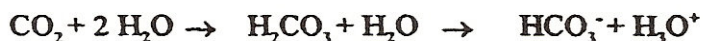


## Výskyt uhlíku v přírodě

Uhlík se vyskytuje v přírodě v elementárním stavu zejména jako diamant a grafit. Vázaný uhlík je zastoupen v anorganické formě v podobě zejména uhličitánů (vápenec  $\text{CaCO}_3$ , magnezit  $\text{MgCO}_3$  a dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) a oxidu uhličitého. V organických sloučeninách je uhlík bohatě zastoupen a mezi nejrozšířenější patří např. fytohmota a uhlí, které je stále významným zdrojem energie. Dalšími látkami s vysokým obsahem uhlíku je ropa a zemní plyn. Uhlík je součástí biogeochemického cyklu, který zahrnuje mimo jiné fotosyntézu. Rovnovážný stav mezi mineralizací a fotosyntézou zajišťuje téměř stabilní koncentraci  $\text{CO}_2$  v atmosféře (0,02–0,04 % obj.). Na Zemi také existuje dynamická rovnováha mezi nerozpuštěným  $\text{CaCO}_3$  v oceánech, rozpuštěným  $\text{CO}_2$  v mořských vodách a atmosférickým  $\text{CO}_2$ :



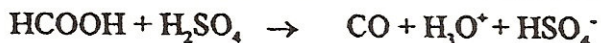
## Sloučeniny uhlíku

Jsou velmi rozmanité. Uhlík může vázat prvky buď elektronegativní nebo elektropozitivní, případně elektronegativní a elektropozitivní současně, např.  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CHCl}_3$ . Atomy uhlíku se mohou na sebe vzájemně vázat za vzniku stabilních vazeb, dále tvoří také dlouhé řetězce, které mohou být rozvětvené nebo cyklické. Podstatnou většinou těchto sloučenin se zabývá organická chemie. Předmětem anorganické chemie jsou nejjednodušší sloučeniny uhlíku, např. oxidy, kyselina uhličitá a od ní odvozené soli, kyanovodík, kyselina thiokyanátá, karbidy, halogenidy a sulfidy.

*Oxid uhelnatý* CO je bezbarvý plyn, bez chuti a bez zápachu. Je lehčí než vzduch, hoří modrým plamenem. Reakce je silně exotermická:



Oxid uhelnatý je prudce jedovatý, ve vodě málo rozpustný a je těžko zkapalnitelný. Vazba C-O je velmi pevná, molekula má malý dipólový moment. Větší elektronegativita kyslíku je eliminována vznikem parciálního náboje při vytvoření dativní vazby. Oxid uhelnatý se připravuje působením koncentrované kyseliny sírové na kyselinu mravenčí:



Oxid uhelnatý je součástí plyných paliv (svítiplyn, vodní plyn, generátorový plyn). Do ovzduší se uvolňuje nedokonalým spalováním. Je nežádoucí složkou výfukových a kouřových plynů. CO tvoří s rozptýlenými těžkými kovy komplexy, karbonyly, např. se železem poskytuje pentakarbonyl železa  $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$ .

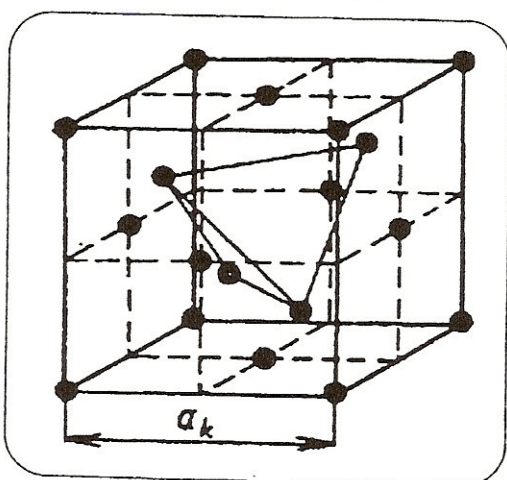
*Oxid uhličitý*  $\text{CO}_2$  je bezbarvý, nehořlavý plyn, slabě nakyslého zápachu, je těžší než vzduch ( $\rho = 1,9768 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  při  $0^\circ\text{C}$ ). Hromadí se ve spodních částech uzavřených prostorů (např. kvasné sklepy, hluboké studny, stáje). Oxid uhličitý není toxický, je nedýchatelný. Snadno se rozpouští ve vodě (1 objem vody rozpustí 171 objemů  $\text{CO}_2$  při  $0^\circ\text{C}$  a 101 kPa). Lehce se zkapalní na bezbarvou kapalinu. Jeho kritická teplota je  $31^\circ\text{C}$  a kritický tlak 7,15 MPa. Tuhý  $\text{CO}_2$  (suchý led) je bílá látka, která za normálního tlaku sublimuje (netaje).

# Uhlík (Carboneum) C

## Vlastnosti

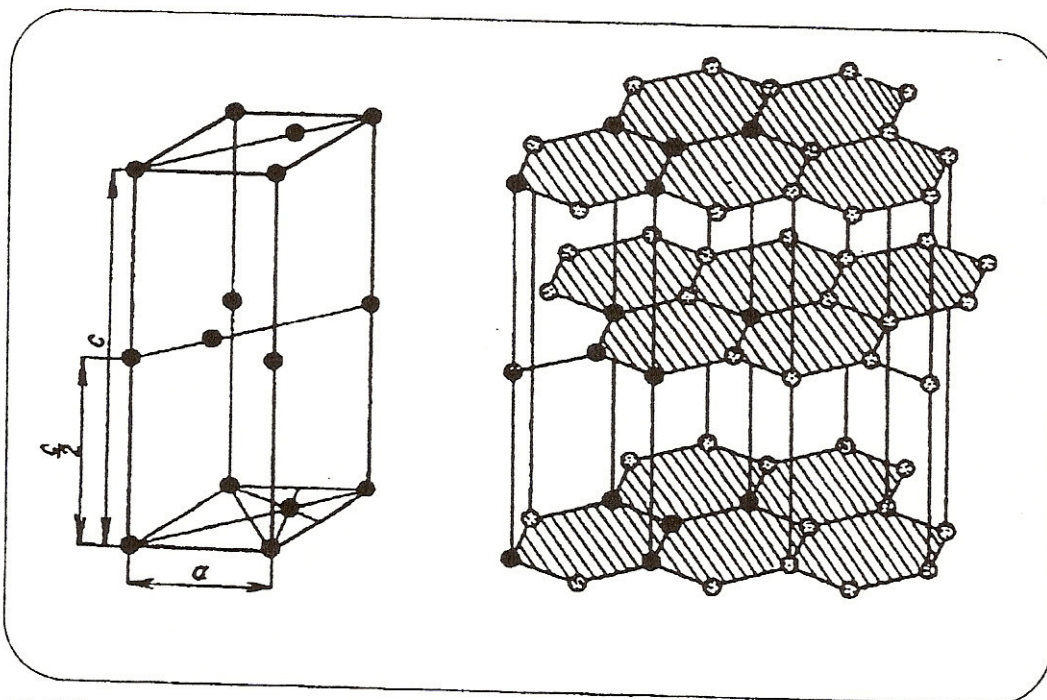
Čistý uhlík známe ve dvou základních alotropických modifikacích, jako diamant a tuhu (grafit). Diamant je neobyčejně tvrdý (používá se k opracování ocelových předmětů a k řezání skla), tvoří bezbarvé nebo slabě zabarvené krystaly s krychlovou soustavou. V krystalové mřížce jsou jednotlivé atomy spojeny kovalentní vazbou. Centrální atom je obklopen čtyřmi dalšími atomy uhlíku, které směřují do vrcholů pravidelného tetraedru (obr.11.5). Diamant nevede elektrický proud, neboť všechny elektrony jsou pevně vázány vazbou C-C. Po stránce chemické je velmi odolný, nereaguje ani s kyselinami (pokud nemají silné oxidační vlastnosti) ani se zásadami. Při vysokých teplotách (800°C) a v atmosféře kyslíku shoří na  $\text{CO}_2$ . Silným zahříváním (1800-2000°C) za nepřístupu vzduchu se diamant mění na grafit.

Grafit krystaluje v šesterečné soustavě, má menší tvrdost, slabý kovový lesk, snadno se otírá a na omak je mastný. Dobře vede elektrický proud. Uvedené vlastnosti jsou důsledkem vrstevnaté mřížky (obr.11.6). Ve vrstvách jsou atomy uspořádány v pravidelných šestiúhelnících se systémem delokalizovaných  $\pi$ -orbitalů.



Obrázek 11.5: Mřížka diamantu ( $a_k=0,356 \text{ nm}$ )

Diamant a tuha jsou krystalické formy. Černý uhlík je podstatou látek, které vznikají nedokonalým spalováním (saze) nebo rozkladem organických sloučenin při vyšší teplotě (koks, dřevěné uhlí). Vlastnosti těchto látek jsou do jisté míry ovlivněny výchozí surovinou a způsobem přeměny. I když se hovoří o amorfním uhlíku, ve skutečnosti jde o mikroskopické formy grafitu. Některé formy uhlíku se značně rozptýlenou strukturou se vyznačují velkou adsorpční schopností (aktivní uhlí). Černý uhlík za zvýšené



Obrázek 11.6 : Mřížka grafitu ( $a = 0,246 \text{ nm}$ ,  $c = 0,669 \text{ nm}$ )

teploty snadno reaguje s kyslíkem za uvolnění energie. Reakce je silně exotermická:

