

## Bor - ${}_5\text{B}$

### Obecně:

- objev – r. 1808 (Davy, Gay-Lussac, Thénard)
- 13. skupina PSP (= triely,  $p^1$ - prvky) – B, Al, Ga, In, Tl, Nh
- 3 valenční elektrony,  $ns^2 np^1$
- B – nekov, zbytek skupiny – kovy (bor je podobný více uhlíku a hl. křemíku – tzv. diagonální podobnost; způsobeno elektronovou deficiencí boru – má o jeden vazebný elektron méně, než je počet jeho valenčních orbitalů)

### Vazebné možnosti:

- elektronegativita – 2,04
- ve sloučeninách tvoří kovalentní vazby
- oxidační stupeň běžně +III, zřídka +II, +I
- hybridizace  $sp^2$  a  $sp^3$
- v boranech – vazba třířadová dvuelektronová (dva atomy B a jeden atom H jsou spolu poutány prostřednictvím jen jednoho elektronového páru)
- je schopný řetězit své atomy, tvoří četné sloučeniny s vodíkem = borany (analogie k uhlíku a uhlovodíkům)

### Výskyt, struktura:

- výskyt – vzácný prvek ve vesmíru i na Zemi
- 2 stabilní izotopy
- v přírodě pouze ve sloučeninách (hl. boritany, borosilikáty)
- existuje v několika alotropických modifikacích (amorfní, krystalická)

**Krystalický bor** – základní stavební jednotka = ikosaedr  $\text{B}_{12}$ , jeho opakováním vzniká krystalická mřížka; jednotlivé atomy boru vázány elektronově deficitními vazbami (= mírná elektrická vodivost – bor je *polovodič*); díky pevným vazbám v krystalické mřížce je bor značně chemicky inertní a tvrdý (>9 na Mohsově stupnici), má vysokou teplotu tání ( $2076^\circ\text{C}$ ) i varu ( $3927^\circ\text{C}$ ), značně odolný vůči žáru, černošedá barva

**Amorfní bor** – hnědá až černá práškovitá látka, při vyšší teplotě reaktivnější než jeho krystalická modifikace

### Chemické vlastnosti:

- za vysokých teplot se slučuje s většinou kovů, polokovů a nekovů
- kyselina dusičná a sírová ho za horka oxidují
- rozpouští se v taveninách směsí hydroxidů a uhličitanů alkalických kovů ( $900^\circ\text{C}$ )
- v amorfním stavu se při zahřívání na  $700^\circ\text{C}$  na vzduchu zapaluje a hoří načervenalým plamenem
- spalováním v proudu kyslíku dosahuje vyšší teploty a bor pak téká a barví plamen zeleně

## Příprava:

- redukce oxidu boritého kovy za vysoké teploty:  $\text{B}_2\text{O}_3 + 3 \text{Mg} \rightarrow 2 \text{B} + 3 \text{MgO}$
- redukce halogenidů boritých vodíkem/zinkem:  $2 \text{BCl}_3 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{B} + 6 \text{HCl}$
- elektrolýza tavenin boritanů, termický rozklad boranů
- zmíněné přípravy můžeme využít pro průmyslovou výrobu

## Sloučeniny boru:

### **Boridy**

- binární sloučeniny boru s elektropozitivnějšími kovy
- charakteristické velkou tvrdostí, nejsou těkavé, chemicky značně nereaktivní
- příprava: přímá syntéza prvků, redukce oxidů kovů s elementárním borem, redukce směsi oxidu kovu a oxidu boritého uhlíkem
- ve strukturách přítomny opět elektronově deficitní třířadové vazby
- využívány pro vnitřní plochy raketových trysek, nádoby pro zpracování roztavených kovů, elektrody a kontrolní tyče v jaderných reaktorech.

### **Borany**

- binární sloučeniny boru s vodíkem
- složení lze vyjádřit dle obecných vzorců:  $\text{B}_n\text{H}_{n-4}$ ,  $\text{B}_n\text{H}_{n+6}$
- uplatňují se elektronově deficitní třířadové vazby
- nejjednodušším stabilním boranem je diboran  $\text{B}_2\text{H}_6$
- diboran je výchozí látka pro přípravu vyšších boranů, lze získat např. reakcí tetrahydridoboritanu lithného s etherátem fluoridu boritého:



- borany jsou bezbarvé, chemicky velmi reaktivní endotermické sloučeniny
- nižší borany jsou plynné látky, s rostoucí molekulovou hmotností přecházejí na těkavé kapaliny až pevné látky počínaje dekaboranem
- podle struktury je rozlišujeme na: closo-borany, nido-borany, arachno-, hypho-, conjuncto-borany
- atomy boru v boranových skeletech mohou být nahrazovány atomy jiných prvků – vzniklé sloučeniny se nazývají heteroborany (karborany – bor nahrazen uhlíkem)

### **C) Halogenidy**

- nízkomolekulární látky s obecným vzorcem  $\text{BX}_3$  (X = F, Cl, Br, I)
- molekuly planární, tvar rovnostranného trojúhelníku
- za norm. podmínek:  $\text{BF}_3$ ,  $\text{BCl}_3$  – plynný,  $\text{BBr}_3$  – kapalný,  $\text{BI}_3$  – pevný
- $\text{BF}_3$  – fluorid boritý- plynný, ostře páchnoucí, příprava reakcí boritanů nebo oxidu boritého s fluorovodíkem:  $\text{B}_2\text{O}_3 + 6 \text{HF} \rightleftharpoons 2 \text{BF}_3 + 3 \text{H}_2$
- pro své akceptorické schopnosti se používá jako katalyzátor v organické syntéze

## D) Oxidy

**B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – oxid boritý** - je stálý, nejběžnější oxid boru, bezbarvá sklovitá látka,

- v roztavené podobě rozpouští většinu oxidů kovů za vzniku barevných boritých skel
- s vodou za silného vývoje tepla poskytuje kyselinu orthoboritou
- příprava: opatrná dehydratace kyseliny orthoborité nebo spalování boru v kyslíku

## E) Oxokyseliny a jejich soli

**H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> – kyselina orthoboritá** - tvoří perleťově bílé šupinkovité krystaly

- slabá kyselina (pKa = 9,25), nemá oxidační účinky
- příprava: působení kyseliny chlorovodíkové nebo sírové na roztok tetraboritanu sodného
- vodný roztok H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> neboli tzv. borová voda má antiseptické účinky, je využíván v očním lékařství
- v krystalech jsou jednotlivé planární molekuly H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> uspořádány do vrstev vzájemně spojených vodíkovými můstky
- rozpustná ve vodě, její rozpustnost roste se zvyšující se teplotou

**Boritany** - sloučeniny odpovídající svým stechiometrickým složením solím kyseliny ortho- i metaborité, mohou být odvozeny i od dalších polyjaderných kyselin boritých

- základní jednotky jsou trigonálně planární skupiny BO<sub>3</sub> nebo tetraedrické BO<sub>4</sub>
- extrémně silná redukovačla je převedou na elementární bor nebo boridy
- významné deriváty boritanů jsou od nich odvozené peroxosloučeniny
- **peroxoboritan sodný** - Na<sub>2</sub>[B<sub>2</sub>(O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>4</sub>] · 6 H<sub>2</sub>O, ve vodném roztoku snadno uvolňuje peroxid vodíku, a proto je často využíván jako bělicí složka pracích prostředků
- **borax** – Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub> · 8 H<sub>2</sub>O - významný boritan, jednoklonný křehký minerál bez barvy, využívá se pro výrobu smaltovaných nádob a optických skel, k úpravě glazur na keramiku, při pájení kovů

### Praktické využití:

- krystalický bor – pro vysokou tvrdost - složka brusných směsí, přísada ocelí (zlepšuje jejich kalitelnost)
- sklářský průmysl (boritá a další speciální skla)
- extrémně tvrdý karbid B<sub>4</sub>C, nitrid BN a suboxid B<sub>6</sub>O se používají jako brusiva a pro výrobu obráběcích nástrojů
- kyselina boritá se jako konzervant E 284 používá ke konzervaci kaviáru a jako baktericidní přísada do lubrikačních gelů
- fluorid boritý BF<sub>3</sub> se používá jako kyselý katalyzátor iontových polymerací alkenů, tavidlo při pájení hořčíku, detektor neutronů a jako velmi silná Lewisova kyselina v organické chemii
- chlorid boritý BCl<sub>3</sub> a dichlorid boritý B<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> - organické syntézy