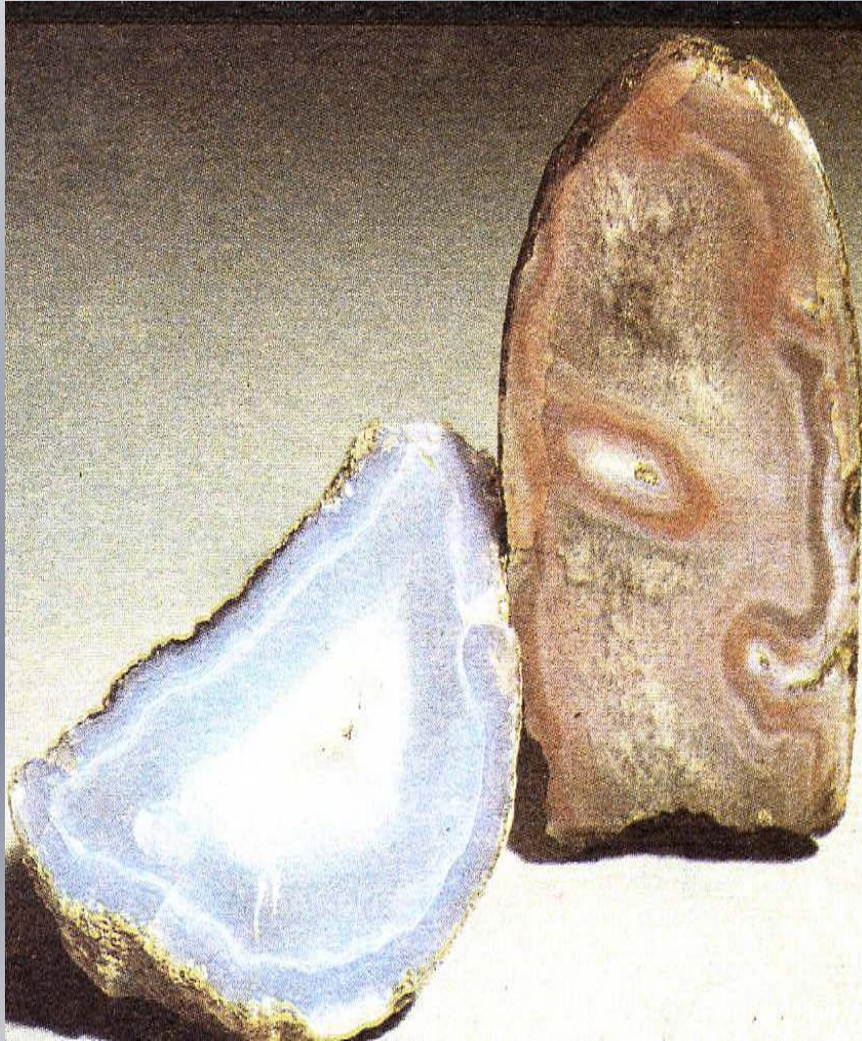
Горный хрусталь



Перед вами статуэтка бульдога из горного хрусталя, созданная по замыслу ювелира.

Наиболее чистый кварц – горный хрусталь – бесцветен и прозрачен.

Агат



Агат очень интересный и удивительный камень. Его различные разновидности и оттенки (разводы, круги, пейзажи) вдохновляют мастеров и ювелиров на создание уникальных украшений и предметов.

Этот минерал, являясь поделочным и полудрагоценным камнем, широко используется в создании женских украшений и других предметов.

Яшма



Яшма волшебная, ни с одним камнем не схожая, таящая в себе и рисунки явные, и письмена тайные, давно будоражит людское воображение.

Изысканность яшмовых узоров ценилась многими народами. Из-под рук искусных мастеров выходили ожерелья, браслеты, печати и камеи, статуэтки.

Топаз



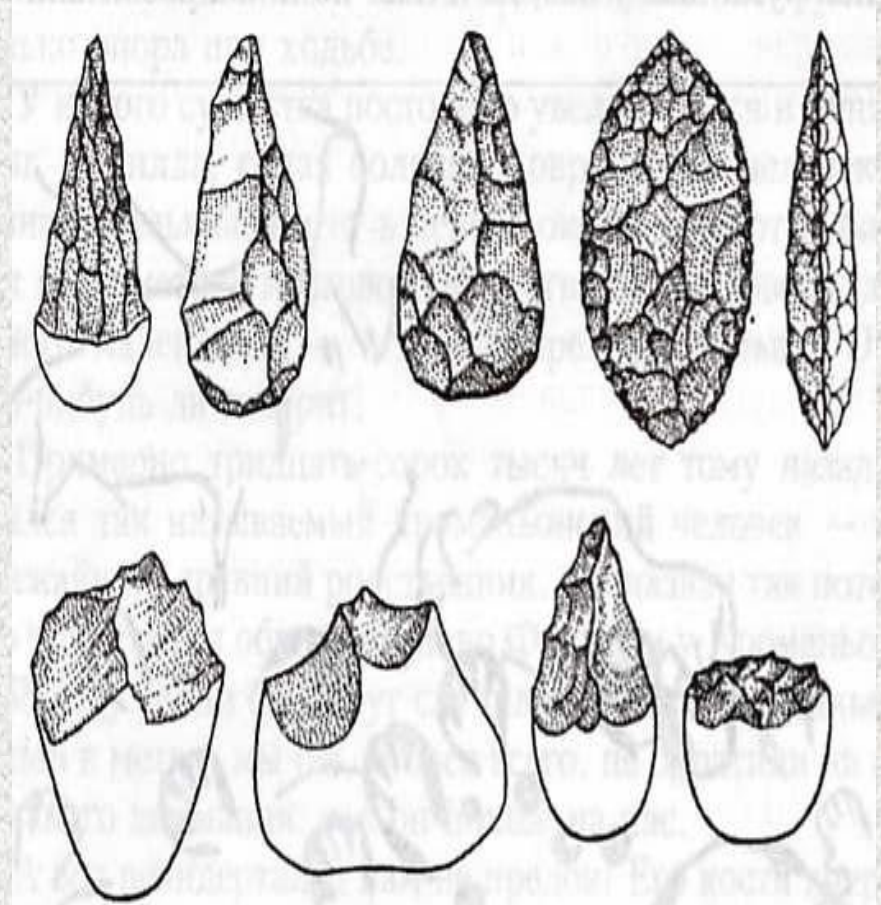
Перед вами кристалл
топаза,
инкрустированный в
горной породе.

Минералы на основе SiO_2

Из разновидностей минералов на основе диоксида кремния – *кремня*, *халцедона* и других первобытные люди изготавливали орудия труда. Именно кремень положил начало каменному веку – веку кремневых орудий труда.

Причин этому две:

- распространённость и доступность кремня;
- способность его образовывать при сколе острые режущие края.



Кремневые орудия эпохи палеолита

Природные силикаты

Второй тип природных соединений кремния – это силикаты. Они составляют 75⁰/₀ от массы земной коры. Среди них наиболее распространены *алюмосиликаты*. К ним относятся:

- гранит;
- различные виды глин;
- слюды;
- нефелин и др.

Силикатом, не содержащим алюминий, является асбест.



Глобус из нефелина

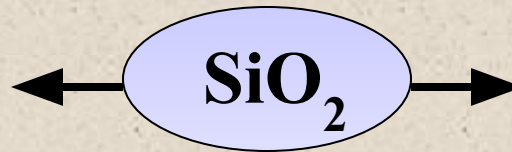
Оксид кремния – SiO_2

Оксид кремния

необходим:

- для жизни растений и животных;
- придаёт прочность стеблям растений и защитным покровам животных;

Кремний придаёт гладкость и прочность костям человека.



- Чешуя рыб, панцири насекомых, крылья бабочек, перья птиц и шерсть животных прочны, т. к. содержат кремнезём;
- Диатомовые водоросли и радиолярии – нежнейшие комочки живой материи, тоже состоят из кремнезёма.

Свойства кремния

Структура элементарного **кремния** аналогична *алмазу*.

Графитоподобная модификация неизвестна.

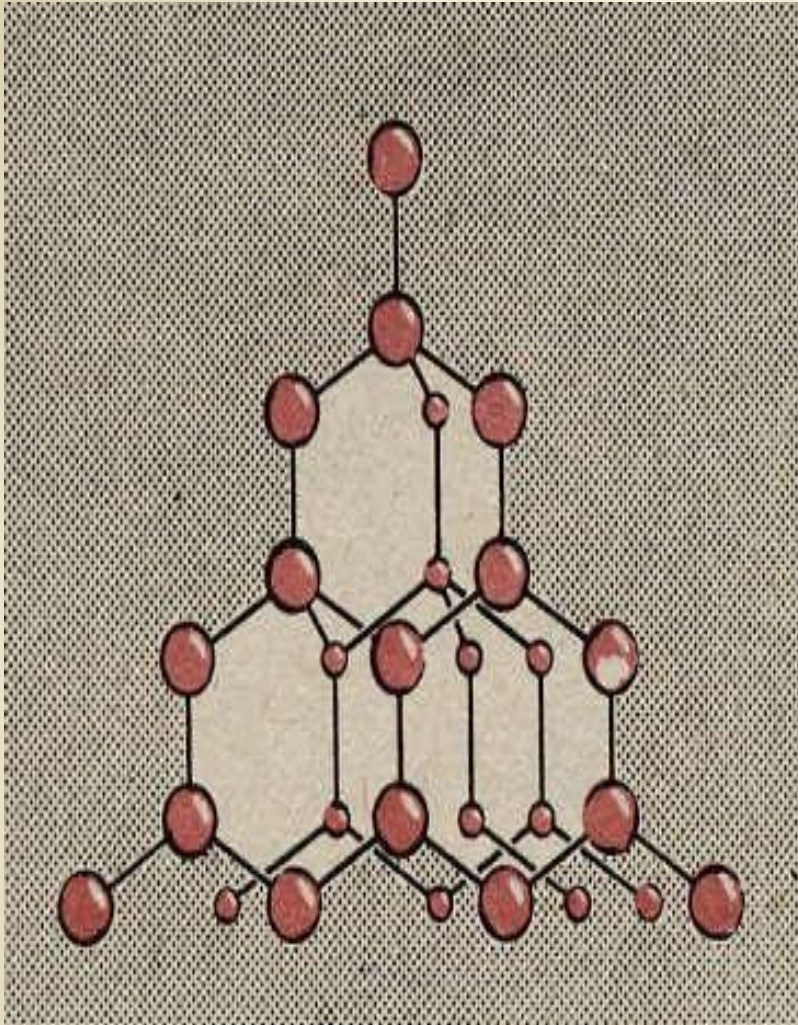
Кремний – типичный полупроводник (при нагревании проводимость возрастает).

$t(\text{Si})$ плавления = 1415 °C

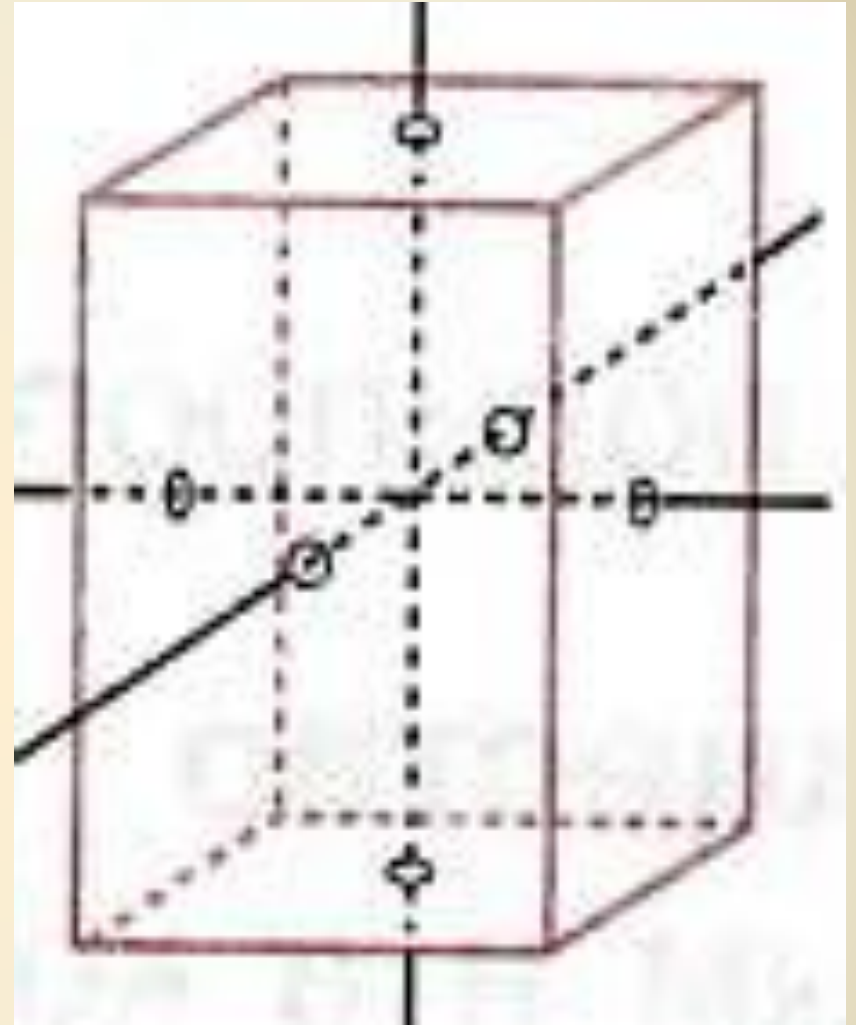
$t(\text{Si})$ кипения = 3249 °C

Известно пять модификаций кремния:

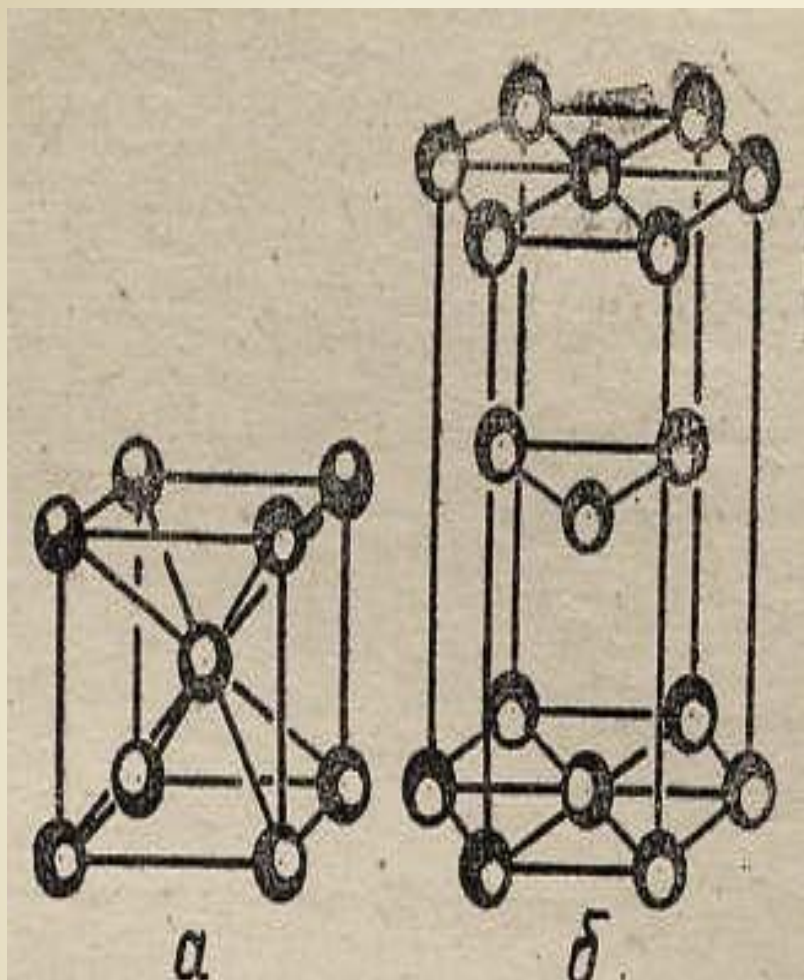
- *четыре кристаллические:*
(кубическая гранецентрированная решётка типа алмаза, тетрагональная решётка при давлении 20 ГПа, кубическая решётка при давлении более 20 ГПа, гексагональная решётка);
- *аморфная.*



Кубическая
гранецентрированная
решётка типа алмаза

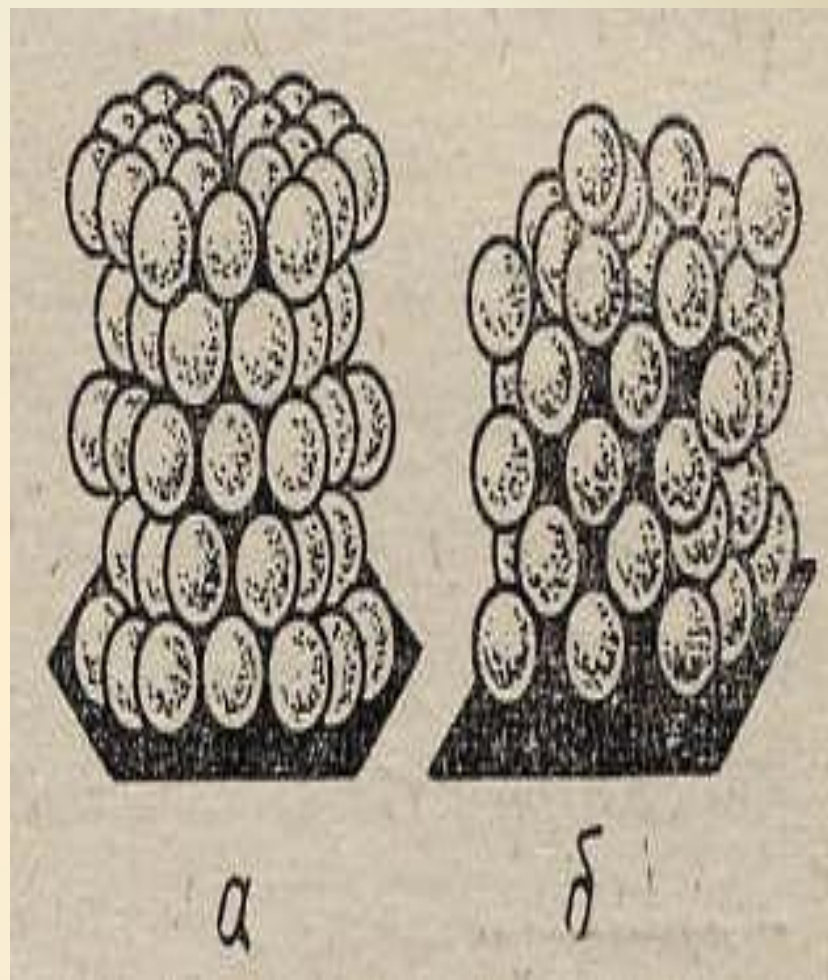


Тетрагональная
кристаллическая система



Кристаллические решётки:

- а) кубическая;*
- б) гексагональная.*



Упаковка шаров:

- а) гексагональная;*
- б) кубическая.*

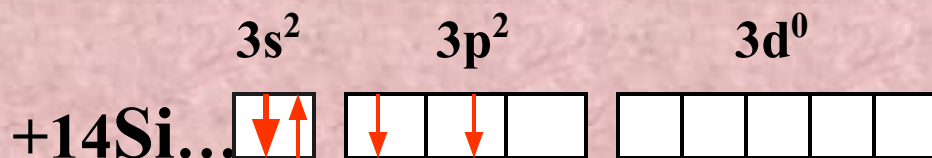
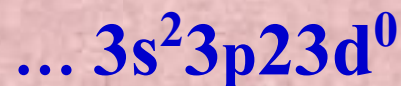
Положение в периодической таблице

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|---|---|------------------------|----------|
| | 1 H | | | | | | | 2 He |
| | 3 Li | 4 Be | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne |
| | 11 Na | 12 Mg | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar |
| | | | | | | | | |
| | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| | Метал- лическая решетка | Метал- лическая решетка | Метал- лическая решетка | Атомная решетка | Молеку- лярная ре- шетка P ₄ | Молеку- лярная ре- шетка S ₈ | Cl ₂ Газ | Газ |
| t кип. С | 889 | 1120 | 2327 | 2355 | 280 | 445 | -34,1 | -186 |
| t плав. С | 98 | 650 | 660 | 1410 | 44,2 | 119 | -101 | -189 |

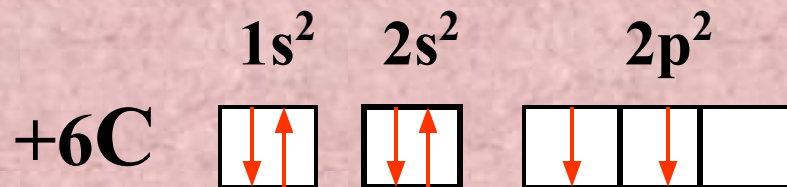
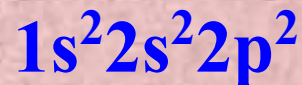
Проводимость кремния увеличивается при замене некоторых атомов кремния атомами элементов соседних групп периодической системы Д. И. Менделеева.

При замещении *Si* элементами V группы (фосфора **P**, висмута **Bi**) усиливается электронная проводимость, при замещении элементами III группы (алюминия **Al**, бора **B**) – дырочная.

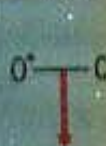


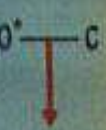





Электронная конфигурация наружного электронного слоя кремния:



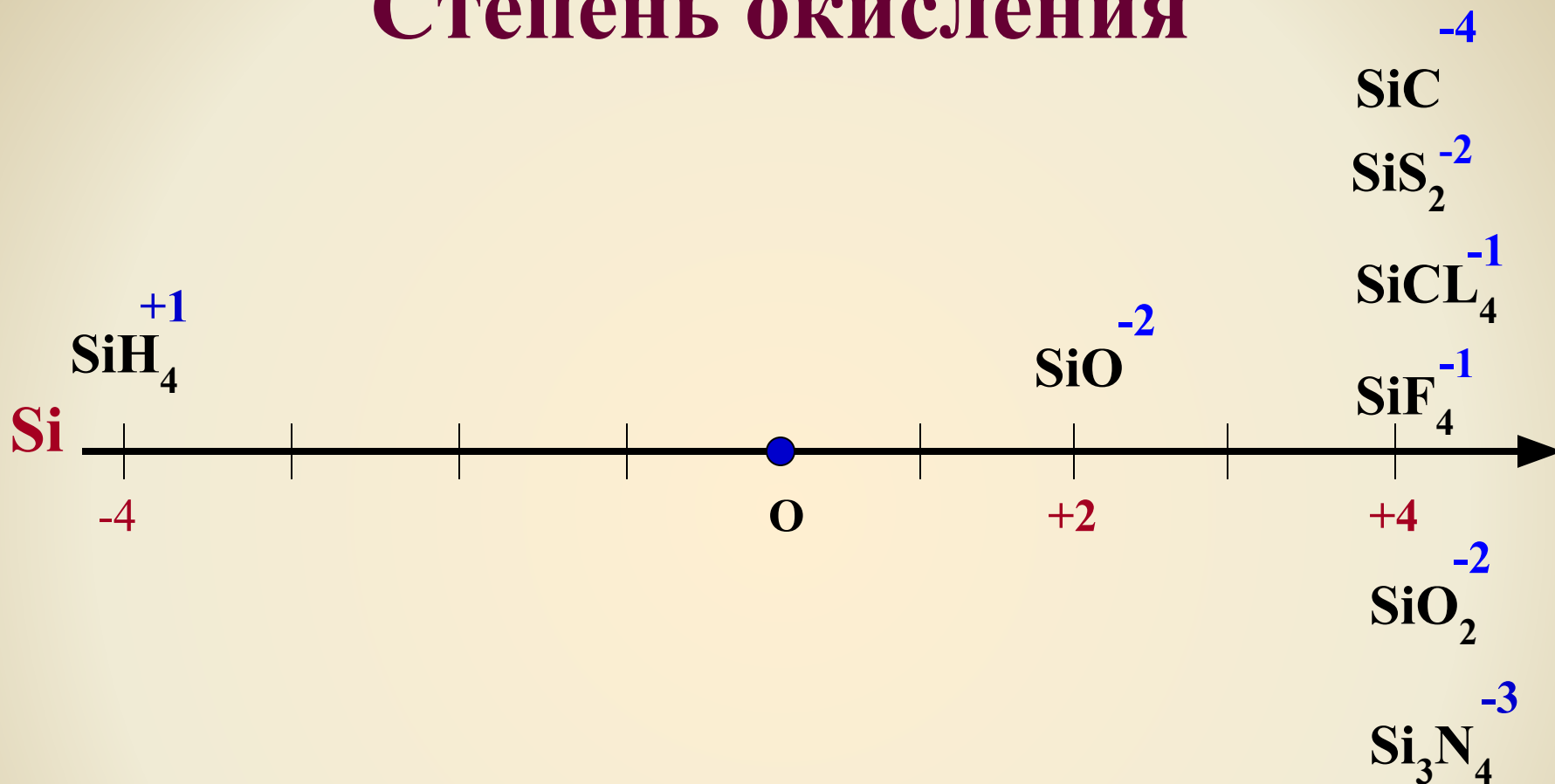
Электронная конфигурация углерода:



Углерод и кремний – неметаллы IV группы

| СОЕДИНЕНИЯ УГЛЕРОДА | | | СОЕДИНЕНИЯ КРЕМНИЯ | | |
|---|---|---|--|---|--|
| | | † кип. С° | | Агрегатное состояние | † кип. С |
| CO_2 Углекислый газ | Газ ↑ | Возгоняется при $-78,5^\circ$  | $(\text{SiO}_2)_n$ Кремнезем |  Твердое | 2230°C 2600°C  |
| H_2CO_3 Угольная кислота | $\rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ В растворе | | H_2SiO_3 Метакремниевая кислота | Аморфное твердое вещество | Под давлением возгоняется при 2200°C |
| CH_4 Метан | Газ ↑ | $-161,4^\circ$  | SiH_4 Силак | Газ ↑ | -112°C  |
| CCl_4 Четыреххлористый углерод | Жидкость  | $+77^\circ$  | SiCl_4 Четыреххлористый кремний | Жидкость  | $+57^\circ \text{C}$  |

Степень окисления

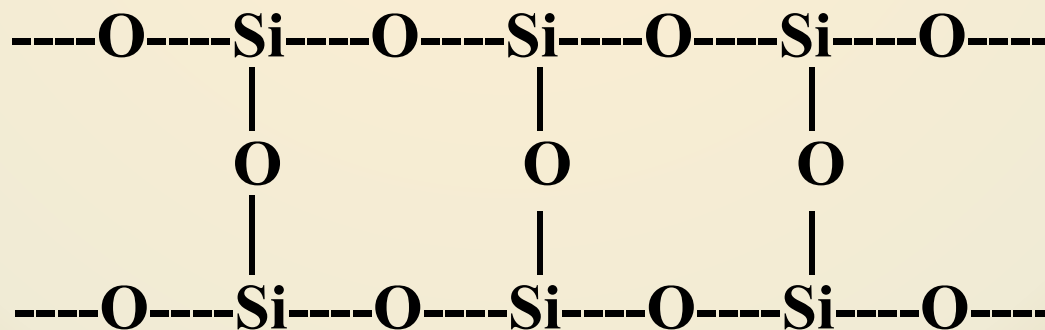
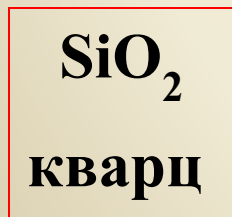


В соединениях кремний преимущественно четырёхвалентен и проявляет в большинстве соединений степень окисления, равную **+4**.

Атомы кремния способны образовывать цепочки, что является признаком кремний-органических соединений. В этом отношении он сходен с углеродом. Однако энергия связи **Si – Si** почти в два раза меньше, чем у связи **C – C**.

Поэтому кремниевые цепочки ограничены максимум восемью атомами (Si_8H_{16} – октасилан). Существенное отличие кремния от углерода состоит в неспособности атомов кремния образовывать двойные и тройные связи.

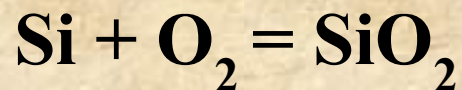
Самая важная и характерная особенность кремния – способность образовывать бесконечные цепочки, слои, пространственные каркасы из фрагментов **Si – O – Si**.



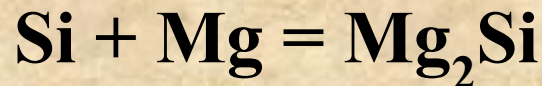
Химические свойства Si

1. С простыми веществами:

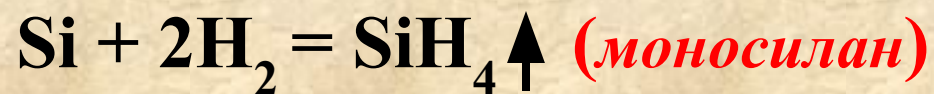
а) кремний горит в кислороде, образуя известный вам уже диоксид кремния, или *оксид кремния (IV)*:



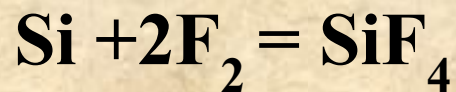
б) будучи неметаллом, при нагревании он соединяется с металлами с образованием *силицидов*, например:



в) кремний непосредственно реагирует с водородом при повышенных температурах с образованием кремнийводородов – силанов:

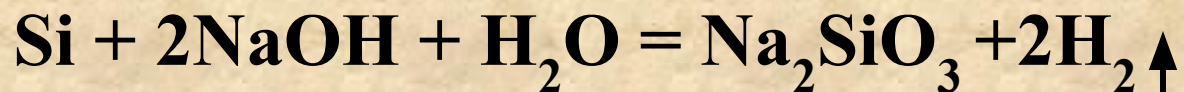


г) при комнатной температуре лишь фтор реагирует с кремниевой пылью:



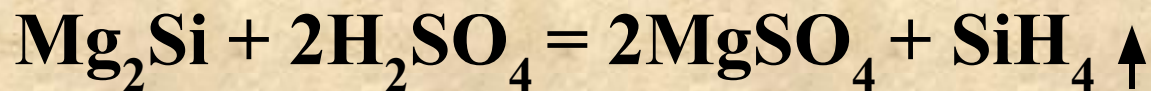
2. Со сложными веществами:

Кремний взаимодействует с концентрированными водными растворами щелочей, образуя *силикаты* и водород:

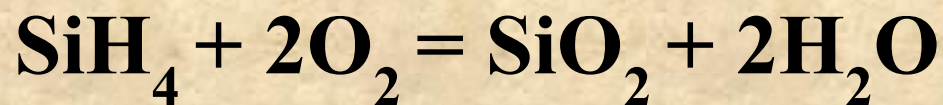


3. Химические свойства соединений кремния:

Силициды легко разлагаются водой или кислотами, при этом выделяется газообразное водородное соединение кремния – *силан*:



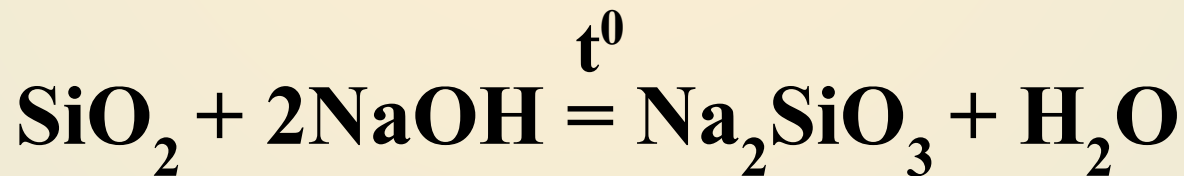
В отличие от углеводородов **силан** на воздухе самовоспламеняется и сгорает с образованием диоксида кремния и воды:



Повышенная реакционная способность силана по сравнению с **метаном** CH_4 объясняется тем, что у кремния больше размер атома, чем у углерода, поэтому химические связи **Si – H** слабее связей **C – H**.

Химические свойства SiO_2

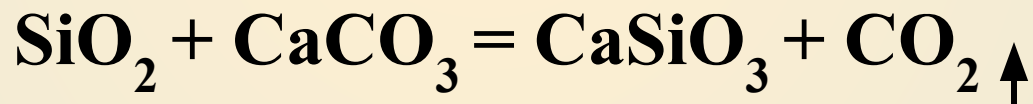
Оксид кремния (IV) как и оксид углерода (IV) CO_2 является *кислотным оксидом*. Однако в отличие от CO_2 имеет не молекулярную, а атомную кристаллическую решётку. Поэтому SiO_2 твёрдое и тугоплавкое вещество. Он не растворяется в воде и кислотах, кроме плавиковой кислоты HF , но взаимодействует при высоких температурах со щелочами с образованием солей кремниевой кислоты – *силикатов*:



силикат
натрия

Получение силикатов

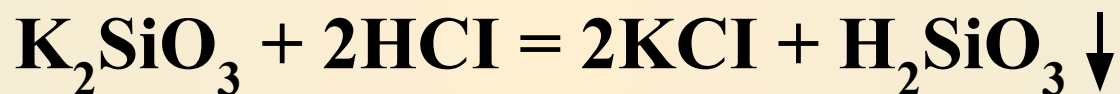
Силикаты можно получить сплавлением диоксида кремния с оксидами металлов или с карбонатами:



Силикаты натрия и калия называют *растворимым стеклом*. Их водные растворы – это хорошо известный *силикатный клей*.

Получение кремниевой кислоты

Из растворов силикатов действием на них более сильных кислот – соляной HCl , серной H_2SO_4 , уксусной CH_3COOH и даже угольной H_2CO_3 :



Следовательно, кремниевая кислота очень слабая. Она нерастворима в воде и выпадает из реакционной смеси в виде студенистого осадка, похожую на студень, желе. При высыхании этой массы образуется высокопористое вещество – *силикагель*, применяемый как адсорбент – поглотитель других веществ.

Открытие кремния

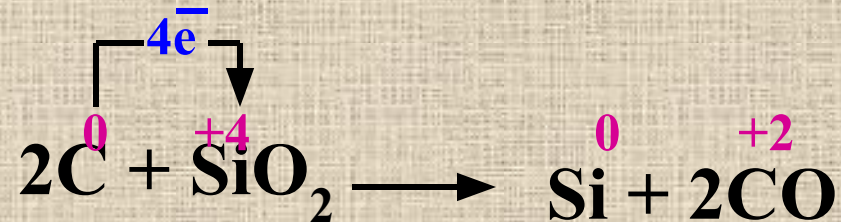
Хотя уже в глубокой древности люди широко использовали в своём быту соединения кремния, сам кремний в элементарном состоянии был впервые получен в **1825 г.** шведским учёным *Й. А. Берцелиусом*. Однако за 12 лет до него кремний получили *Ж. Гей-Люссак* и *Л. Тенар*, но он был очень загрязнён примесями.

Латинское название *силициум* кремний берёт своё начало от лат. *силекс* – кремень. Русское название «кремний» происходит от греч. **кремнос** – утёс, скала.

Получение кремния

1. Получение кремния в промышленности:

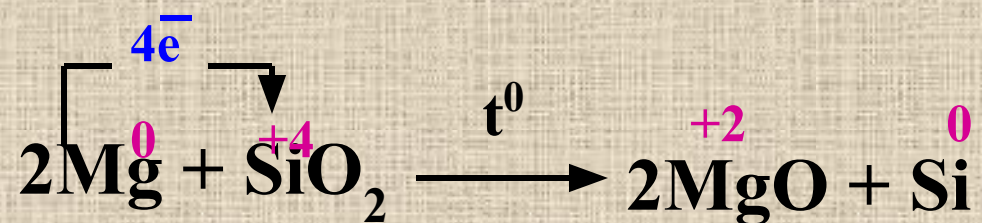
В промышленности кремний получают при нагревании смеси *песка* и *угля*:



Восстановленный кремний частично реагирует с избытком углерода, и образуется *карборунд SiC* (карбид кальция). Это очень твёрдое вещество и поэтому применяется для изготовления точильных и шлифовальных устройств.

2. Получение кремния в лаборатории:

В лаборатории кремний получают при взаимодействии смеси чистого песка с порошком магния:



Физические свойства кремния:

Кристаллический кремний обладает металлическим блеском, тугоплавкий, очень твёрдый, с незначительной электрической проводимостью.

Применение кремния

