

# Bor

## Výskyt boru:

borax (tinkal)  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

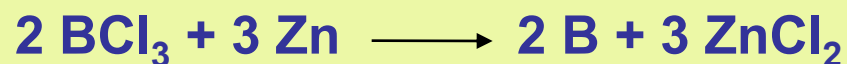
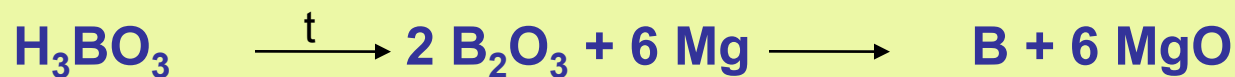
**kernit**  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

colemanit  $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3$

boracit  $6\text{MgO} \cdot 8\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgCl}_2$

sassolin  $\text{H}_3\text{BO}_3$

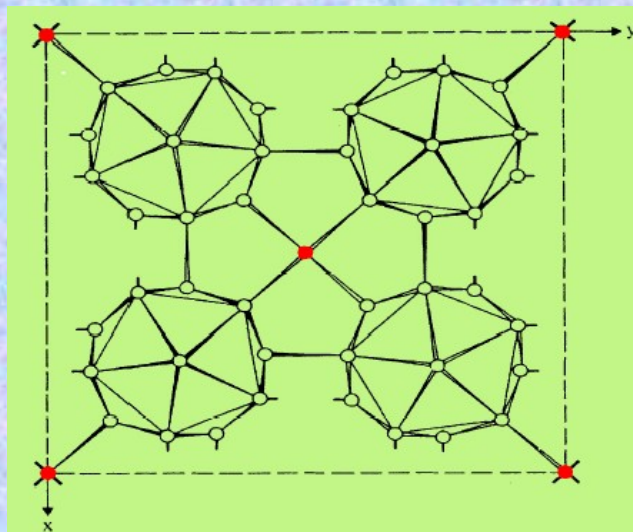
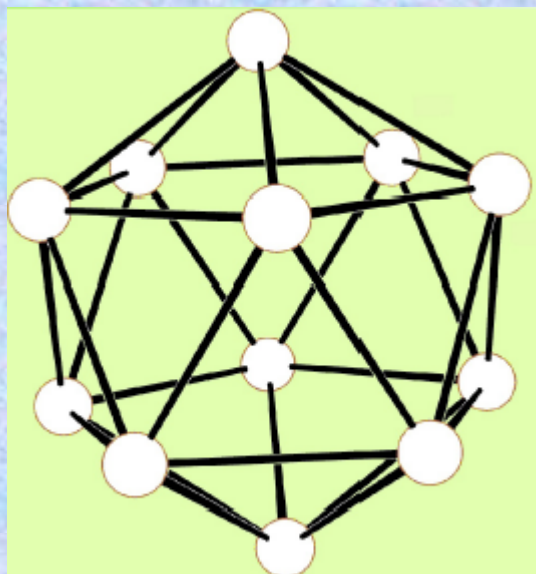
## Výroba boru:



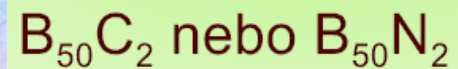
# Vlastnosti boru

- ❖ chemie B se podobá chemii Si – **diagonální podobnost**
- ❖ je velmi tvrdý v Mohsově stupni tvrdosti má **č. 9 – 10**
- ❖ atom boru má k dispozici **čtyři vazebné orbitaly**, ale jen tři valenční elektrony ⇒ **B je typicky trojvazný**, snadno přijímá další elektronový pár, pak **je čtyřvazný**
- ❖ chemie boru je určena malým rozměrem jeho atomu a vysokými hodnotami ionizační energie i elektronegativity
- ❖ bor vytváří ohromné množství zajímavých sloučenin
- ❖ typická je tvorba vícestředových elektronově deficitních vazeb (**viz borany**)
- ❖ existence těchto vazeb vede k polovodivosti boru

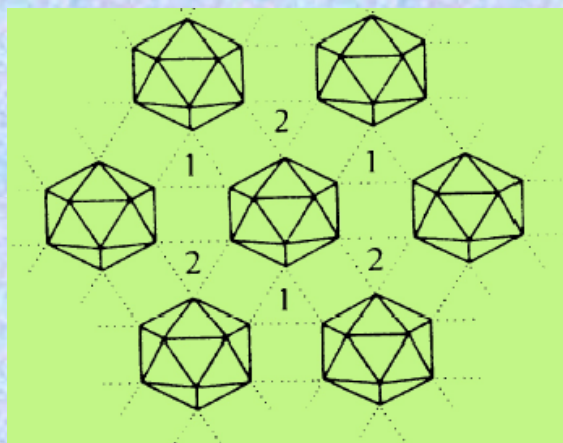
# Elementární bor



“ $\alpha$  -tetragonální bor”



Ikosaedr (dvacetistěn)  $B_{12}$



1 -  $B_{12}$  v horní vrstvě  
2 -  $B_{12}$  ve spodní vrstvě

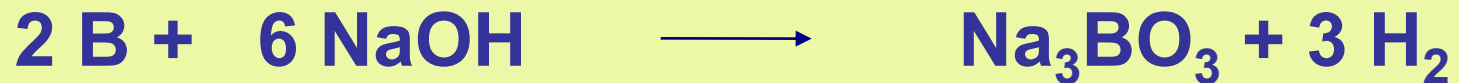
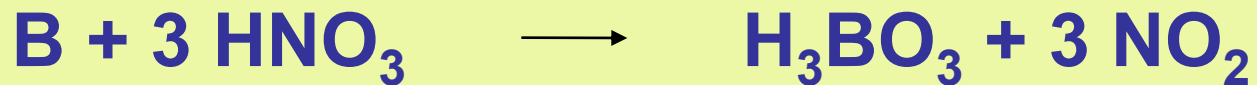
$\alpha$  -trigonální bor



## Reaktivita boru

- ❖ krystalický bor je chemicky velmi málo reaktivní;
- ❖ v amorfním práškovém stavu se jeho reaktivita zvyšuje.
- ❖ Za zvýšené teploty pak reaguje např. s kyslíkem, dusíkem, halogeny i sírou za vzniku  $B_2O_3$ ,  $BN$ ,  $BX_3$  a  $B_2S_3$

Vroucí kyselina dusičná i roztavené louhy bor oxidují.

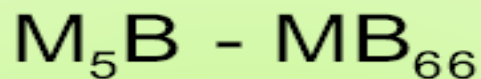


## Použití elementárního boru

- Bor se používá jako přísada do některých slitin (moderátory v jaderné energetice)
- Existuje i vláknitá forma boru s wolframovým jádrem, používaná v kosmické technice.
- Výroba technicky užitečných sloučenin, např. **nitridy boru** jsou velmi tvrdé **a** mají význam při povrchové úpravě kovů

# Sloučeniny boru

**Boridy** - binární, často i nestechiometrické sloučeniny boru s kovy



je jich známo více jako 200, velmi tvrdé materiály

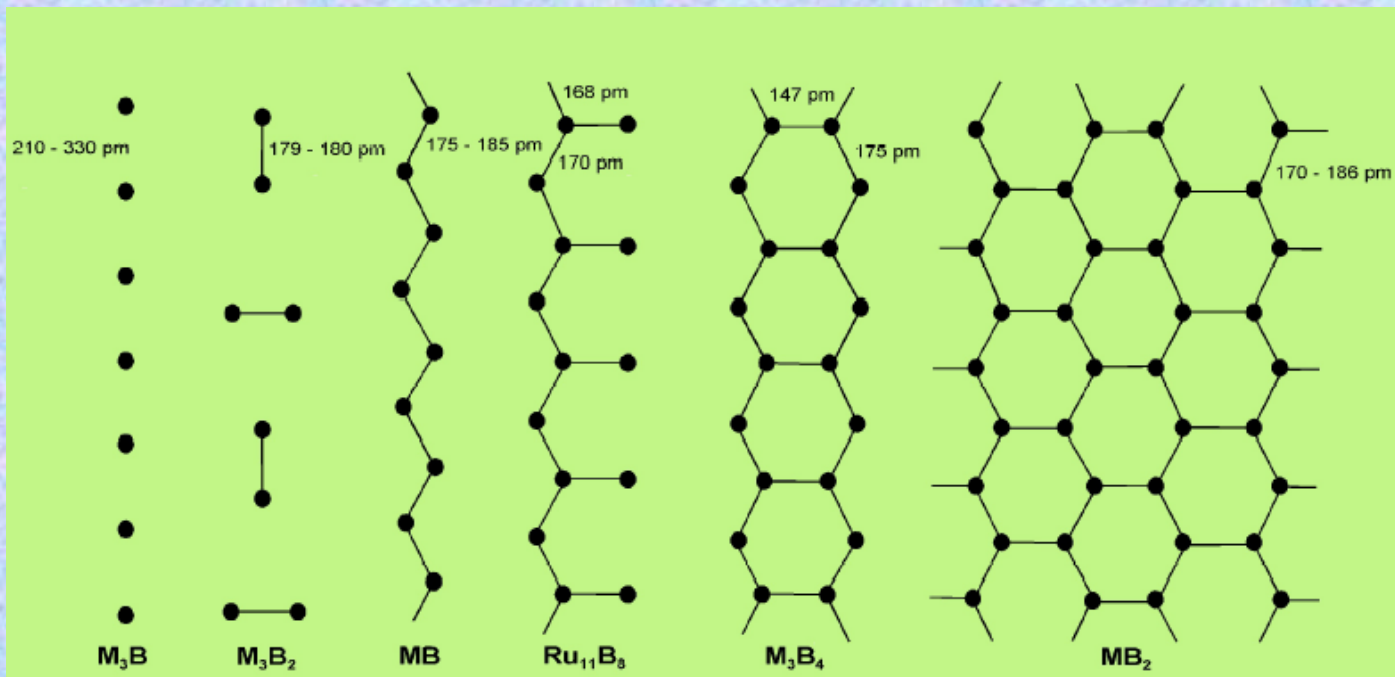


nejčastější způsob výroby (v elektrické peci)

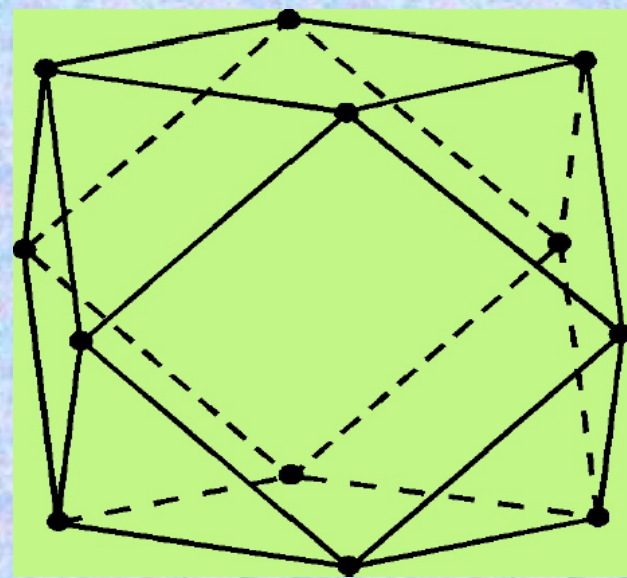
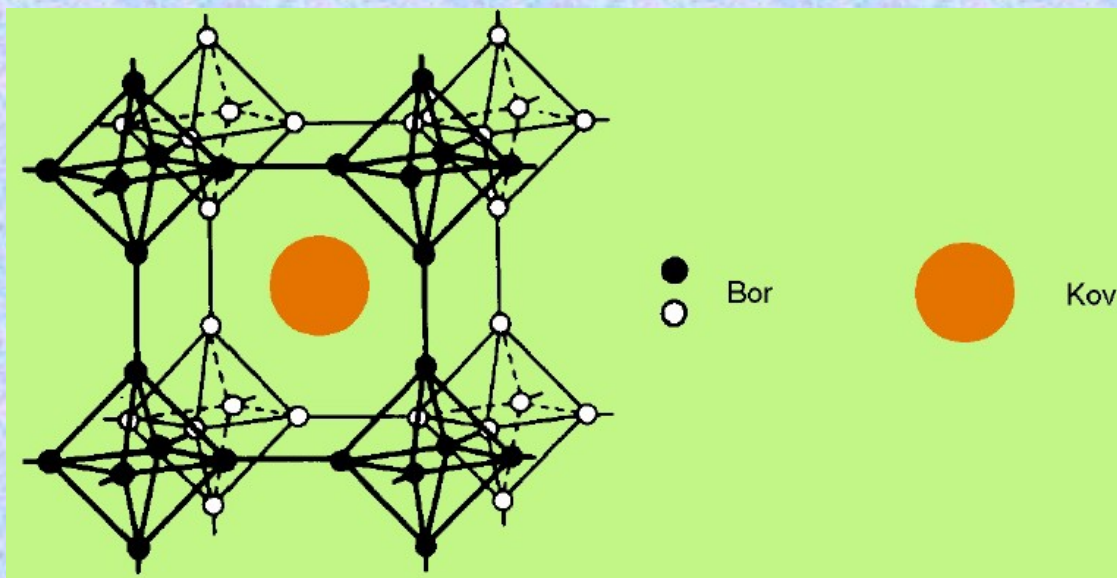
## Využití boridů:

- brusné materiály
- extrémně namáhané materiály pro výrobu lopatek turbín, raketových trysek apod.

# Struktura boridů



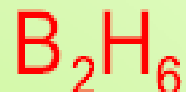
kubooktaedr



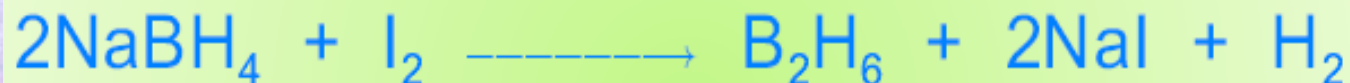
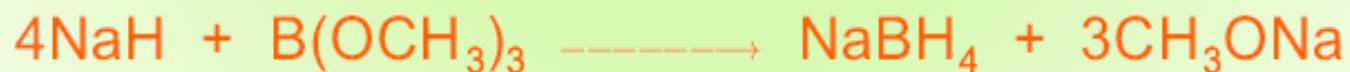
# Binární sloučeniny boru - borany

**Borany** - velmi rozsáhlá skupina sloučenin boru s vodíkem

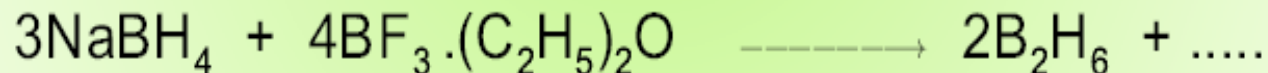
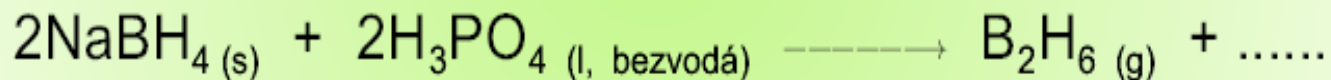
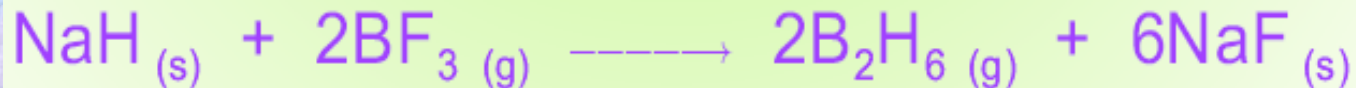
(W.N. Lipscomb – Nobelova cena 1976)



Příprava  
a výroba



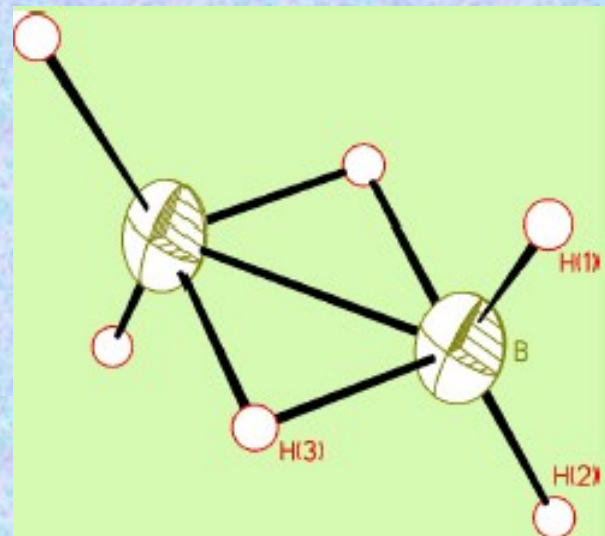
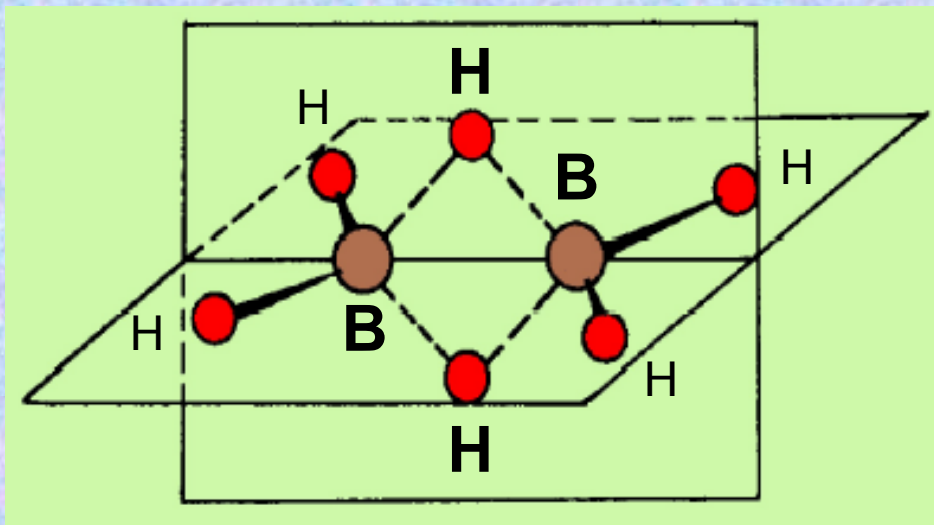
diglym -  $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$





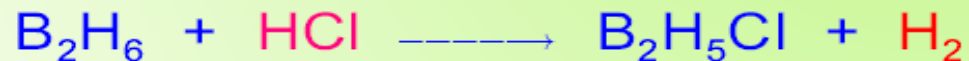
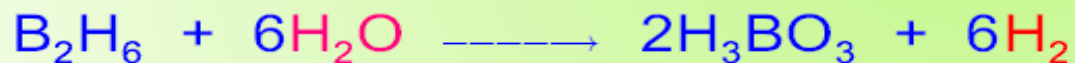
# Binární sloučeniny boru - borany

## Diboran $B_2H_6$



vazba B-H-B - třířředová delokalizovaná elektronově deficitní vazba  
(tři atomy jsou vázány nikoli čtyřmi, ale jen dvěma elektrony)

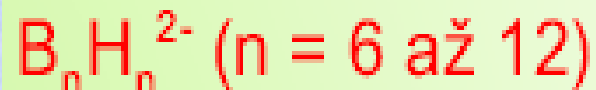
Reakce  
diboranu



# Binární sloučeniny boru - borany

## Ostatní borany

(vedle vazeb B – H – B se v nich vyskytují i podobné vazby B – B – B)



*closo*-borany  $B_n H_{n+2}$

(closo = klec)

*nido*-borany  $B_n H_{n+4} \quad n/(n+1)$

(nidus = hnízdo)

*arachno*-borany  $B_n H_{n+6} \quad n/(n+2)$

(arachne = pavučina)

*hypho*-borany  $B_n H_{n+8} \quad n/(n+3)$

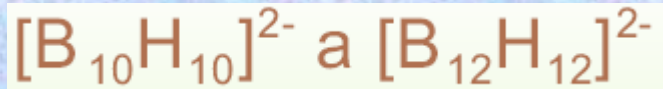
(hyphe = síť)

*conjuncto*-borany

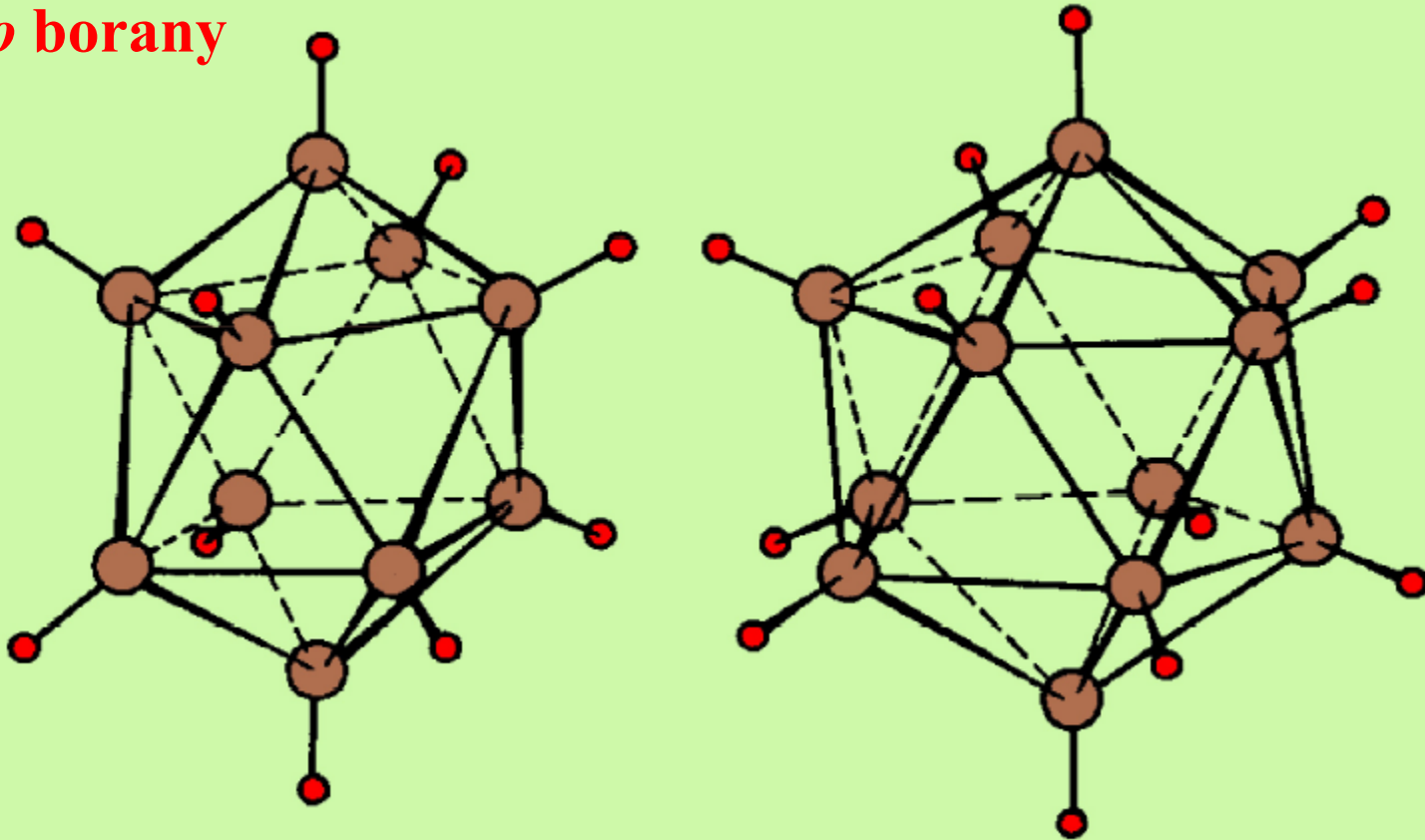
vznikají spojením předchozích typů

# Binární sloučeniny boru - borany

anionty

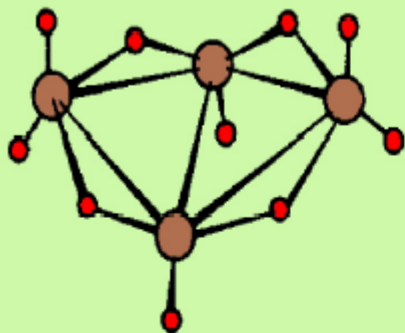


*closo* borany

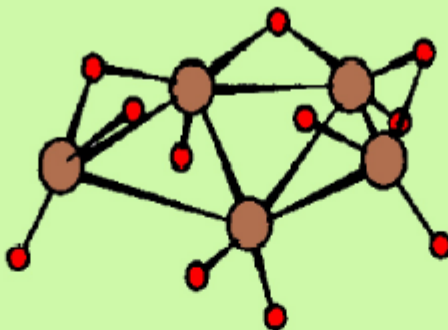


# Binární sloučeniny boru - borany

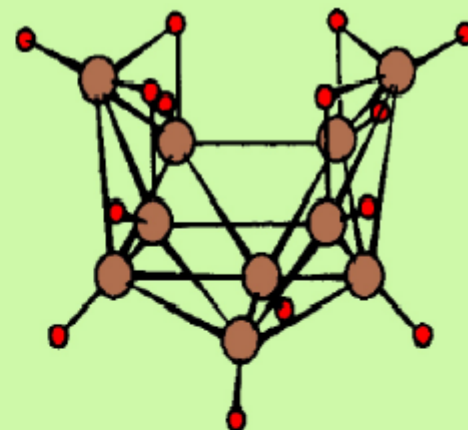
## *nido* - borany



tetraboran(10)  $B_4H_{10}$

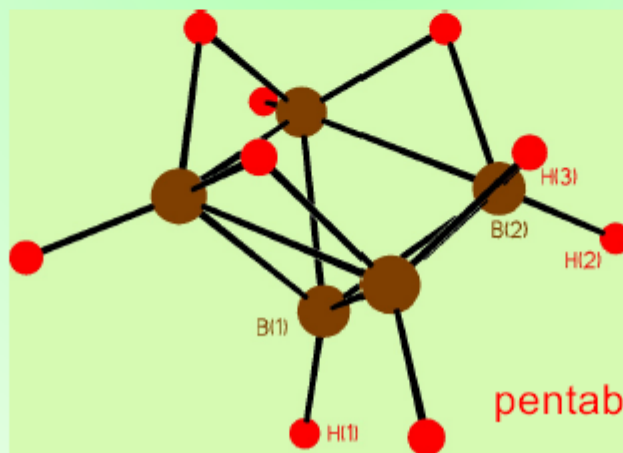


pentaboran(11)  $B_5H_{11}$



dekaboran(14)  $B_{10}H_{14}$

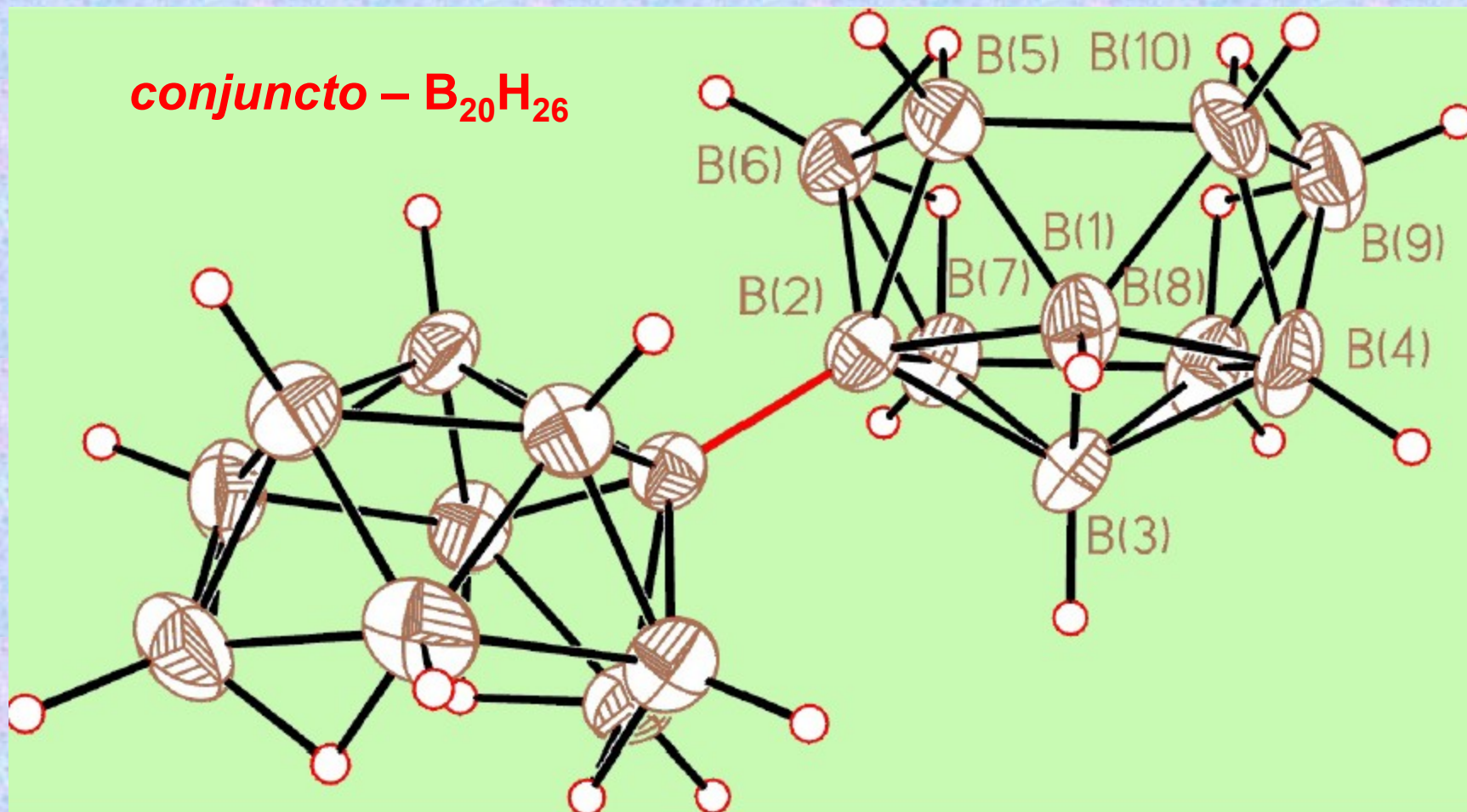
## *arachno* - borany



pentaboran(9)  $B_5H_9$

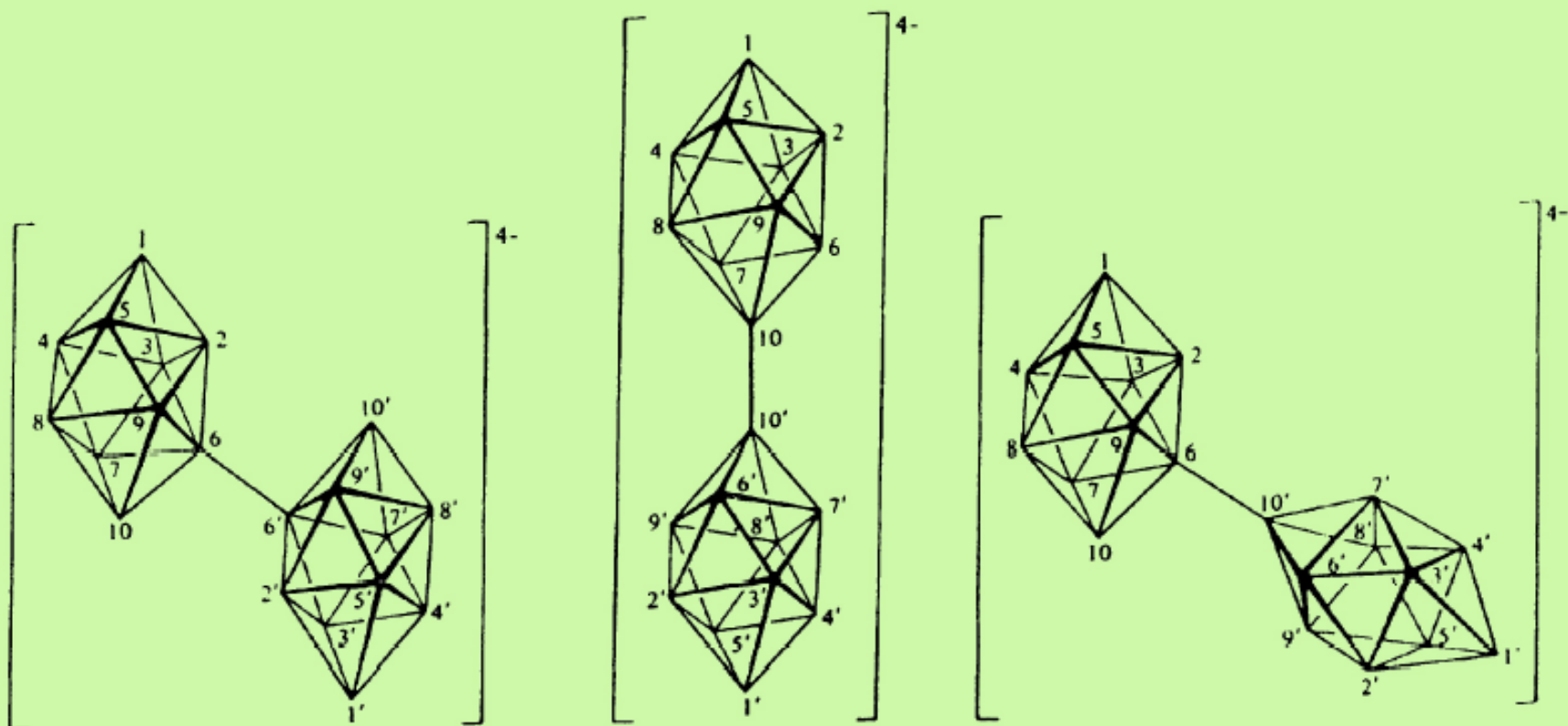
# Binární sloučeniny boru - borany

*conjuncto* -  $B_{20}H_{26}$



# Binární sloučeniny boru - borany

izomery *conjuncto* –  $B_{20}H_{18}^{4-}$



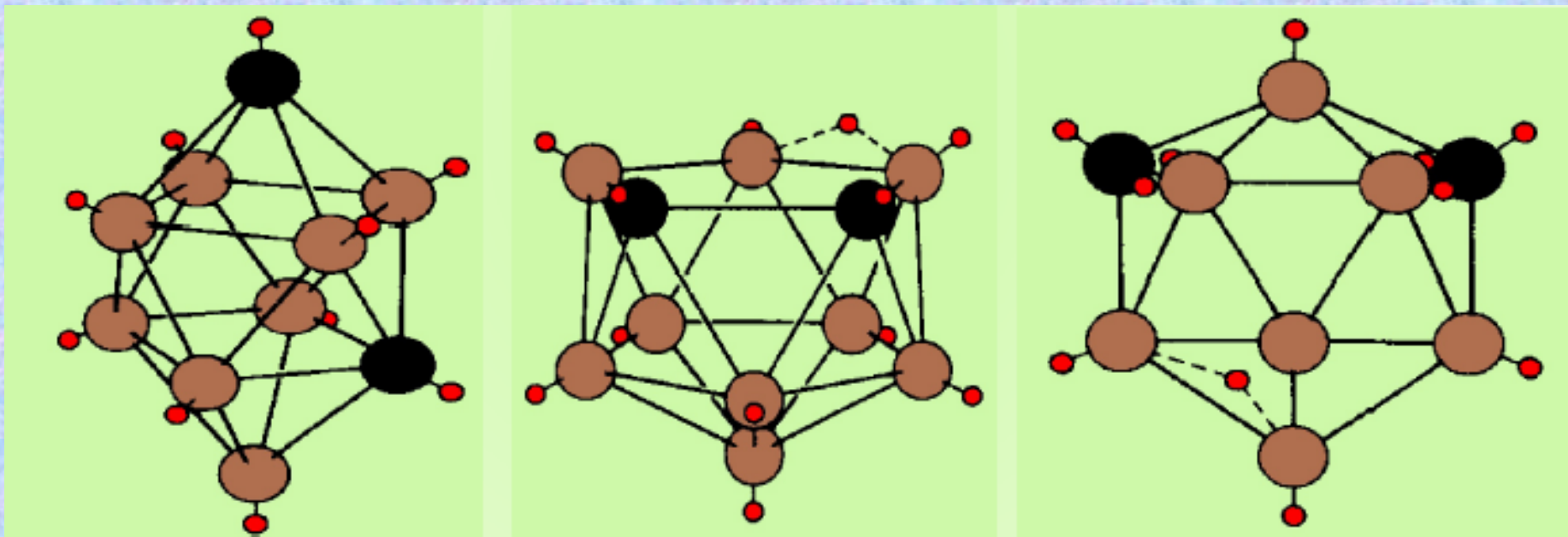
6 - 6

10 - 10

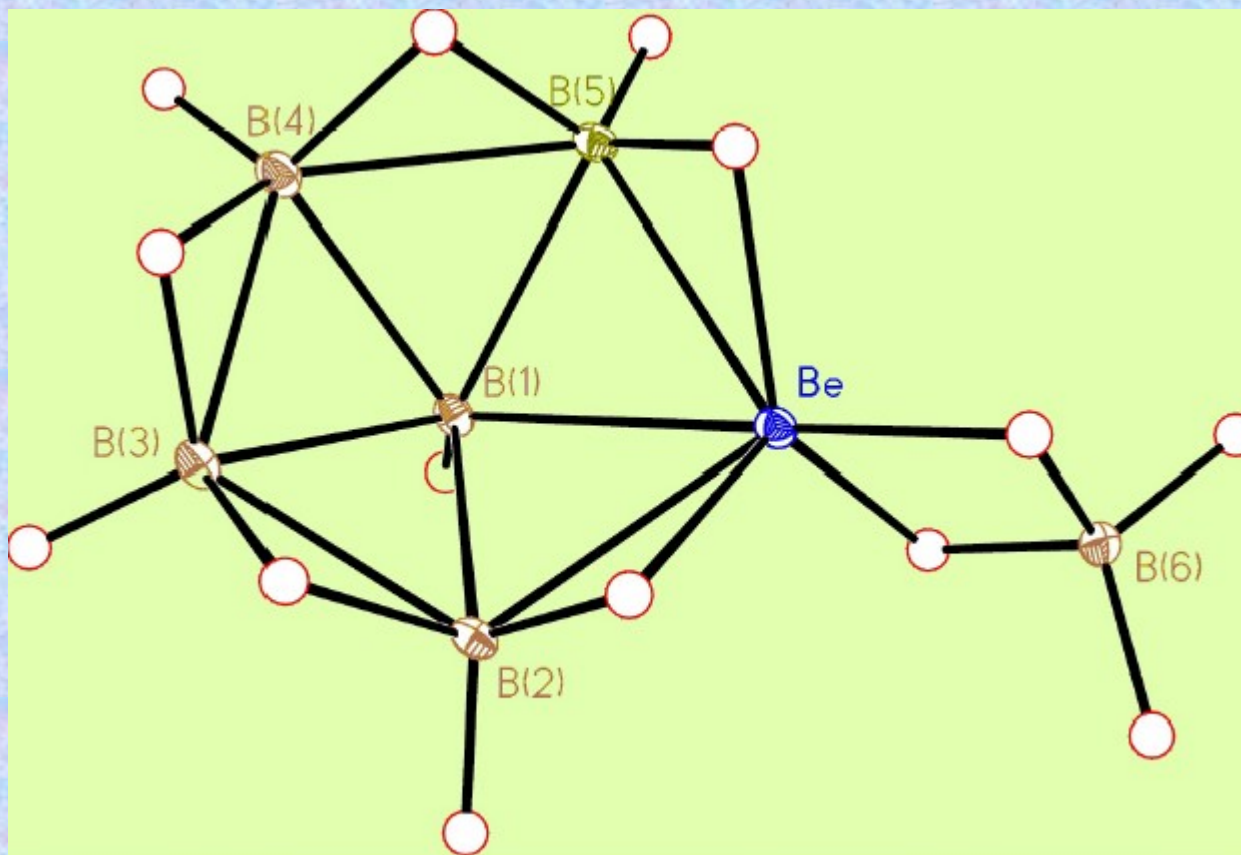
6 - 10

# Ostatní sloučeniny boru na bázi boranů

**Karborany** – atomy boru jsou nahrazeny atomem uhlíku  $\Rightarrow$  jde o anionty



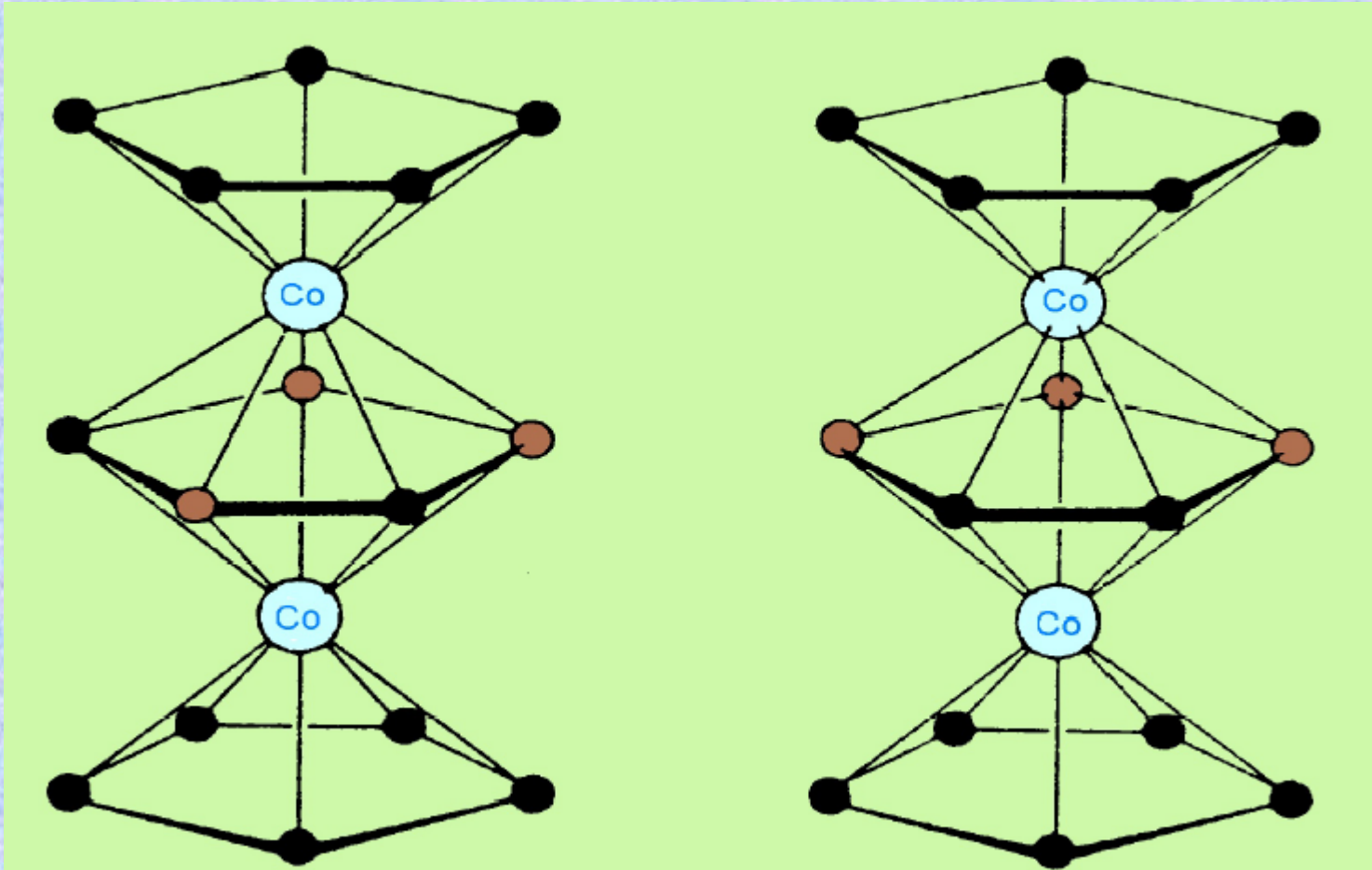
# Ostatní sloučeniny boru na bázi boranů



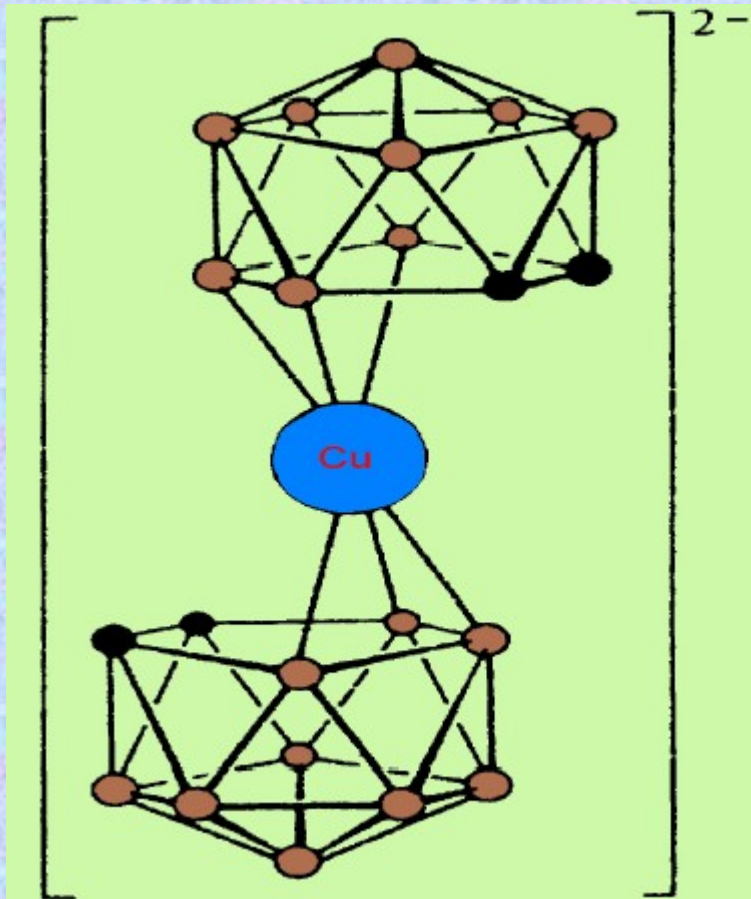


# Ostatní sloučeniny boru na bázi boranů

## Bimetalo - karborany



## Ostatní sloučeniny boru na bázi boranů



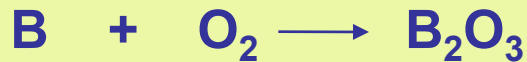
Podobný chloroderivát dikarbolidu  
kobaltu  $\text{H}\{\text{DKCoCl}_7\}$

je silnou kyselinou - slouží k **extrakci**  
 **$^{137}\text{Cs}$**  z odpadních roztoků po  
vyhořelém jaderném palivu.

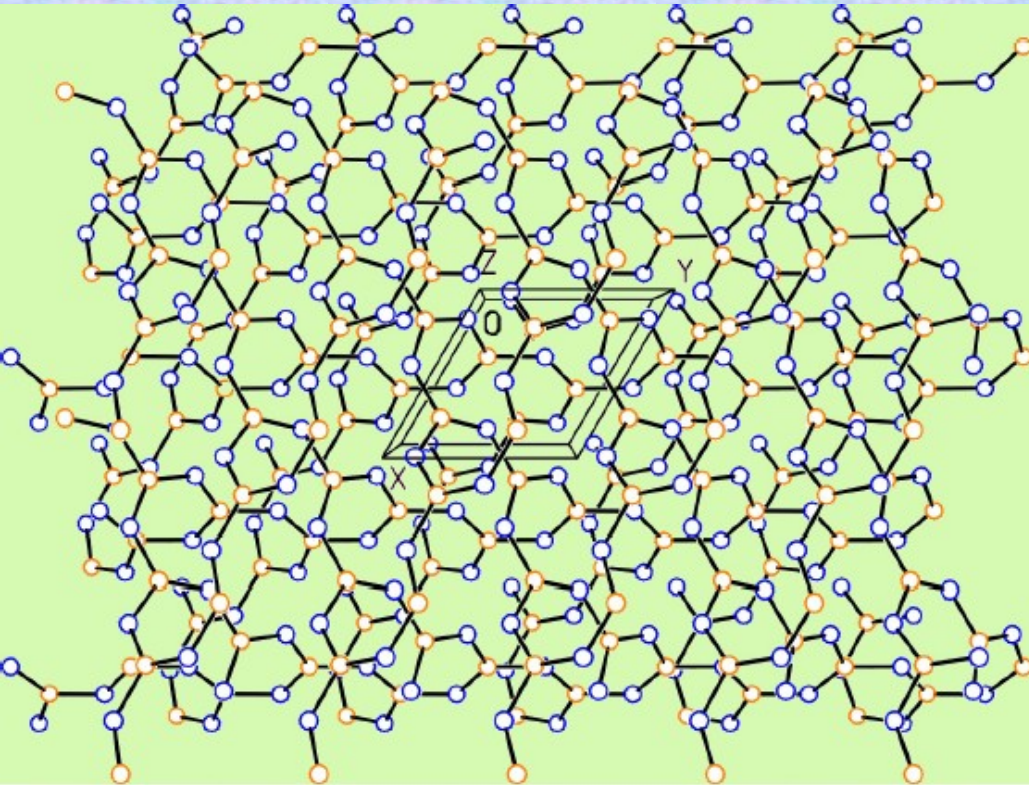
posunuté “sendvičové  
komplexy”

# Kyslíkaté sloučeniny boru

## Oxidy



$\text{B}_2\text{O}_3$  – polymer, který také vzniká opatrnou dehydratací  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (reakce je vratná)

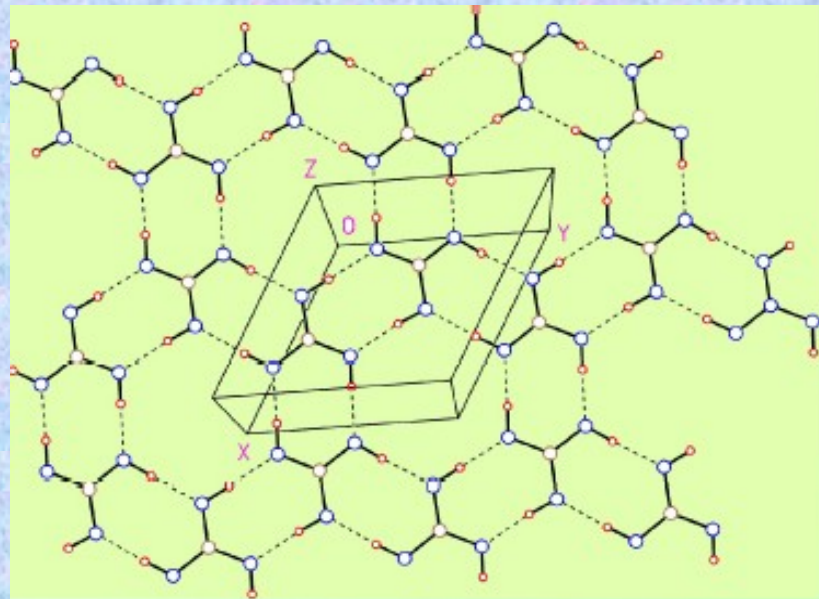


- amorfni obtížně krystalující látka
- má polymerní charakter
- sestává z planárních nepravidelně uspořádaných skupin  $\text{BO}_3$  spojených přes atom kyslíku
- v krystalické formě jsou základními jednotkami tetraedry  $\text{BO}_4$  navzájem spojené do řetězců.

# Kyslíkaté sloučeniny boru

## Kyselina trihydrogenboritá (orthoboritá) - $\text{H}_3\text{BO}_3$

Příprava



- má vrstevnatou strukturu
- vrstvy jsou tvořeny trojúhelníkovými jednotkami  $\text{BO}_3$ , jež jsou vzájemně propojeny vodíkovými můstky
- vzdálenosti ve vrstvách jsou daleko kratší než vzdálenosti mezi vrstvami (  $\Rightarrow$  snadná štěpitelnost)

Reakce a alkoholy

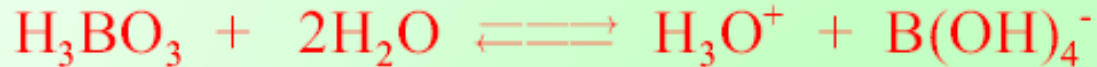


(trimethylester kyseliny borité – plamen barví zeleně)

# Kyslíkaté sloučeniny boru

Čistá kyselina boritá je bílá krystalická látka, která se rozkládá při teplotě 169 °C.

jednosytná kyselina



Ve vodných roztocích se chová jako mimořádně slabá kyselina o pKa = 9,0 (je tedy slabší kyselinou než voda - **titruje se v přítomnosti mannitu.**

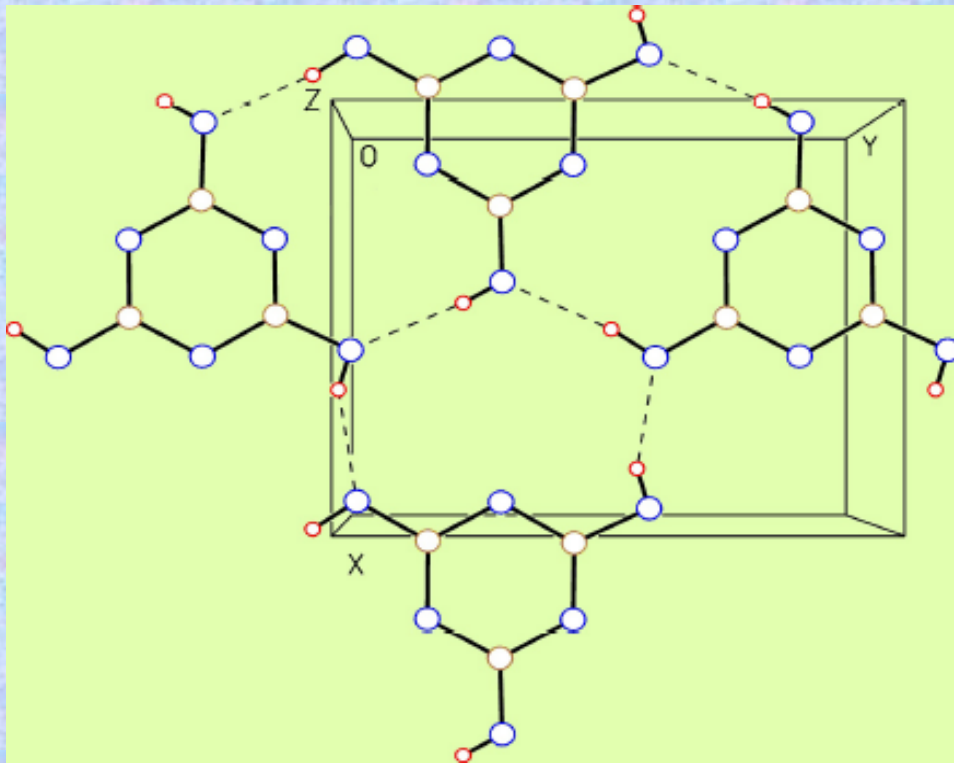
## Užití kyseliny orthoborité

- 3% vodný roztok jako borová voda
- pohlcuje neutrony - její roztok v koncentraci do 16 g/kg (t.j. 1,6% roztok) se proto využívá jako **chladio a moderátor v tlakovodních jaderných reaktorech.**

# Kyslíkaté sloučeniny boru

## Kyselina hydrogenboritá (metaboritá) – $(\text{HBO}_2)_n$

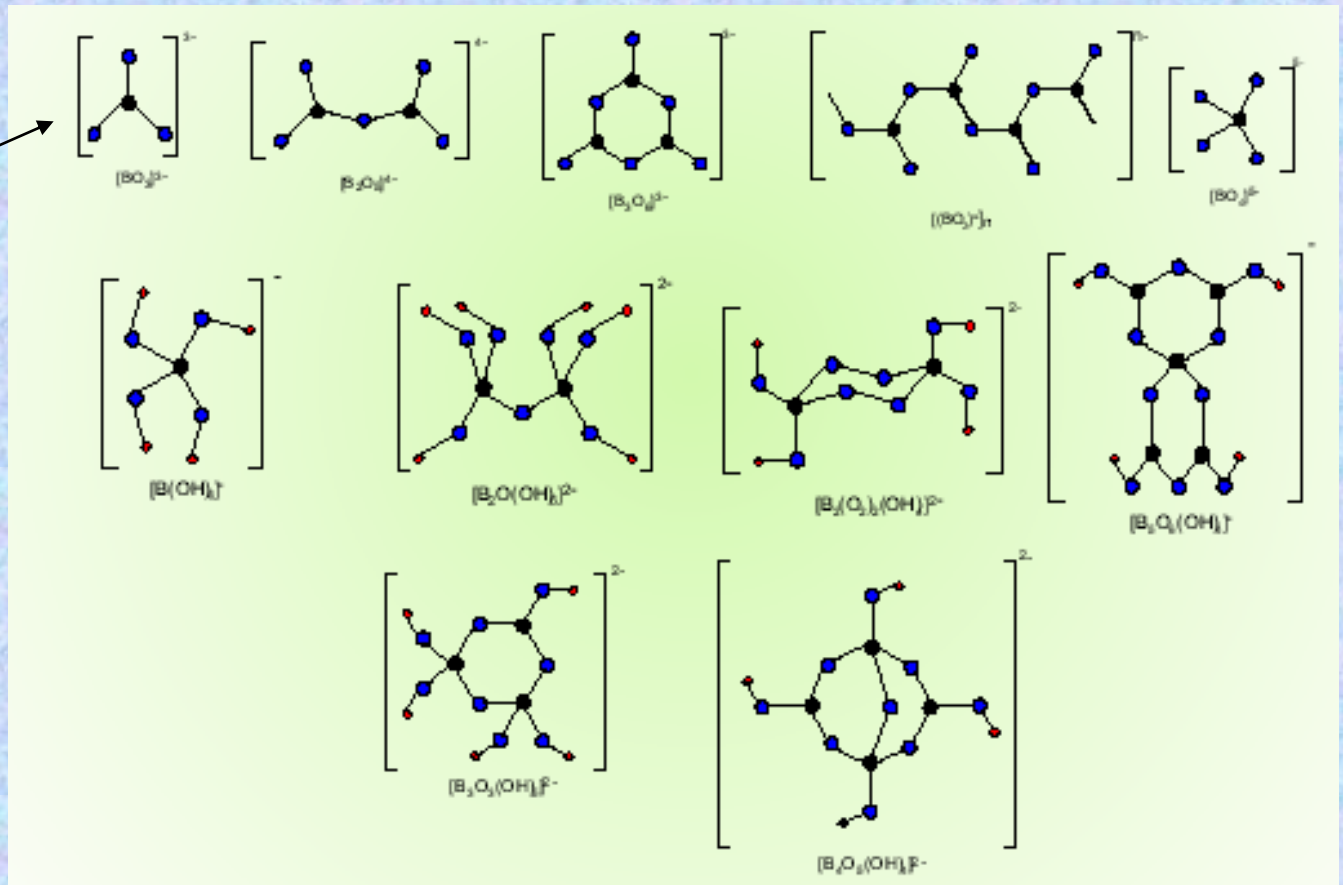
- vzniká velmi opatrnou dehydratací kyseliny trihydrogenborité při  $180^\circ\text{C}$
- jde o polymerní látku skládající se z trimerních jednotek  $\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_3$ ,
- podobá se kyselině trihydrogenborité.



# Kyslíkaté sloučeniny boru

**Boritany** – jejich struktury mají mnoho společného se strukturou křemičitanů

málo se vyskytuje

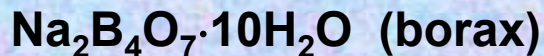
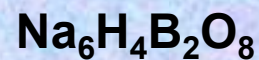
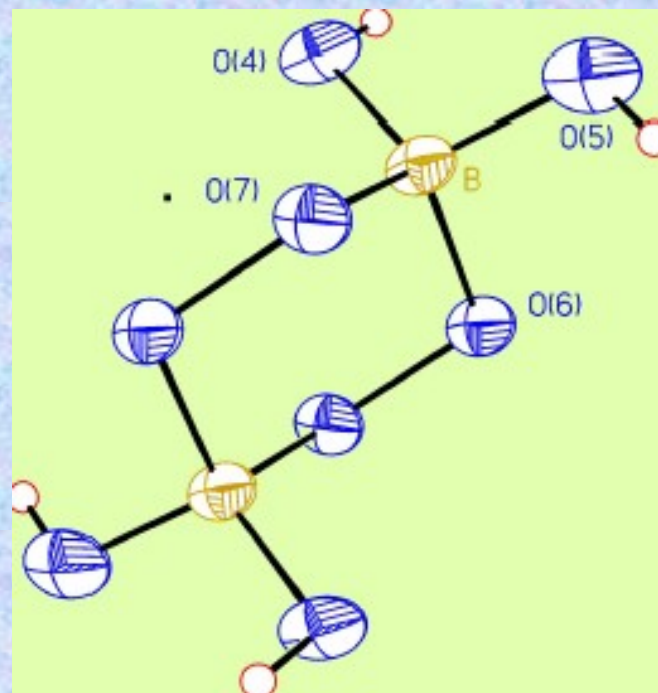
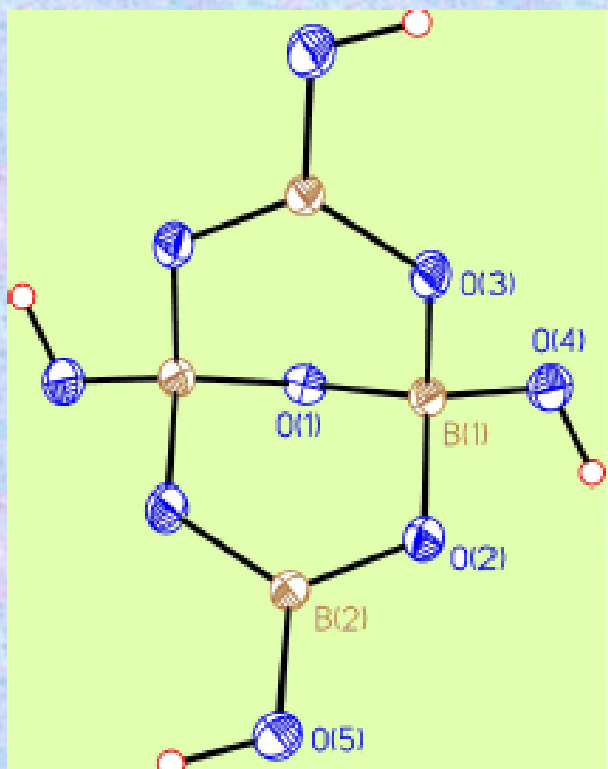


**Základní stavební jednotky boritanů:**

- **planární skupina  $BO_3$**  nebo **tetraedr  $BO_4$**  navzájem propojené přes sdílené kyslíkové atomy do řetězců nebo kruhů
- v řadě případů jsou ve struktuře obsaženy obě základní jednotky

# Kyslíkaté sloučeniny boru

## Boritany



## 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



# Sloučeniny boru se sírou

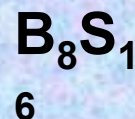
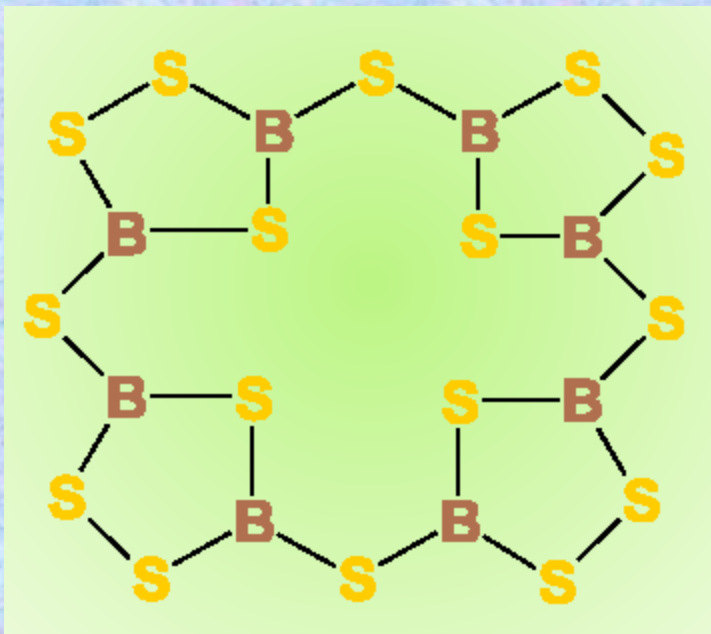
## Sulfidy boru

(vznikají přímou syntézou)

Sulfid boritý  $B_2S_3$  bílá krystalická látka, snadno se rozkládající vodou:



## Další sulfidy



6

# Halogenidy boru

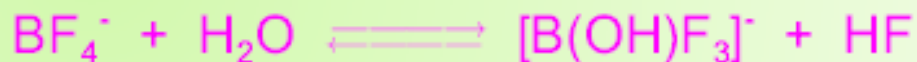
Halogenidy boru  $\text{BX}_3$  (X = F, Cl, Br, I)

$\text{BF}_3$  je plyn,  $\text{BCl}_3$  a  $\text{BBr}_3$  kapaliny a  $\text{BI}_3$  je pevná látka

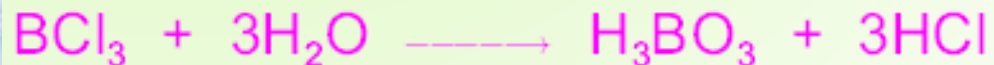
Příprava výroba



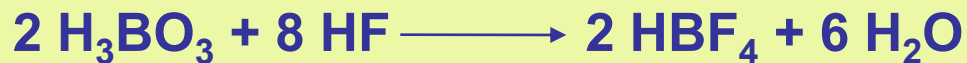
Reakce halogenidů boru



vznik a hydrolýza  
tetrafluoroboritanů



hydrolýza  $\text{BCl}_3$



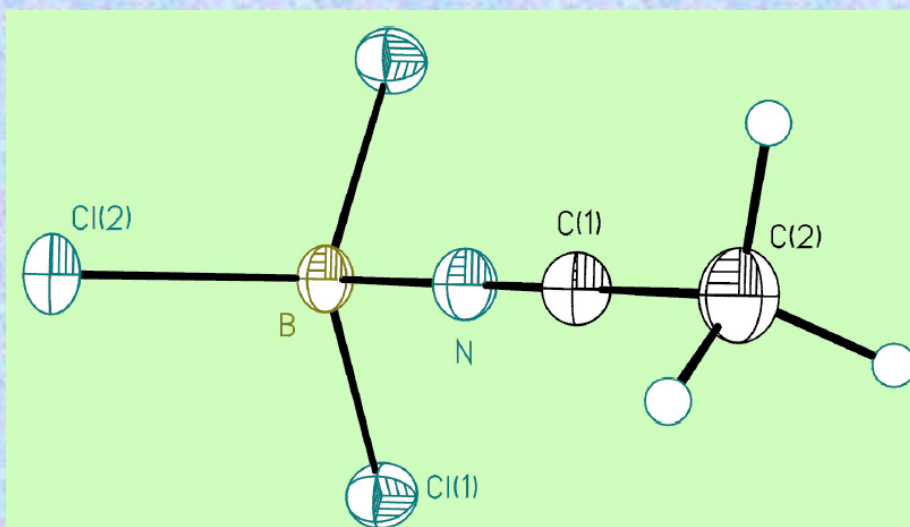
jiná možnost přípravy  $\text{HBF}_4$

# Adukty halogenidů boru



tvorba aduktů

$\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$  – kapalina, umožňující pohodlné skladování  $\text{BF}_3$



adukt  $\text{BCl}_3$  s acetonitrilem



# Sloučeniny boru s vazbou B – C a B – N

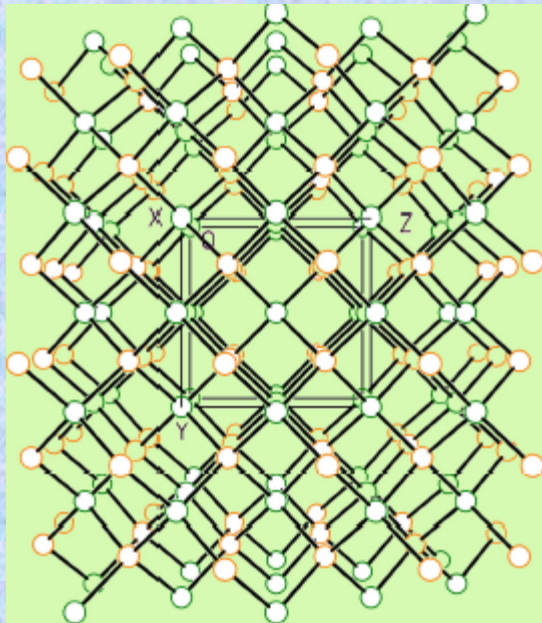
Karbid boru B<sub>4</sub>C

Organokovové sloučeniny boru

Reakcí halogenidů boru s Grignardovým činidlem v bezvodém prostředí vznikají (R = alkyl)



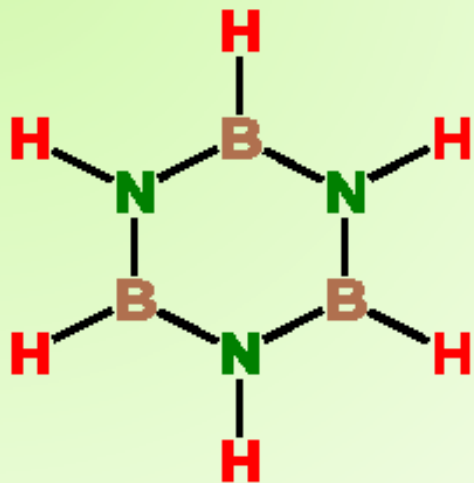
Nitrid boru BN



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

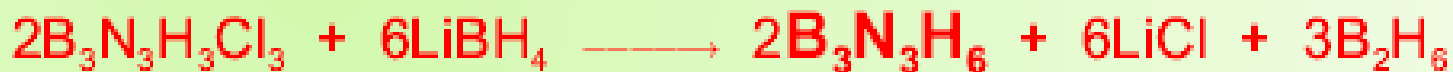
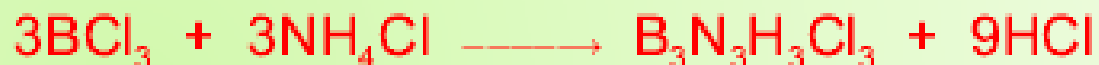
# Cyklické sloučeniny boru s vazbou B – N

## Borazol $B_3N_3H_6$



- pseudoaromatická sloučenina isoelektronická s benzenem
- benzenu se podobá svou reaktivitou
- totální hydrogenace vede k  $B_3N_3H_{12}$

## Příprava a výroba

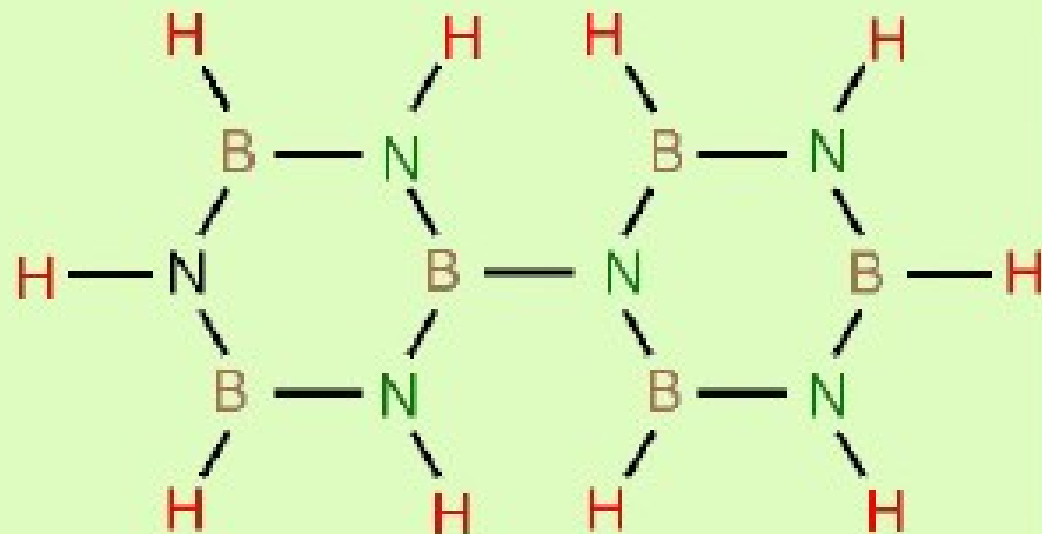
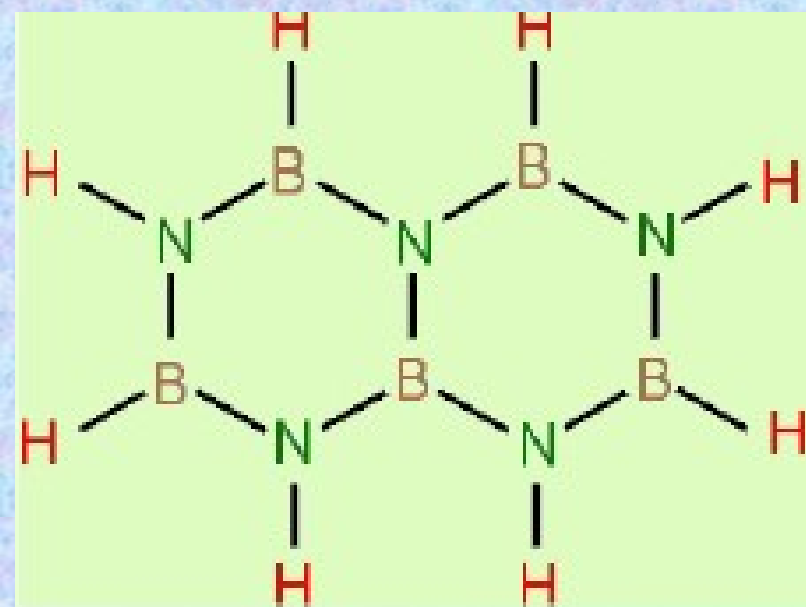


## Reakce borazolu, např. hydrolýza



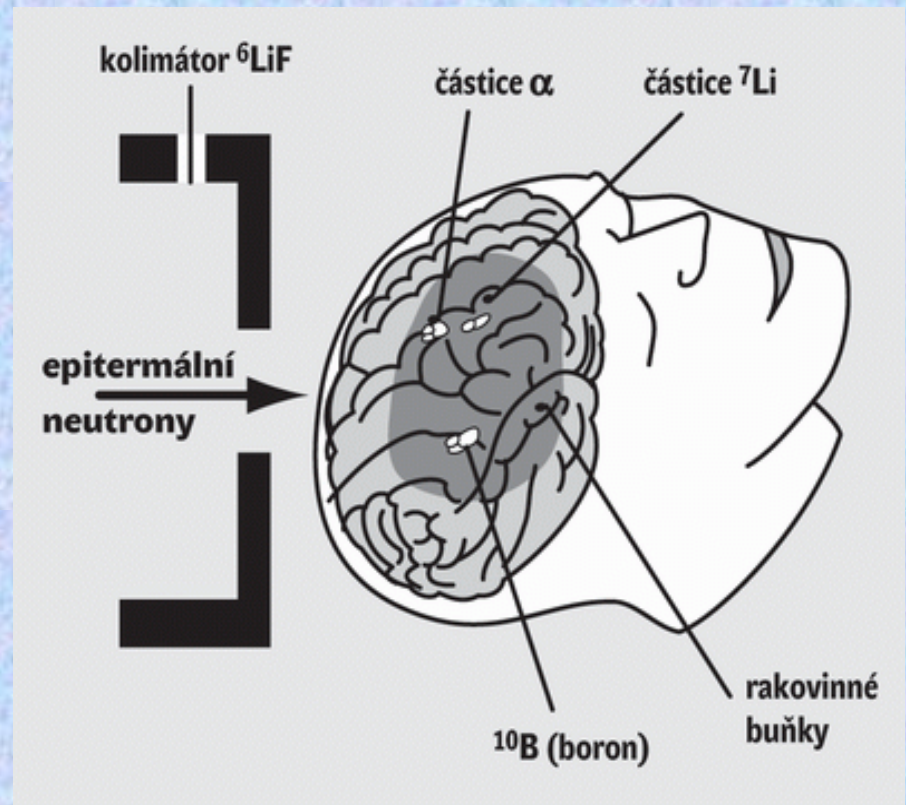
# Cyklické sloučeniny boru s vazbou B – N

## BN analoga naftalenu a bifenyly



# Využití sloučenin boru v terapii nádorů

## Borová neutronová záchytová terapie - NBCT



-U mozkových nádorů je nejprve do pacientova těla injekčně vpravena borová sloučenina, která má tu specifickou vlastnost, 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.