

Bor

- Výskyt – **borax** (tinkal) $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, **kernit** $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, **sassolin** H_3BO_3 , **colemanit** $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3$, **boracit** $6\text{MgO} \cdot 8\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgCl}_2$

- Výroba:

- zahřátím kyseliny borité (za odpaření vody) vznikne oxid boritý, který se hořčíkem redukuje na bor



- Rozklad na rozžhaveném W-vlákně



- Vytěsnění z chloridu boritého zinkem (redukce)



- Vlastnosti:

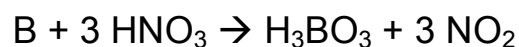
- Chemie se **podobá** chemii **Si** – diagonální podobnost
- B je nekov až polokov (v závislosti na struktuře)
- Teplota tání boru je 2180 °C
- Je velmi **tvrdý** – v Mohsově stupnici má č. 9–10
- Atom boru má k dispozici 4 vazebné orbitály, ale je 3 valenční elektrony → B je typicky **trojvazný**, snadno přijímá do volného p-orbitalu další elektronový pár, pak je **čtyřvazný**
- Chemie boru je určena malým rozměrem jeho atomu a vysokými hodnotami ionizační energie i elektronegativity
- Typická je tvorba **vícestředových elektronově deficitních vazeb** (viz borany)
- Existence těchto vazeb vede k **polovodivosti boru**
- Elementární bor krystaluje v útvaru **ikosaedru** (dvanácti stěn) B_{12}

- Reaktivita:

- Krystalický bor je chemicky velmi málo reaktivní
- V amorfním práškovém stavu se jeho reaktivita zvyšuje

- Za zvýšené teploty reaguje pak např. s kyslíkem, dusíkem, halogeny i sírou za vzniku **B₂O₃**, **BN**, **BX₃** a **B₂S₃**

- Vroucí kyselina dusičná a roztavené louhy bor oxidují

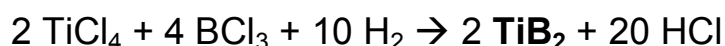
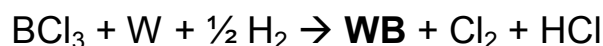
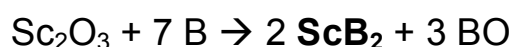
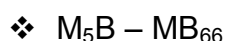


○ Použití elementárního boru:

- Příklad do některých slitin (**moderátory v jaderné energetice**)
- Vlákenná forma boru s wolframovým jádrem se používá v **kosmické technice**
- Výroba technicky důležitých sloučenin, např. **nitridy boru** jsou velmi tvrdé a mají význam při **povrchové úpravě kovů**

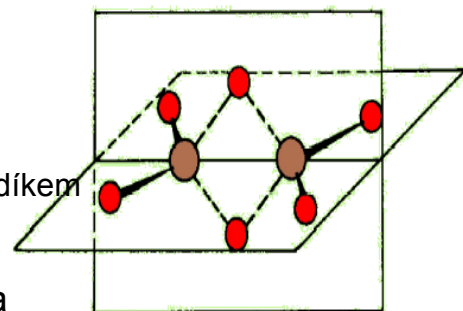
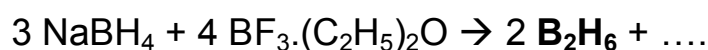
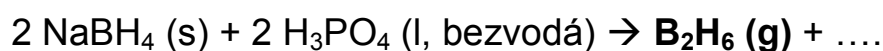
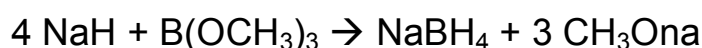
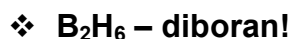
○ Sloučeniny:

- **Boridy** – binární, často i nestechiometrické sloučeniny boru s kovy, je jich známo víc jak 200, **velmi tvrdé materiály**

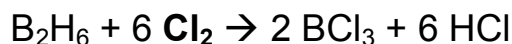
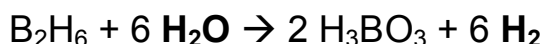
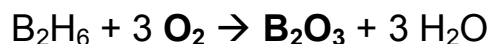


- ❖ Využití – **brusné materiály**, extrémně namáhané materiály pro výrobu **lopatek turbín, raketových trysek apod.**
- ❖ Struktura – kubo-oktaedr, vlákna atd.

- **Borany** – velmi rozsáhlá skupina sloučeniny boru s vodíkem



- Vazba B-H-B – **třístředová delokalizovaná elektronově deficitní vazba** (tři atomy jsou vázány nikoli čtyřmi, ale jen dvě elektrony)
- Reakce diboranu:

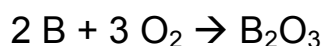


❖ Ostatní borany – vedle vazeb B-H-B se v nich vyskytují i podobné vazby B-B-B

- $\text{B}_n\text{H}_n^{2-}$ (n = 6 až 12)
- B_nH_{n+2} – **closo-borany** (closo = klec)
- B_nH_{n+4} – **nido-borany** (nidus = hnízdo)
- B_nH_{n+6} – **arachno-borany** (arachne = pavučina)
- B_nH_{n+8} – **hyfo-borany** (hyphe = síť)
- **Conjuncto-borany** – vznikají spojením předchozích typů

▪ **Karborany** – atomy boru jsou nahrazeny atomem **uhlíku** → jde o anionty

▪ **Oxidy** – B_2O_3



- ❖ **Polymer**, který také vzniká opatrnou dehydratací H_3BO_3 (reakce je vratná)
- ❖ **Amorfni**, obtížně krystalující látka
- ❖ Sestává se z planárních nepravidelně uspořádaných skupin BO_3 spojovaných přes atom kyslíku
- ❖ V krystalické formě jsou základními jednotkami tetraedry BO_4 navzájem spojené do řetězců

▪ **Kyselina trihydrogenboritá (orthoboritá) – H_3BO_3**

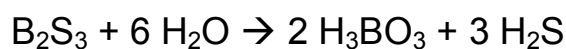
- ❖ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- ❖ Má **vrstevnatou strukturu**

- ❖ Vrstvy jsou tvořeny trojúhelníkovými jednotkami BO_3 , jež jsou vzájemně propojeny vodíkovými můstky
 - ❖ Vzdálenosti ve vrstvách jsou daleko kratší než vzdálenosti mezi vrstvami (→ snadná štěpitelnost)
 - ❖ Reakce s alkoholy: $\text{H}_3\text{BO}_3 + 3 \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{B}(\text{OCH}_3)_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$ – **trimethylester kyseliny borité** – plamen barví zeleně
 - ❖ Čistá kyselina boritá je bílá krystalická látka, která se rozkládá při teplotě 169°C
 - ❖ **Jednosytná kyselina:** $\text{H}_3\text{BO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{B}(\text{OH})_4^-$
 - ❖ Ve vodných roztocích se chová jako mimořádně slabá kyselina o $\text{pK}_a = 9,0$ (je tedy **slabší kyselinou než voda** – titruje se v přítomnosti např. mannitolu)
 - ❖ Užití:
 - 3% vodný roztok jako **borová voda**
 - Pohlcuje neutrony – její roztok v koncentraci do 16 g/kg (tj. 1,6% roztok) se proto používá jako **chladiovo a moderátor v tlakovodních jaderných reaktorech**
- **Kyselina hydrogenboritá (metaboritá) – $(\text{HBO}_2)_n$**
 - ❖ Vzniká velmi opatrnou dehydratací kyseliny trihydrogenborité při 180°C
 - ❖ Polymerní látka skládající se z trimerních jednotek $\text{B}_2\text{O}_3(\text{OH})_3$
 - ❖ Podobá se kyselině trihydrogenborité
 - **Boritany** – jejich struktury mají mnoho společného se strukturou křemičitanů
 - ❖ Základní stavební jednotky boritanů: **planární skupina BO_3** nebo **tetraedr BO_4** navzájem propojené přes sdílené kyslíkové atomy do řetězců nebo kruhů, v řadě případů jsou v struktuře obsaženy obě základní jednotky
 - ❖ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – **borax**
 - **Peroxoboritany**
 - ❖ Jsou odvozeny od boritanů (např. $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}_2$)

- ❖ Obsahují peroxidickou skupinu **-O-O-** vázanou na atom boru
- ❖ Mají výrazné **oxidační schopnosti** a používají se do pracích prášků

▪ **Sulfidy** – vznikají přímou syntézou

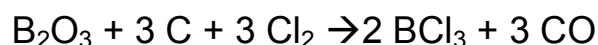
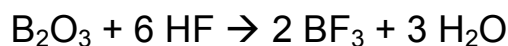
- ❖ **B₂S₃ – sulfid boritý** – bílá krystalická látka, snadno se rozkládající vodou:



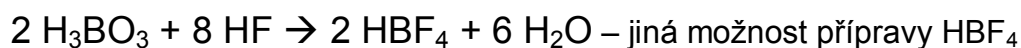
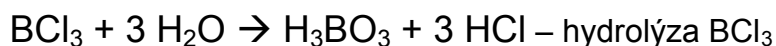
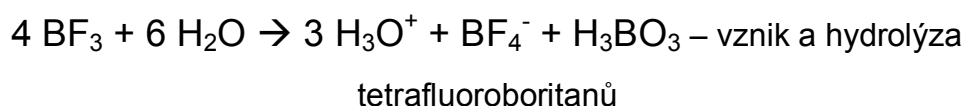
- ❖ Další sulfidy - B₈S₁₆

▪ **Halogenidy BX₃** (X = F, Cl, Br, I)

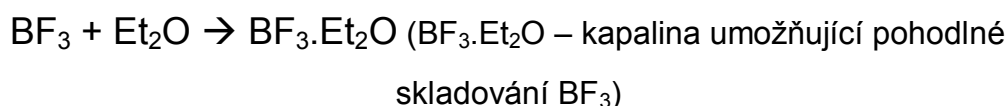
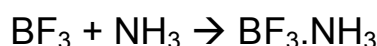
- ❖ **BF₃** – plyn
- ❖ **BCl₃ a BBr₃** – kapaliny
- ❖ **BI₃** – pevná látka
- ❖ Příprava, výroba:



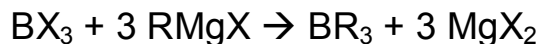
- ❖ Reakce:



▪ **Adukty halogenidů boru**



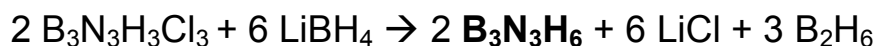
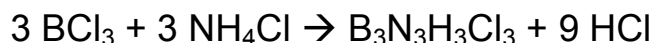
- **Karbidy – B₄C** – velmi tvrdá látka
- **Organokovové sloučeniny** – reakcí halogenidů boru s Grignardovým činidlem v bezvodém prostředí vznikají (R = alkyl)



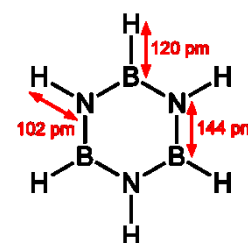
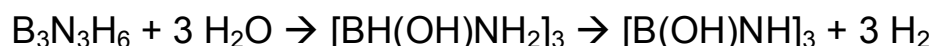
- **Nitrid boru – BN** – velmi stabilní bílá látka, vyznačuje se extrémní tvrdostí, vzniká při hoření boru v atmosféře dusíku nebo žháním mnoha sloučenin boru a dusíku (např. borazolu)

- **Borazol - B₃N₃H₆**

- ❖ Pseudoaromatická sloučenina isoelektrická s benzenem
- ❖ Benzenu se podobá reaktivitou
- ❖ Totální hydrogenace vede k **B₃N₃H₁₂**
- ❖ Příprava a výroba:



- ❖ Reakce borazolu, např. hydrolyzá:



- Cyklické sloučeniny boru s vazbou B-N – BN analoga naftalenu a bifenyly

Využití sloučenin boru v terapii nádorů – **borová neutronová záchyťová terapie – NBCT**

- $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$
- U mozkových nádorů je nejprve do pacientova těla injekčně vpravena borová sloučenina, která má tu specifickou vazbu, že se koncentruje v nádorové tkáni
- Dobře navržený svazek neutronů o vhodné střední energii je pak správně nasměrován na pacientův tumor
- Díky silné absorpci neutronů v nádorové tkáni nasycené borem dokáže přibližně půlhodinové ozáření postižené části mozku selektivně zničit nádorové buňky