

# C, Si

13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 0
					Helium 2 He 4,002602(2)
Bor 5 B 10,811(7)	Uhlík 6 C 12,0107(8)	Dusík 7 N 14,00674(7)	Kyslík 8 O 15,9994(3)	Fluor 9 F 18,9984032(5)	Neon 10 Ne 20,1797(6)
Hliník 13 Al 26,981538(2)	Křemík 14 Si 28,0855(3)	Fosfor 15 P 30,973761(2)	Síra 16 S 32,066(6)	Chlor 17 Cl 35,4527(9)	Argon 18 Ar 39,948(1)
Gallium 31 Ga 69,723(1)	Germanium 32 Ge 72,61(2)	Arsen 33 As 74,92160(2)	Selen 34 Se 78,96(3)	Brom 35 Br 79,904(1)	Krypton 36 Kr 83,80(1)
Indium 49 In 114,818(3)	Cín 50 Sn 118,710(7)	Antimon 51 Sb 121,760(1)	Tellur 52 Te 127,60(3)	Jod 53 I 126,90447(3)	Xenon 54 Xe 131,29(2)
Thallium 81 Tl 204,3833(2)	Olovo 82 Pb 207,2(1)	Bismut 83 Bi 208,98038(2)	Polonium 84 Po (208,9824)	Astat 85 At (209,9871)	Radon 86 Rn (222,0176)

3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 I B	12 II B
------------	-----------	----------	-----------	------------	-----------	-----------	------------	-----------	------------

Skandium 21 Sc 44,955910(8)	Titan 22 Ti 47,867(1)	Vanad 23 V 50,9415(1)	Chrom 24 Cr 51,9961(6)	Mangan 25 Mn 54,938049(9)	Železo 26 Fe 55,845(2)	Kobalt 27 Co 58,933200(9)	Nikl 28 Ni 58,6934(2)	Měď 29 Cu 63,546(3)	Zinek 30 Zn 65,39(2)
Yttrium 39 Y 88,90585(2)	Zirkonium 40 Zr 91,224(2)	Niob 41 Nb 92,90638(2)	Molybden 42 Mo 95,94(1)	Technecium 43 Tc (98,9063)	Ruthenium 44 Ru 101,07(2)	Rhodium 45 Rh 102,90550(2)	Palladium 46 Pd 106,42(1)	Stříbro 47 Ag 107,8682(2)	Kadmium 48 Cd 112,411(8)
57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 Hf 178,49(2)	Tantal 73 Ta 180,9479(1)	Wolfram 74 W 183,84(1)	Rhenium 75 Re 186,207(1)	Osmium 76 Os 190,23(3)	Iridium 77 Ir 192,217(3)	Platina 78 Pt 195,078(2)	Zlato 79 Au 196,96655(2)	Rtuť 80 Hg 200,59(2)
89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 Rf (261,110)	Dubnium 105 Db (262,1144)	Seaborgium 106 Sg (263,1186)	Bohrium 107 Bh (264,12)	Hassium 108 Hs (265,1306)	Mendelevium 109 Mt (266)	Ununnilium 110 Uun (269)	Ununnilium 111 Uuu (272)	Ununbium 112 Uub (277)

1 I A	2 II A
----------	-----------

Vodík 1 H 1,00794(7)	
-------------------------------	--

Lithium 3 Li 6,941(2)	Beryllium 4 Be 9,012182(3)
--------------------------------	-------------------------------------

Sodík 11 Na 22,989770(2)	Hořčík 12 Mg 24,3050(6)
-----------------------------------	----------------------------------

Draslík 19 K 39,0983(1)	Vápník 20 Ca 40,078(4)
----------------------------------	---------------------------------

Rubidium 37 Rb 85,4678(3)	Stroncium 38 Sr 87,62(1)
------------------------------------	-----------------------------------

Cesium 55 Cs 132,90545(2)	Baryum 56 Ba 137,327(7)
------------------------------------	----------------------------------

Francium 87 Fr (223,0197)	Radium 88 Ra (226,0254)
------------------------------------	----------------------------------

14. skupina – 4 valenční elektrony

konfigurace  $ns^2 np^2$

Prvek	$X$	$I^1$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$\rho$ [g cm <sup>-3</sup> ]	$b. t.$ [°C]	$b. v.$ [°C]	$r$ [pm]
<b>C</b>	2,5	1090	2,2 – 3,5	3820	5100	77
<b>Si</b>	1,7	786	2,3	1690	2970	111

**C**  $2 \cdot 10^{-2} \%$ ; **Si** 25,7 %

Oxidační číslo

**C:** -4, +2, +4

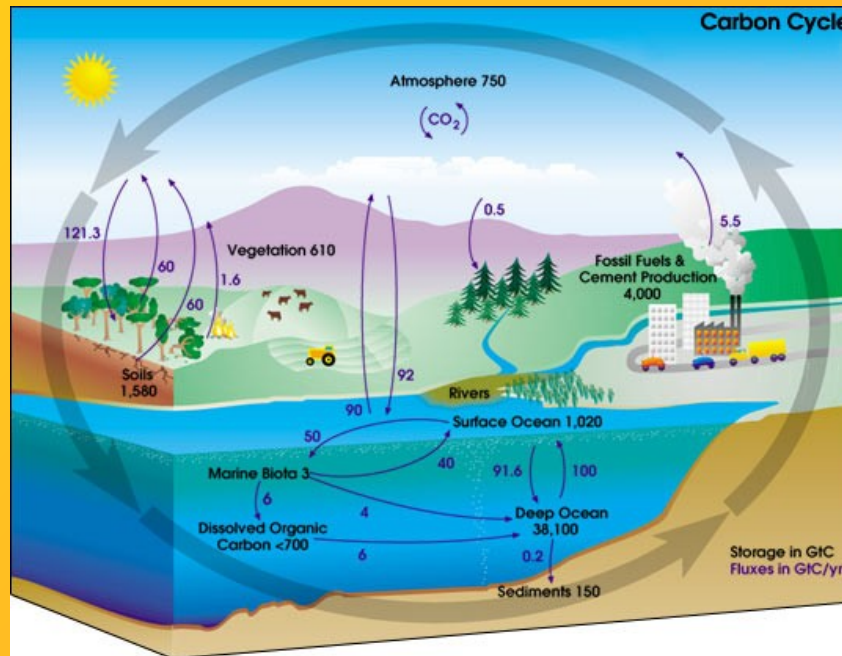
**Si:** -4, +4

# Obecné informace

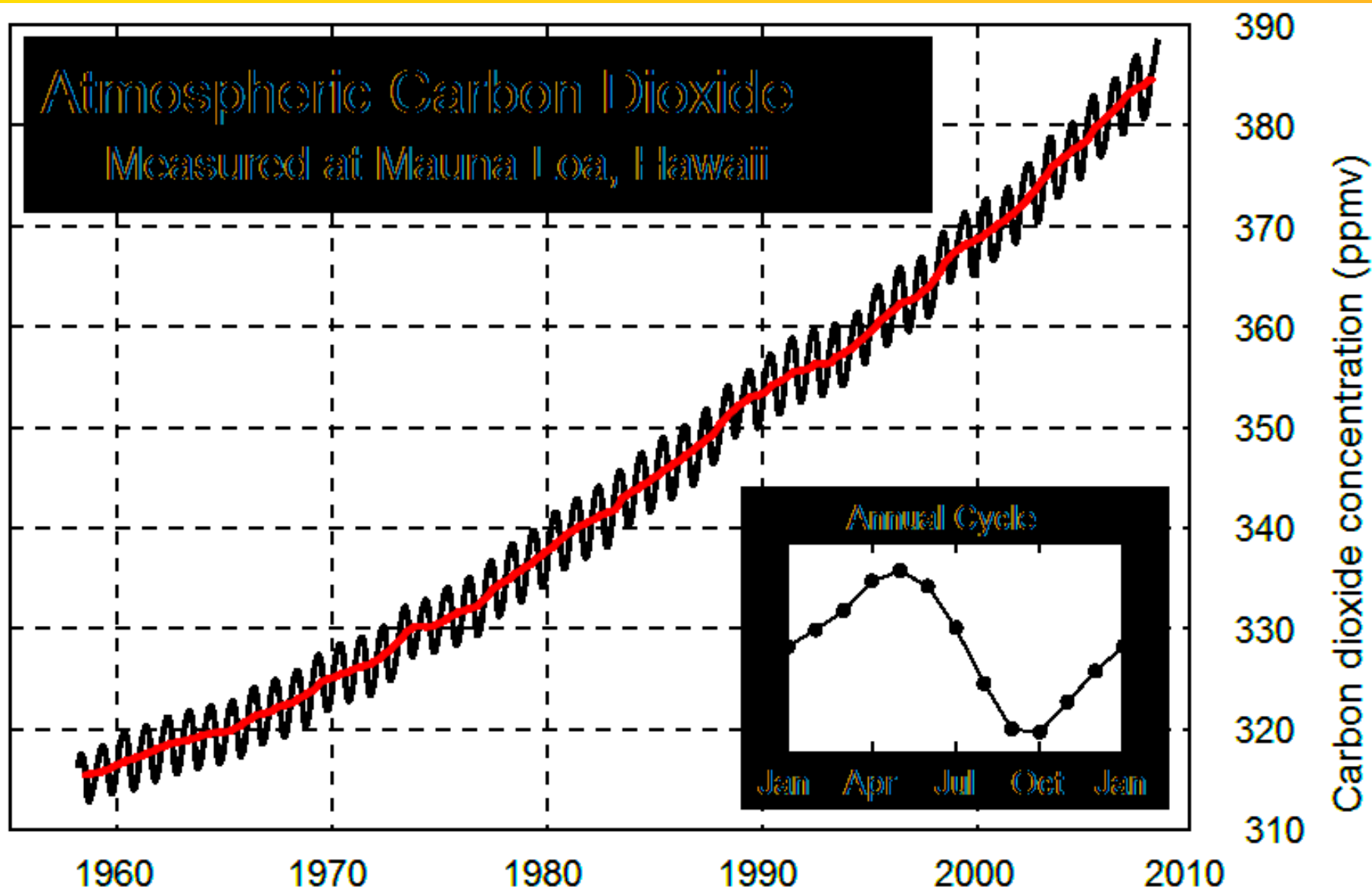
- 98,9 %  $^{12}\text{C}$  a 1,1 %  $^{13}\text{C}$ , stopy  $^{14}\text{C}$  ( $\beta$ -zářič)  
 $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$ ,  $T_{1/2} = 5715$  let (datování – radiouhlíková met., do 50 000 let)
- obsah  $\text{CO}_2$  v ovzduší 400 ppm (0,04 %)
- $^{28}\text{Si}$  (92 %),  $^{29}\text{Si}$  (5 %),  $^{30}\text{Si}$  (3 %)

**Přírodní zdroje:**  $\text{MgCO}_3$  – magnesit,  $\text{CaCO}_3$  – vápenec,

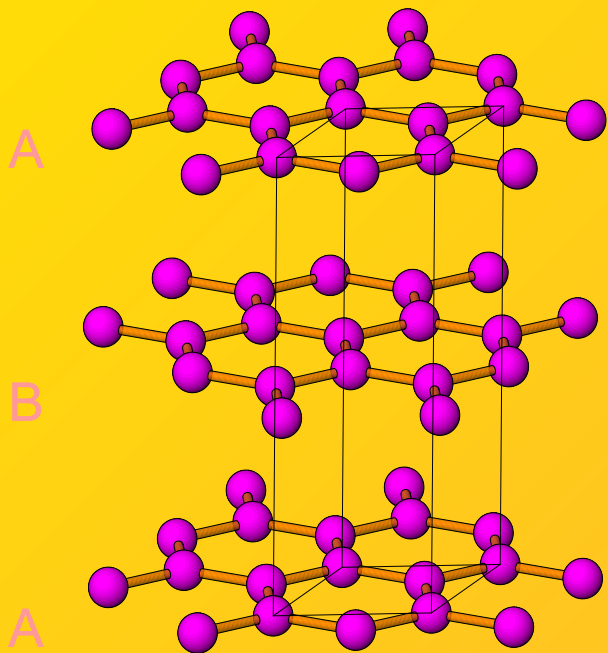
$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  – dolomit,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – trona



- několik krystalových modifikací
- neznámější **grafit** a **diamant**, v poslední době i **fullereny** a **grafen**



## grafit ( $\alpha$ - ABA a $\beta$ - ABC)



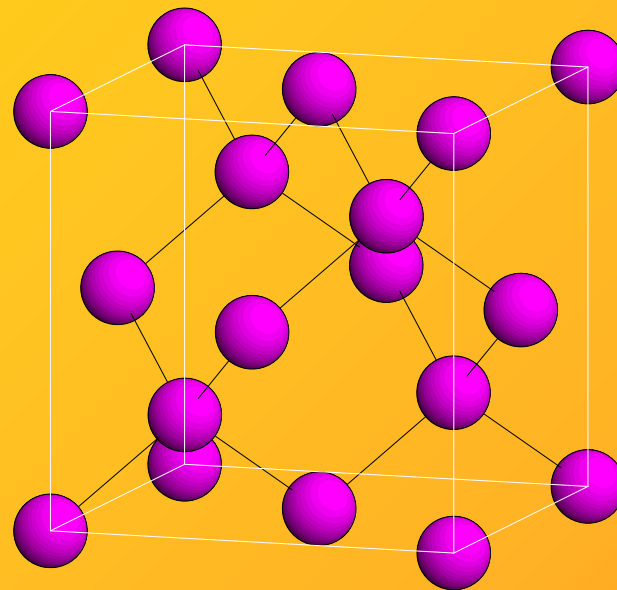
$$L(\text{C}-\text{C})_{\text{intra}} = 1,415 \text{ \AA}$$

$$L(\text{C}-\text{C})_{\text{inter}} = 3,354 \text{ \AA}$$



- dobrý **vodič tepla a elektřiny**
- anizotropie fyzikálních vlastností
- **reaktivnější, měkký (0,5-1)**

## diamant



$$L(\text{C}-\text{C}) = 1,545 \text{ \AA}$$

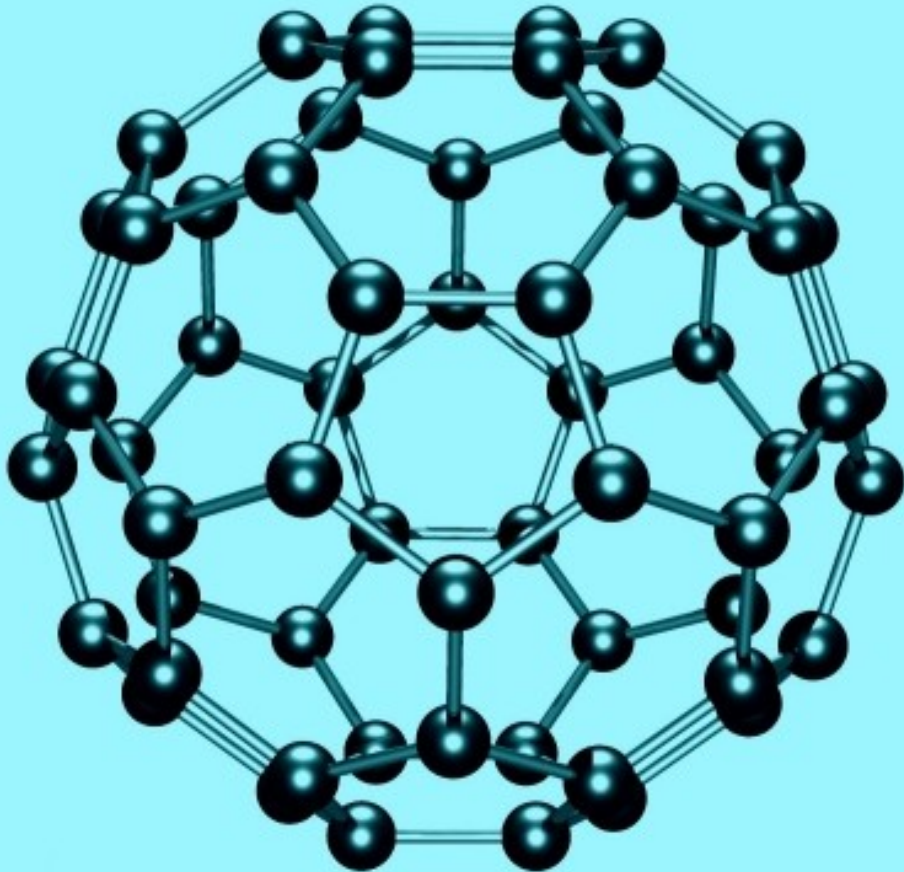
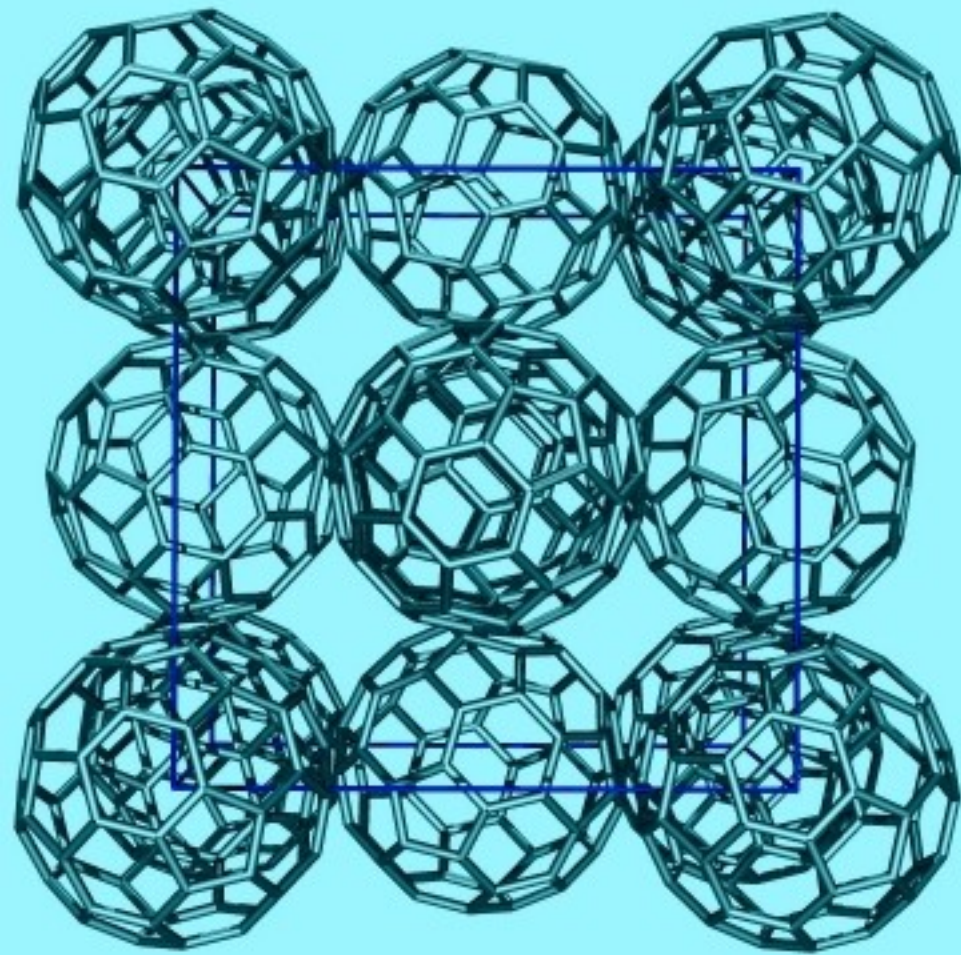
$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm} = 100 \text{ pm}$$

$$H^0 = -2,9 \text{ kJ}$$

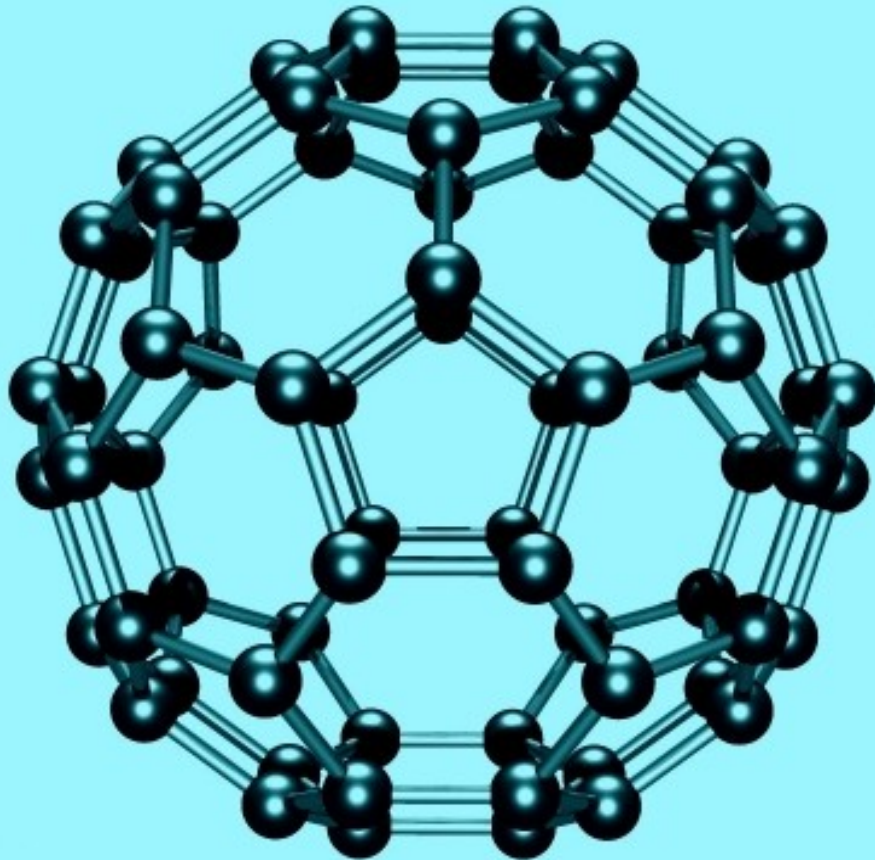
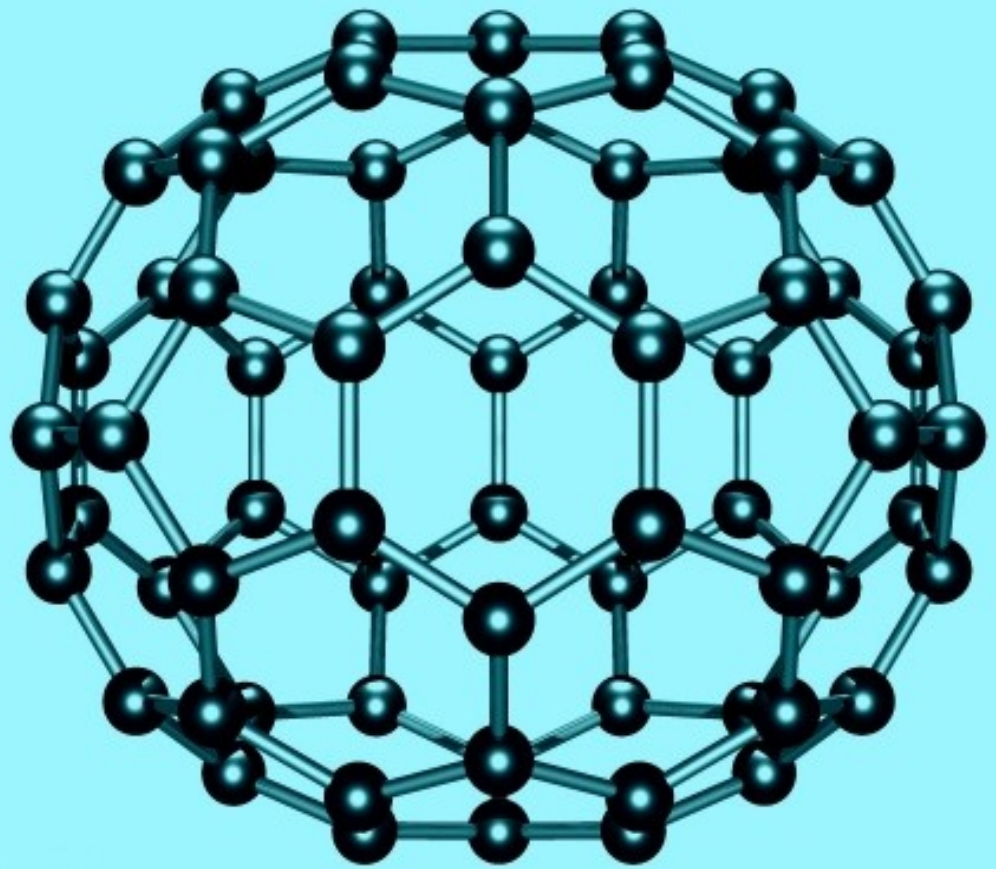
- elektrický izolant, výborný **vodič tepla**
- vysoký index lomu
- **tvrdý (Mohs 10)**



fulleren  $C_{60}$

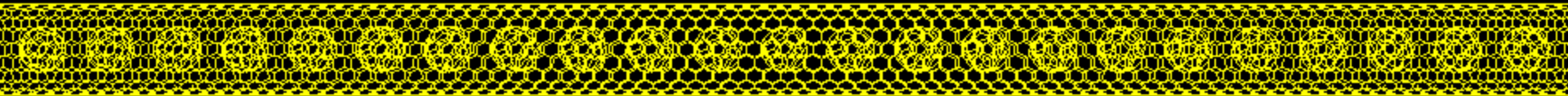
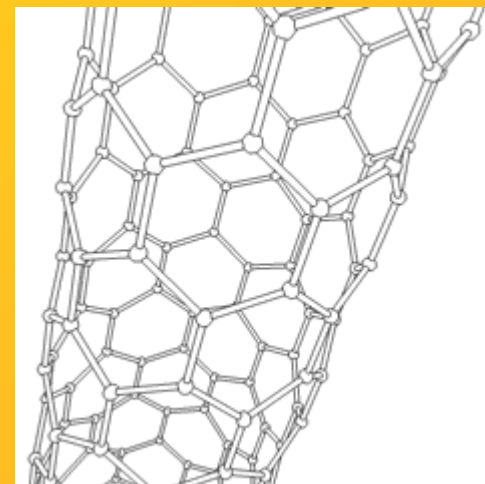
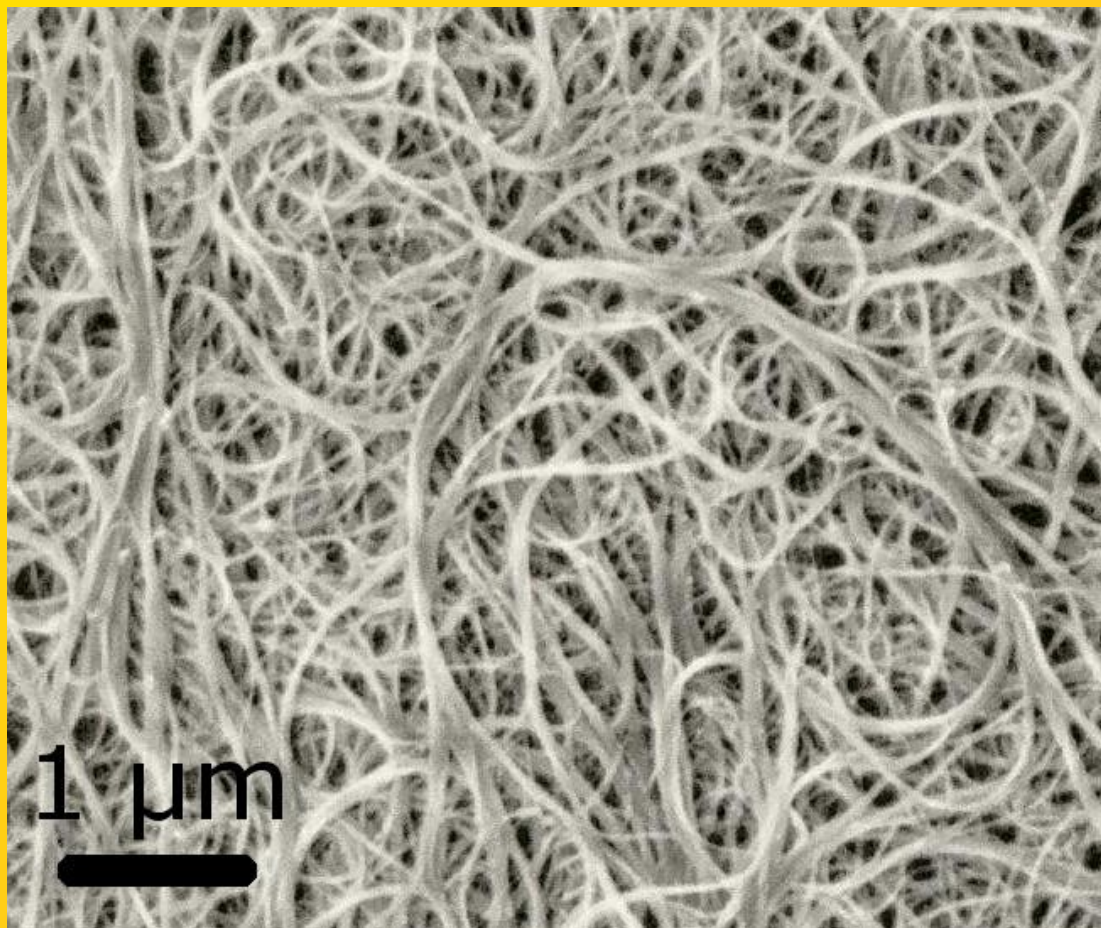


fulleren C<sub>70</sub>



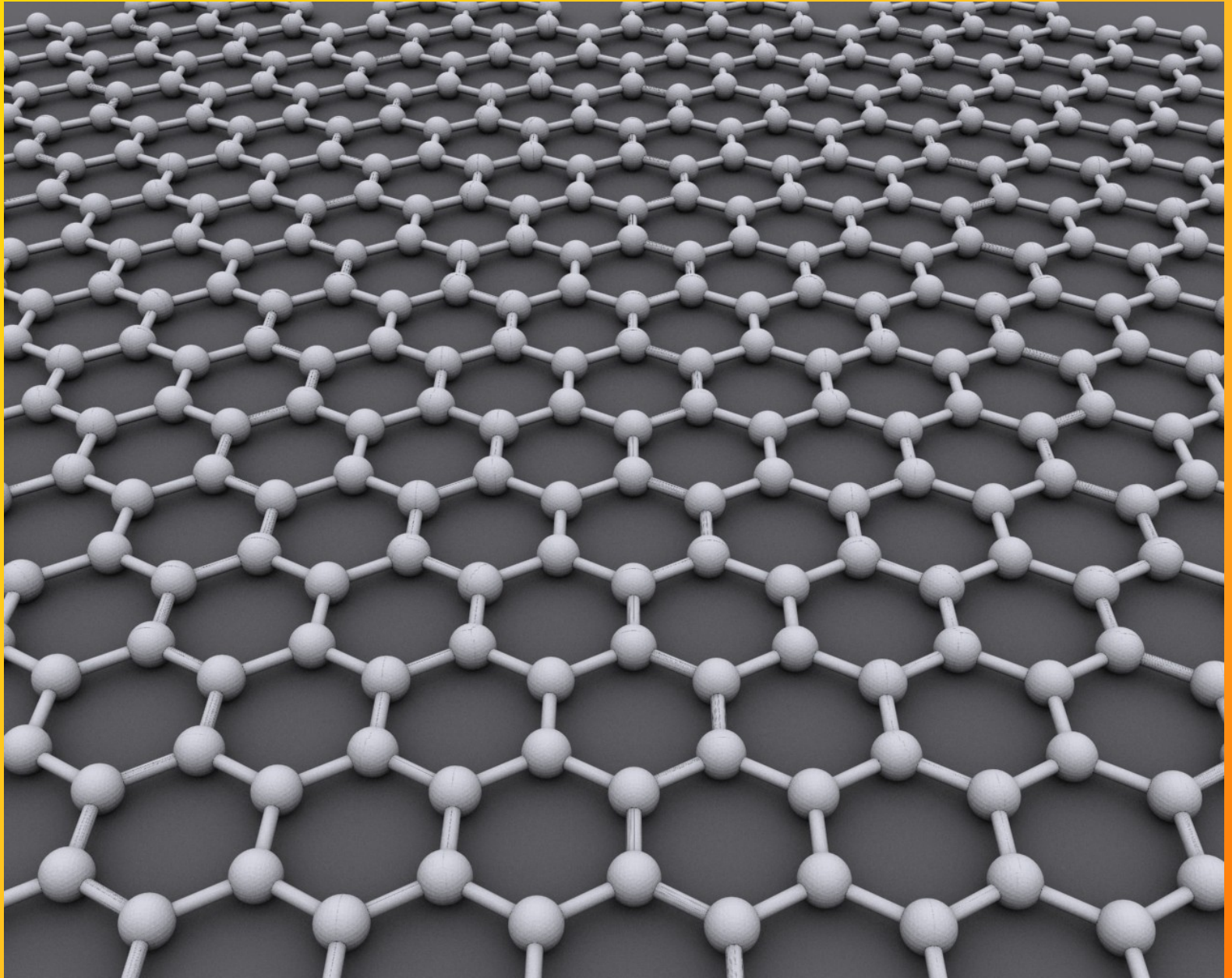


# fullerenové nanotrubičky

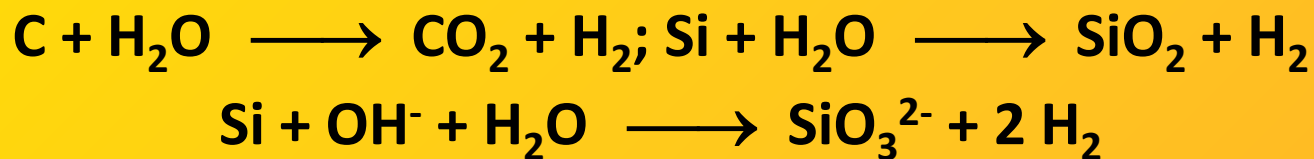




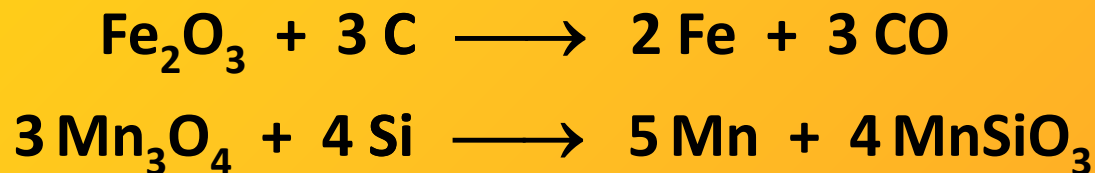
# Grafen



- **Si** – polokov, polovodič, **tvrdost 7**
- vcelku nereaktivní, s vodou reaguje až za žáru (jako C)



- **C** – nekov, redukční činidlo jako Si ale lepší



## Výroba a použití

- **uhlík** se vyrábí z přírodních zdrojů (surový – grafit i diamanty, uhlí, ropa, fullereny extrakcí ze sazí, grafen např. defoliací)
- **křemík** pak např. redukcí uhlíkem



- superčistý **Si** se připr. redukcí  $K_2[SiF_6]$  a následnou zonální tavbou
- využití má pak především v elektronice
- **grafit** se používá jako tuha, elektrody, mazadla, pigmenty, moderátor v JE, **diamanty** jako drahokamy a průmyslové jako brusivo, **fullereny** – hudba budoucnosti (transport léčiv, vlákna)



Si

- **Grafen** spec. elektrické vlastnosti



C



# Sloučeniny

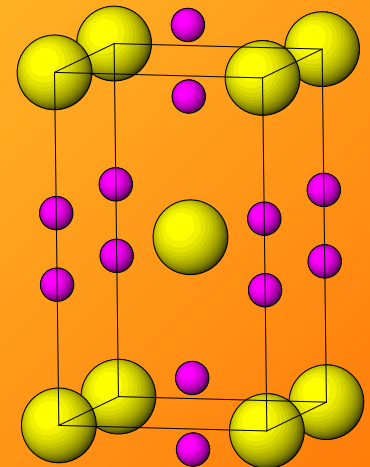
## C

### Sloučeniny grafitu

- **interkalátové sloučeniny** – vmezeření atomů (alkalické kovy) nebo molekul (halogenidy, např.  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{BCl}_3$ , a jiné sloučeniny) mezi vrstvy uhlíku
- zpravidla zvýšení vodivosti oproti grafitu
- **fluoridy grafitu** ( $\text{C}_x\text{F}_y$ )
- reakce s **oxidačními činidly** (např. horká konc.  $\text{HNO}_3$  – kyselina mellitová)

### Karbidy

- binární sloučeniny uhlíku s elektropozitivnějšími prvky
- acetylenová lampa aneb „**Kape ti na karbid?**“



**Iontové** – nejčastěji acetylidy (soli acetyleny)  $\left| \text{C} \equiv \text{C} \right|^{2-}$

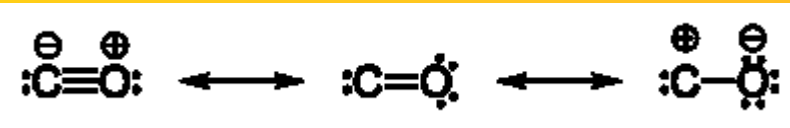


**Kovalentní** –  $\text{SiC}$ , struktura diamantu,  $\text{Be}_2\text{C}$ ,  $\text{Al}_4\text{C}_3$ ,  $\text{B}_4\text{C}$

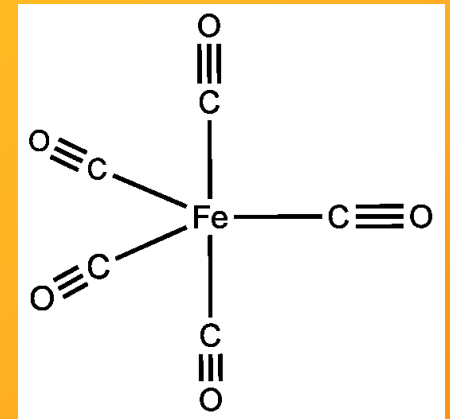
**Interstitialní karbidy** – často struktura kovu a C je v mezerách mezi atomy -  $\text{TiC}$ ,  $\text{MoC}$ ,  $\text{VC}$ ,  $\text{V}_3\text{C}$

## Oxidy a sulfidy

CO



nereaguje s  $\text{H}_2\text{O}$  není anhydridem  $\text{HCOOH}$





- nejstálější oxid C, rozpustný ve vodě, velmi slabé oxidační činidlo

$\text{CO}_2$  je anhydrid k. uhličitě ( $\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )



- uhličitany (kromě uhl. alk. kovů) se před bodem tání rozkládají
- ve vodě reagují alkalicky (hydrolýza uhličitánů)

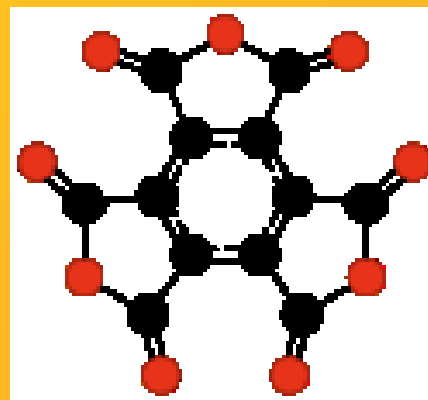


## Další oxidy

$C_3O_2$  – suboxid uhlíku („anhydrid“ kyseliny malonové – (HOOC – CH<sub>2</sub> – COOH))



$C_{12}O_9$  – anhydrid kyseliny mellitové



$CS_2$

- bezbarvá toxická aromatická kapalina, mísí se s org. rozpouštědly ale ne s vodou
- na vzduchu hoří na CO<sub>2</sub> a SO<sub>2</sub>



# Sloučeniny s halogeny



- bezbarvý, inertní a těžký plyn



- bezbarvá, těžká kapalina s vysokým indexem lomu



- dále existují i  $\text{CBr}_4$ ,  $\text{CI}_4$  a i směsné halogenderiváty  $\text{CH}_n\text{X}_{4-n}$  ( $\text{CHCl}_3$  – chloroform,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  – dichlormethan) také vyšší halogenované uhlovodíky př.  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$  (symetrický či nesymetrický dichlorethan)



- polymerací vzniká **teflon**



- nejedovaté, nereaktivní vysoká výparná tepla (chladící médium v ledničkách, hnací plyny), ničí ozon



- bezbarvý, dusivý, silně jedovatý plyn, vzniká reakcí CO a  $\text{Cl}_2$
- vodou se pomalu rozkládá (v tom spočívá jeho toxicita)
- používá se v organické syntéze





## Organické látky

- s vodíkem tvoří uhlík velké množství sloučenin – organická chemie



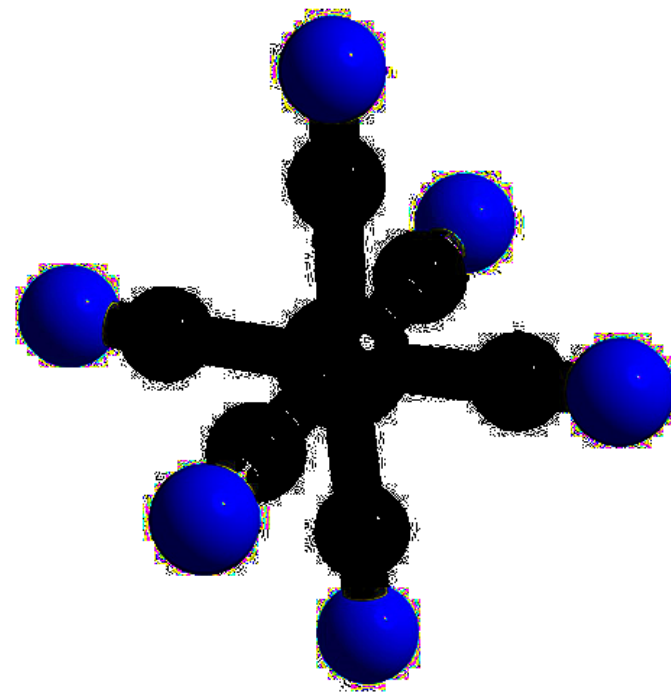
- první uměle připravená organická látka (1773)
- tvoří bezbarvé krystalky (existuje i  $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ )

### HCN

- bezbarvá kapalina (b. v. = 26 °C), silně jedovatá
- je výrazně cítit po hořkých mandlích
- ve vodném roztoku je to slabá kyselina, polymeruje



- používá se v organické syntéze vyrábí se z něj methylmetakrylát ( $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$ ), acetonitril ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ) a  $\text{NaCN}$
- alkalické kyanidy jsou rozpustné, jiné ne ( $\text{Hg}(\text{CN})_2$  – výjimka)
- v nadbytku  $\text{CN}^-$  ale často vznikají rozpustné komplexy
- $\text{CN}^-$  důležitý ligand, váže se **vždy přes C**
- $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  a  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$



## $(\text{CN})_2$

- bezbarvý toxický plyn, termicky stabilní
- v kyslíku hoří plamenem o teplotě **4550 C** (2. nejteplejší po dikyanoacetylenu  $\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$  4990 C)
- využívá se v organické syntéze (a např. jako stabilizátor nitrocelulosy)



**HOCN**

kyanatá

**HNCO**

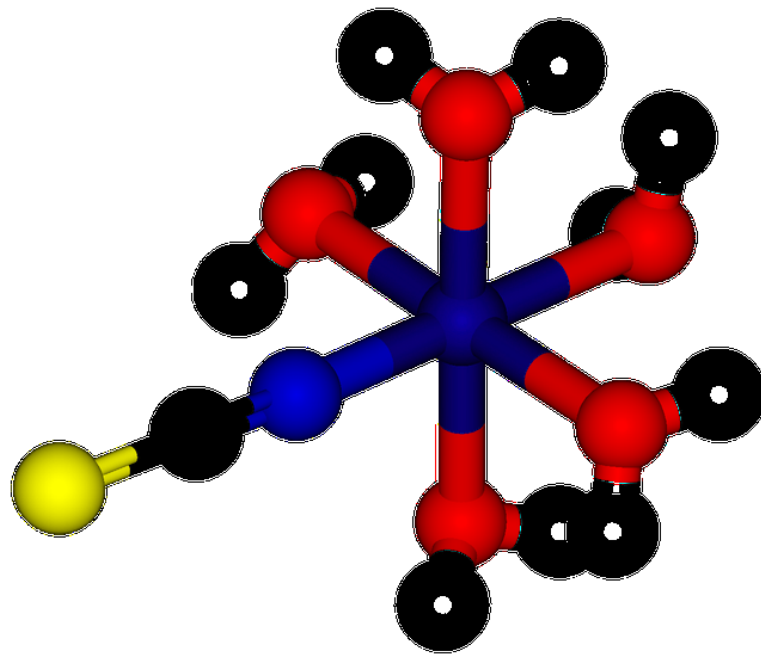
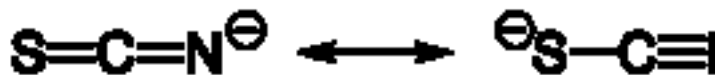
izokyanatá

**HCNO**

fulminová

- fulmináty především s d prvky jsou nestálé a explozivní

**SCN<sup>-</sup>**



Důkaz  $\text{Fe}^{3+}$  reakcí s  $\text{SCN}^-$ : anion pentaqua-(thiokyanato-N)železitanový



# Sloučeniny

## Si

### Silicidy

- podobají se spíše boridům, než karbidům
- stechiometrie  $M_6Si$  až  $MSi_6$
- vznikají buď přímou reakcí prvků, či reakcí kovu s  $SiO_2$

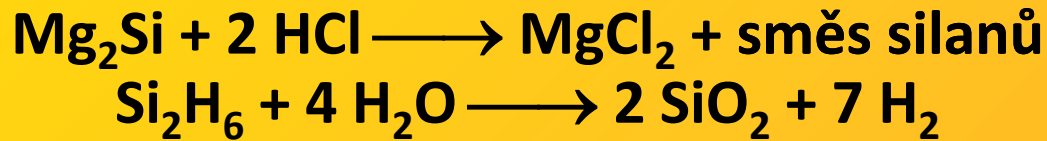
### SiC

- karborundum, brusný materiál, tvrdost 9,5
- vyrábí se reakcí  $C$  s  $SiO_2$

### Silany

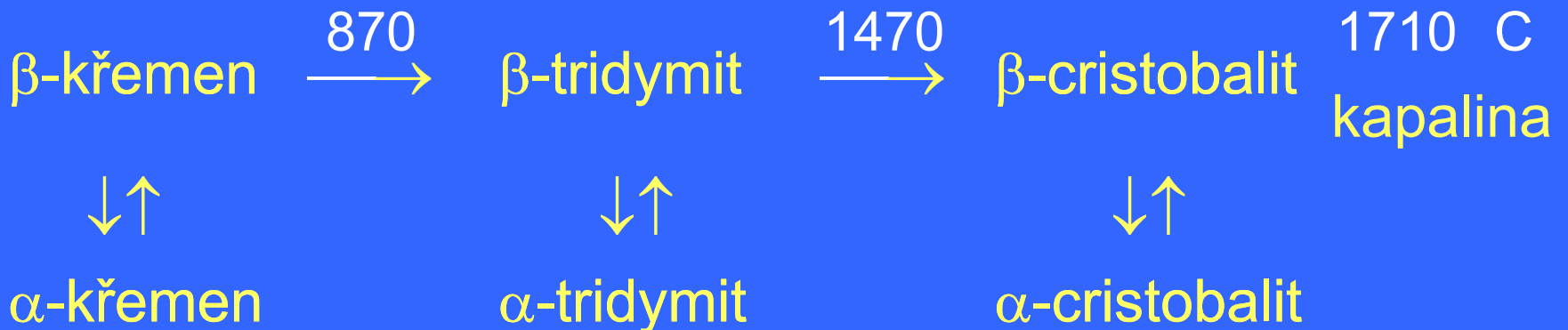


- termicky méně stabilní než alkany, reaktivnější
- vodou se snadno hydrolyzují

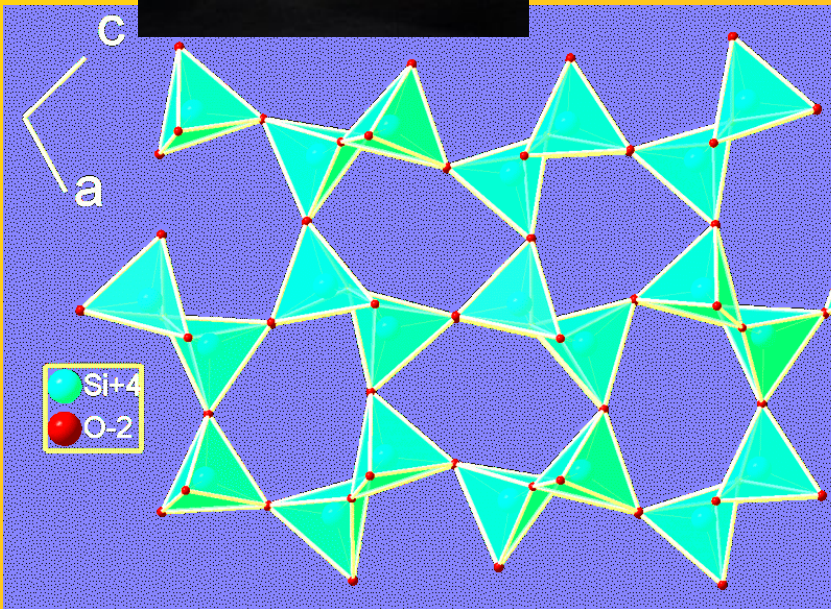


## SiO<sub>2</sub>

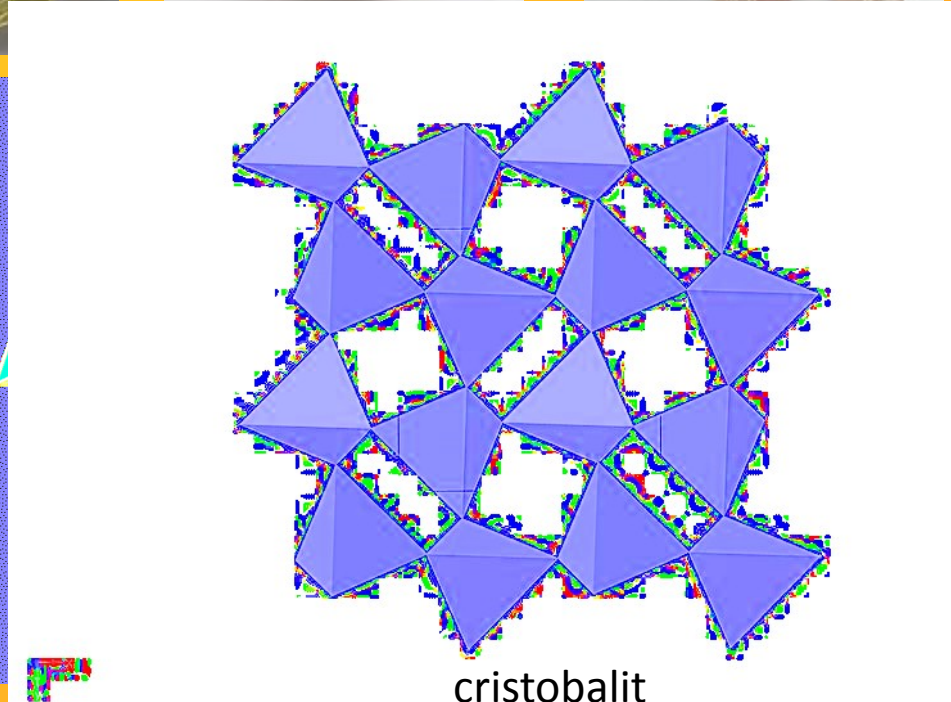
- pevná, těžkotavitelná látka
- jednotlivé modifikace se liší způsobem spojení tetraedrů SiO<sub>4</sub>
- nejznámější krystalové modifikace: **křemen, tridymit, cristobalit**



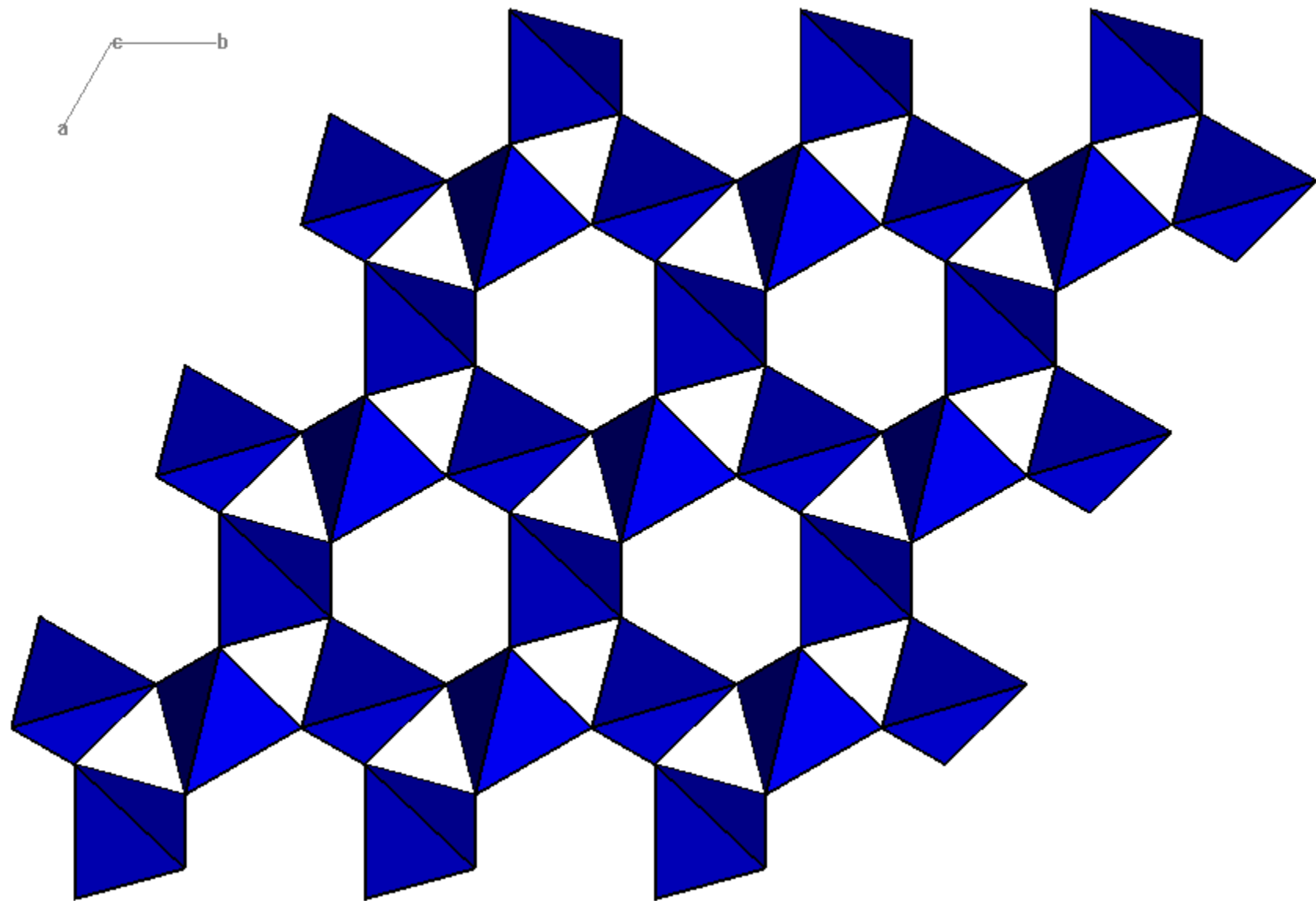
- křemen je opticky aktivní, piezoelektrický materiál
- tavením a následným ztuhnutím vzniká vysoce odolné sklo (malá teplotní roztažnost a chemická netečnost)
- v přírodě se nachází čirý jako křišťál, či různě zbarvený (záhněda, ametyst, citrín), částečně hydratovaný (opál, chalcedon, achát...)



tridymit



cristobalit



křemen



## SiS<sub>2</sub>

- vodou se rozkládá na **SiO<sub>2</sub>** a sulfan
- vzniká přímou reakcí prvků
- *struktura*: hranou spojené tetraedry **SiS<sub>4</sub>**

## Halogenidy

- formálně deriváty silanů (buď se silany zcela halogenují či jen částečně)

## SiF<sub>4</sub>

- vyrábí se s **SiO<sub>2</sub>** fluorací **HF** v přítomnosti **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** – odstraňuje vznikající vodu
- s vodou pak dává k. hexafluorokřemičitou



- s hydroxidy vznikají soli této kyseliny
- zahříváním vzniká **SiF<sub>4</sub>** a **MF**

## SiCl<sub>4</sub>



využívá se pro přípravu polovodičově čistého Si

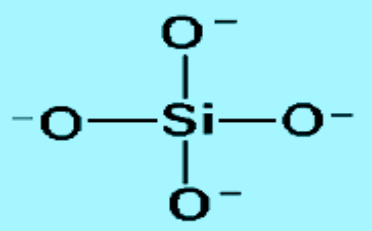
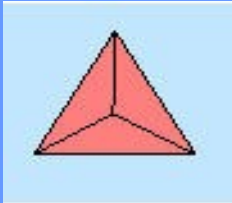

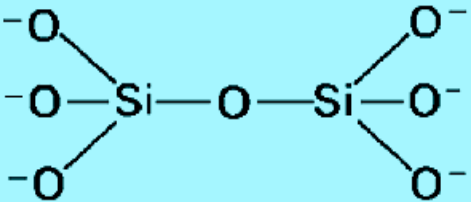
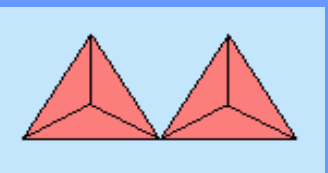

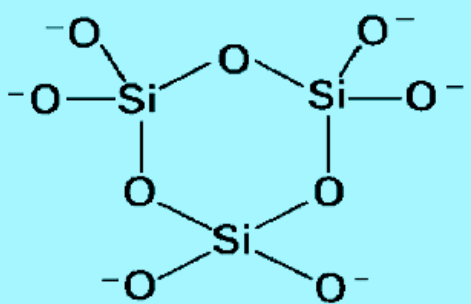
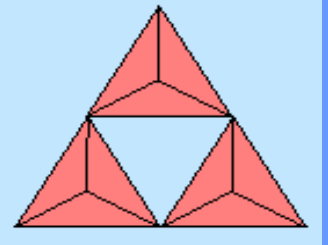
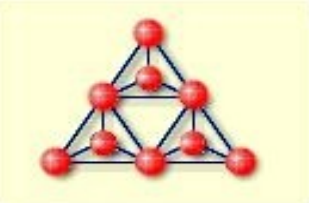
## H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>

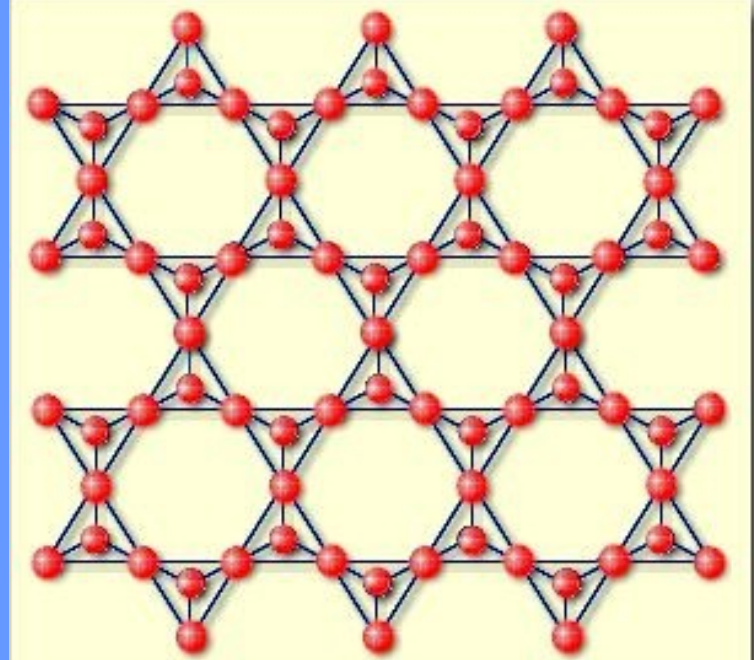
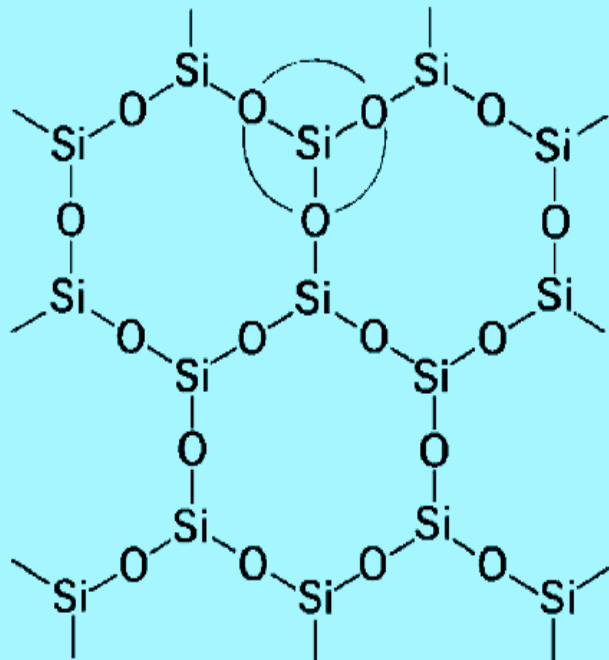
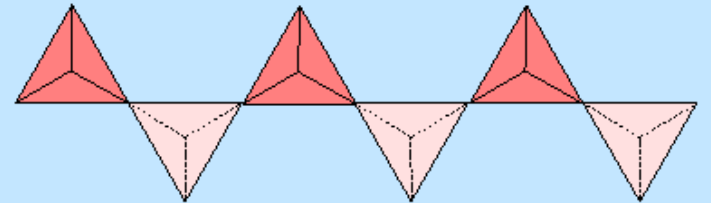
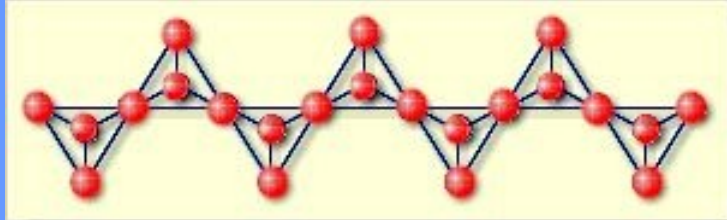
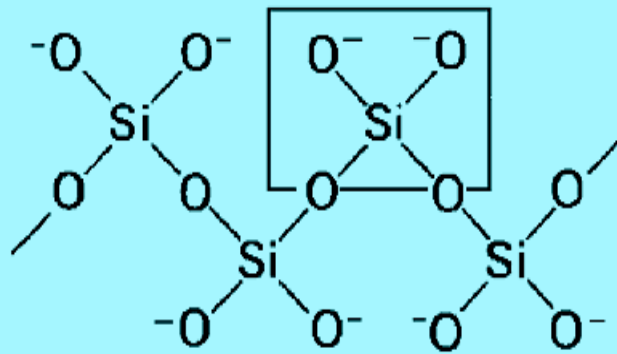
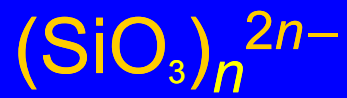
- vzniká hydrolýzou halogenidů či okyselením křemičitanů
- v roztoku rychle polymeruje – hydrogel, vysušením – aerogel  
(**silikagel**)

# Křemičitany

- **rozmanité struktury** – řetězovité, vrstevnaté, ostrůvkovité...

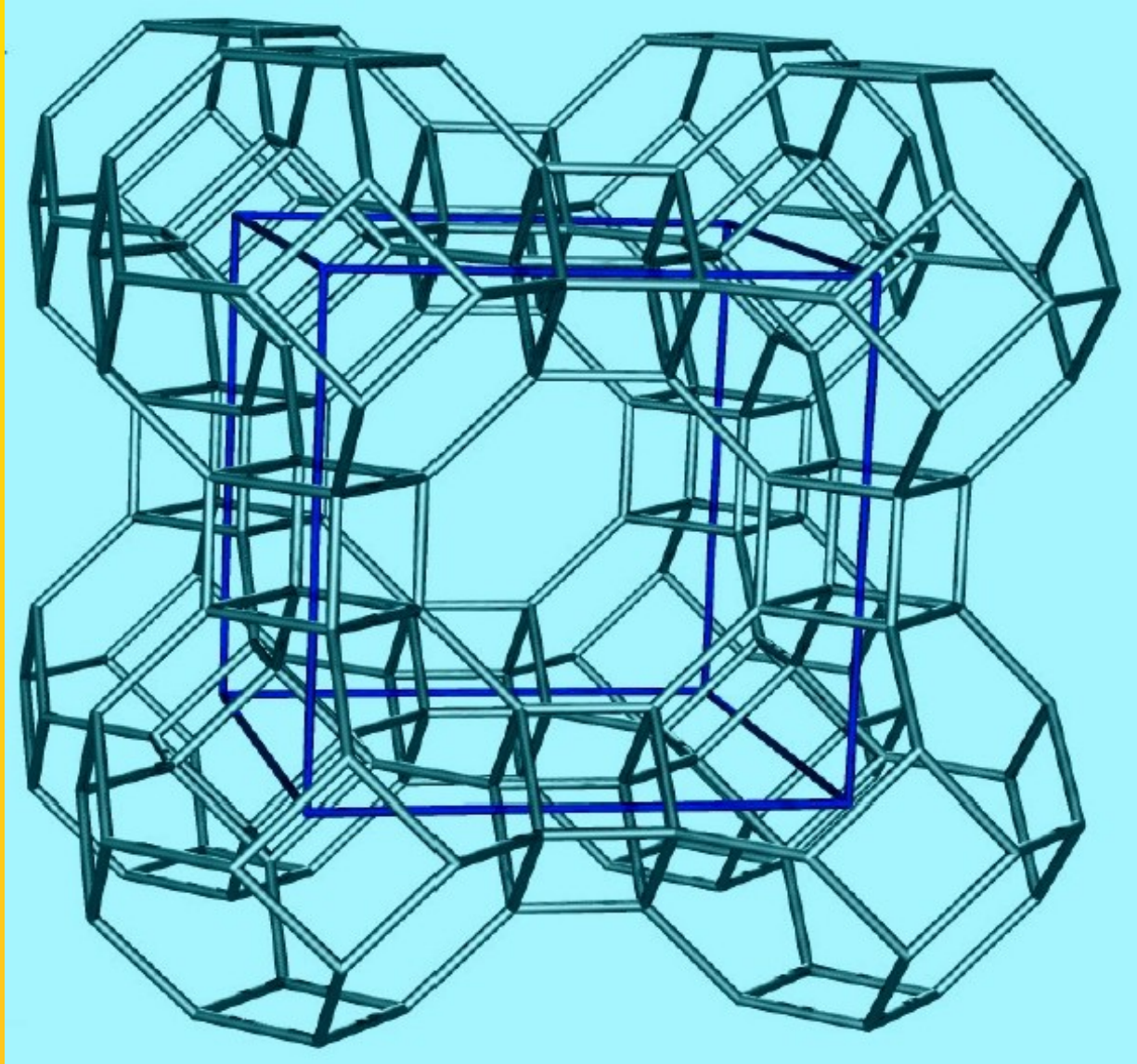
- jsou přítomny v přírodě (nerozpustné)
- připravit se dají například tavením **SiO<sub>2</sub>** s **alkalickým hydroxidem** (rozpustné – vodní sklo)
- tavením **SiO<sub>2</sub>** s **uhličitany alkalických kovů** a **kovů alkalických zemin** vzniká běžné sklo

$\text{SiO}_4^{4-}$			
$\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$			
$\text{Si}_3\text{O}_9^{6-}$ či dimer $\text{Si}_6\text{O}_{18}^{12-}$			



# Hlinitokřemičitany - část Si je nahrazena Al

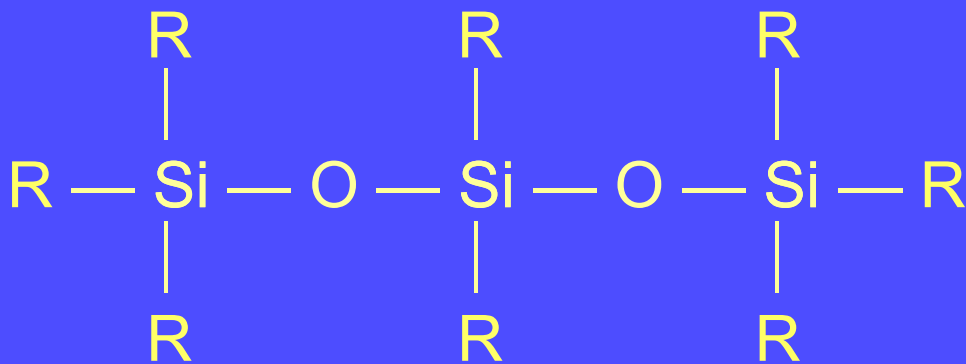
- živce, zeolity, ultramaríny





# Organokřemičité sloučeniny

- nejznámější jsou **siloxany**
- pokud nahradíme můstkové O v siloxanech za NH dostaneme **silazany**
- připravují se reakcí  $\text{R}_2\text{SiCl}_2$  (lineární),  $\text{RSiCl}_3$  (větvení) a  $\text{R}_3\text{SiCl}$  (terminace) s vodou



- existuje velké množství sloučeniny typu  **$\text{Si}(\text{alkyl či aryl})_4$**  které jsou poměrně vysoce stabilní a nereaktivní

# Toxicita

## C

- grafitový nebo uhelný prach může při vdechování způsobit pneumokoniosu - dechové problémy, doprovázené bolestmi hlavy a kašlem
- nemoc z povolání horníků v uhelných dolech

## CO

- vzniká nedokonalým spalováním (výfukové plyny, cigarety, špatné topidla)
- na hemoglobin se váže 220x silněji než  $O_2$
- otrava se projeví pokud množství karboxyhemoglobinu v krvi překročí 10%
- otrava se projeví zejména na srdci a na mozku
- lehčí otravy se projevují bolestmi hlavy, bušením krve v hlavě, tlakem na prsou, závratěmi

- dostavuje se celková nevolnost, zvracení
- často se dostavuje jistý druh opilosti, v tomto stavu se může zvyšovat agresivita a postižený se může dopustit trestného činu
- barva kůže se mění na třešňově červenou, což je způsobeno přítomností krve s karboxyhemoglobinem v kapilárách
- pokud je dotyčný přenesen na čerstvý vzduch, dojde k rychlému zotavení

## CO<sub>2</sub>

- toxické účinky oxidu uhličitého se objevují již při obsahu 2% ve vzduchu, při obsahu nad 5% tělo nestačí oxid uhličitý ventilovat ven a dochází tedy k jeho hromadění v těle
- tlumí centrální nervovou soustavu a dýchací centrum, objevují se bolesti hlavy
- při vdechování vzduchu o koncentracích větších než 20 % nastává smrt zástavou dechu v průběhu několika sekund (Psí jeskyně, burčák)

## COCl<sub>2</sub>

- kašel, bolesti břicha, pocit žízně, modrání koncových částí těla (cyanosa), vědomí však zůstává neporušené
- vážnější otravy vedou k edému plic a k smrti

## CS<sub>2</sub>

- působí narkoticky a poškozuje nervovou soustavu
- poškozuje paměť a vyvolává známky schizofrenie, melancholie a parkinsonismu
- oslabuje sexuální potenci, vyvolává chudokrevnost a poruchy srdečního svalu

## HCN

- toxický je i CN<sup>-</sup> - uvolňování ze sloučenin (z komplexních méně)

- po průniku do buňky velmi rychle reaguje s trojmocným železem cytochromoxidasy dýchacího řetězce v mitochondriích
- je tak zablokován přenos elektronu na molekulární kyslík, který tak nemůže být využit pro oxidační pochody
- vzhledem k tomu, že tkáně nemohou zpracovávat kyslík, obsahuje i žilní krev mnoho oxyhemoglobinu a je tudíž světle červená
- po inhalaci par HCN nastává smrt za několik sekund
- $LD_{50}(\text{HCN}) = 50 \text{ mg}$ ;  $LD_{50}(\text{NaCN}) = 200 \text{ mg}$
- příznaky při otravě kyanidy jsou únava, bolesti hlavy, hučení v uších a nevolnost, barva kůže je růžová
- smrt nastává jako důsledek nedostatku kyslíku v životně důležitých centrech v prodloužené míše
- jako protijed se podává – amylnitrit (vazodilatátor) a thiosíran sodný (přeměna kyanidů na thiokyanáty), případně je nutno dodat **dostatečné množství železitých iontů**, aby se zrušila vazba kyanidů na cytochromoxidasu, či jiné způsoby oxidace  $\text{Fe}^{2+}$  na  $\text{Fe}^{3+}$  přímo v těle



# Si

## SiO<sub>2</sub>

- vytrvalé vdechování prachu oxidu křemičitého, případně křemičitanů, vede k onemocnění plic, zvanému silikosa
- jde o vazivovou přestavbu plic, jejíž důsledkem je méně efektivní dýchání
- jde o chorobu z povolání u horníků v dolech a kamenolomech, dělníků v sklářství, stavebnictví atp.

## Azbest

- vláknitými křemičitany, především vápenatými
- vdechování jeho drobných vláken vede k onemocnění plic, zvanému azbestosa (horší než silikosa)
- může vyvolávat nádory na plicích, ale též rakovinu jiných orgánů
- používání azbestu se proto dnes omezuje.