

# B, Al

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

Vodík 1 <b>H</b> 1,00794(7)	
--------------------------------------	--

Lithium 3 <b>Li</b> 6,941(2)	Beryllium 4 <b>Be</b> 9,012182(3)
---------------------------------------	--

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

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
------------	-----------	----------	-----------	------------	-----------	-----------	------------	-----------	------------

13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 0
-------------	------------	-----------	------------	-------------	---------

					Helium 2 <b>He</b> 4,002602(2)
--	--	--	--	--	---

Bor 5 <b>B</b> 10,811(7)	Uhlík 6 <b>C</b> 12,0107(8)	Dusík 7 <b>N</b> 14,00674(7)	Kyslík 8 <b>O</b> 15,9994(3)	Fluor 9 <b>F</b> 18,9984032(5)	Neon 10 <b>Ne</b> 20,1797(6)
-----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---	---------------------------------------

Hliník 13 <b>Al</b> 26,981538(2)	Křemík 14 <b>Si</b> 28,0855(3)	Fosfor 15 <b>P</b> 30,973761(2)	Síra 16 <b>S</b> 32,066(6)	Chlor 17 <b>Cl</b> 35,4527(9)	Argon 18 <b>Ar</b> 39,948(1)
---	---	--	-------------------------------------	--	---------------------------------------

Draslík 19 <b>K</b> 39,0983(1)	Vápník 20 <b>Ca</b> 40,078(4)	Skandium 21 <b>Sc</b> 44,955910(8)	Titan 22 <b>Ti</b> 47,867(1)	Vanad 23 <b>V</b> 50,9415(1)	Chrom 24 <b>Cr</b> 51,9961(6)	Mangan 25 <b>Mn</b> 54,938049(9)	Železo 26 <b>Fe</b> 55,845(2)	Kobalt 27 <b>Co</b> 58,933200(9)	Nikl 28 <b>Ni</b> 58,6934(2)	Měď 29 <b>Cu</b> 63,546(3)	Zinek 30 <b>Zn</b> 65,39(2)
---	--	---	---------------------------------------	---------------------------------------	--	---	--	---	---------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------

Gallium 31 <b>Ga</b> 69,723(1)	Germanium 32 <b>Ge</b> 72,61(2)	Arsen 33 <b>As</b> 74,92160(2)	Selen 34 <b>Se</b> 78,96(3)	Brom 35 <b>Br</b> 79,904(1)	Krypton 36 <b>Kr</b> 83,80(1)
---	--	---	--------------------------------------	--------------------------------------	--

Rubidium 37 <b>Rb</b> 85,4678(3)	Stroncium 38 <b>Sr</b> 87,62(1)	Yttrium 39 <b>Y</b> 88,90685(2)	Zirkonium 40 <b>Zr</b> 91,224(2)	Niob 41 <b>Nb</b> 92,90638(2)	Molybden 42 <b>Mo</b> 95,94(1)	Technecium 43 <b>Tc</b> (98,9063)	Ruthenium 44 <b>Ru</b> 101,07(2)	Rhodium 45 <b>Rh</b> 102,90550(2)	Palladium 46 <b>Pd</b> 106,42(1)	Stříbro 47 <b>Ag</b> 107,8682(2)	Kadmium 48 <b>Cd</b> 112,411(8)
---	--	--	---	--	---	--	---	--	---	---	--

Indium 49 <b>In</b> 114,818(3)	Cín 50 <b>Sn</b> 118,710(7)	Antimon 51 <b>Sb</b> 121,760(1)	Tellur 52 <b>Te</b> 127,60(3)	Jod 53 <b>I</b> 126,90447(3)	Xenon 54 <b>Xe</b> 131,29(2)
---	--------------------------------------	--	--	---------------------------------------	---------------------------------------

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

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

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

Francium 87 <b>Fr</b> (223,0197)	Radium 88 <b>Ra</b> (226,0254)
---	---

57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 <b>Hf</b> 178,49(2)	Tantal 73 <b>Ta</b> 180,9479(1)	Wolfram 74 <b>W</b> 183,84(1)	Rhenium 75 <b>Re</b> 186,207(1)	Osmium 76 <b>Os</b> 190,23(3)	Iridium 77 <b>Ir</b> 192,217(3)	Platina 78 <b>Pt</b> 195,078(2)	Zlato 79 <b>Au</b> 196,96655(2)	Rtuť 80 <b>Hg</b> 200,59(2)
---------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------

57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 <b>Hf</b> 178,49(2)	Tantal 73 <b>Ta</b> 180,9479(1)	Wolfram 74 <b>W</b> 183,84(1)	Rhenium 75 <b>Re</b> 186,207(1)	Osmium 76 <b>Os</b> 190,23(3)	Iridium 77 <b>Ir</b> 192,217(3)	Platina 78 <b>Pt</b> 195,078(2)	Zlato 79 <b>Au</b> 196,96655(2)	Rtuť 80 <b>Hg</b> 200,59(2)
---------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------

89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 <b>Rf</b> (261,110)	Dubnium 105 <b>Db</b> (262,1144)	Seaborgium 106 <b>Sg</b> (263,1186)	Bohrium 107 <b>Bh</b> (264,12)	Hassium 108 <b>Hs</b> (265,1306)	Melitnerium 109 <b>Mt</b> (266)	Ununnilium 110 <b>Uun</b> (269)	Ununium 111 <b>Uuu</b> (272)	Ununbium 112 <b>Uub</b> (277)
--------------------------	--	---	--	---	---	--	--	---------------------------------------	--

89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 <b>Rf</b> (261,110)	Dubnium 105 <b>Db</b> (262,1144)	Seaborgium 106 <b>Sg</b> (263,1186)	Bohrium 107 <b>Bh</b> (264,12)	Hassium 108 <b>Hs</b> (265,1306)	Melitnerium 109 <b>Mt</b> (266)	Ununnilium 110 <b>Uun</b> (269)	Ununium 111 <b>Uuu</b> (272)	Ununbium 112 <b>Uub</b> (277)
--------------------------	--	---	--	---	---	--	--	---------------------------------------	--

13. skupina – 3 valenční elektrony

konfigurace  $ns^2 np^1$

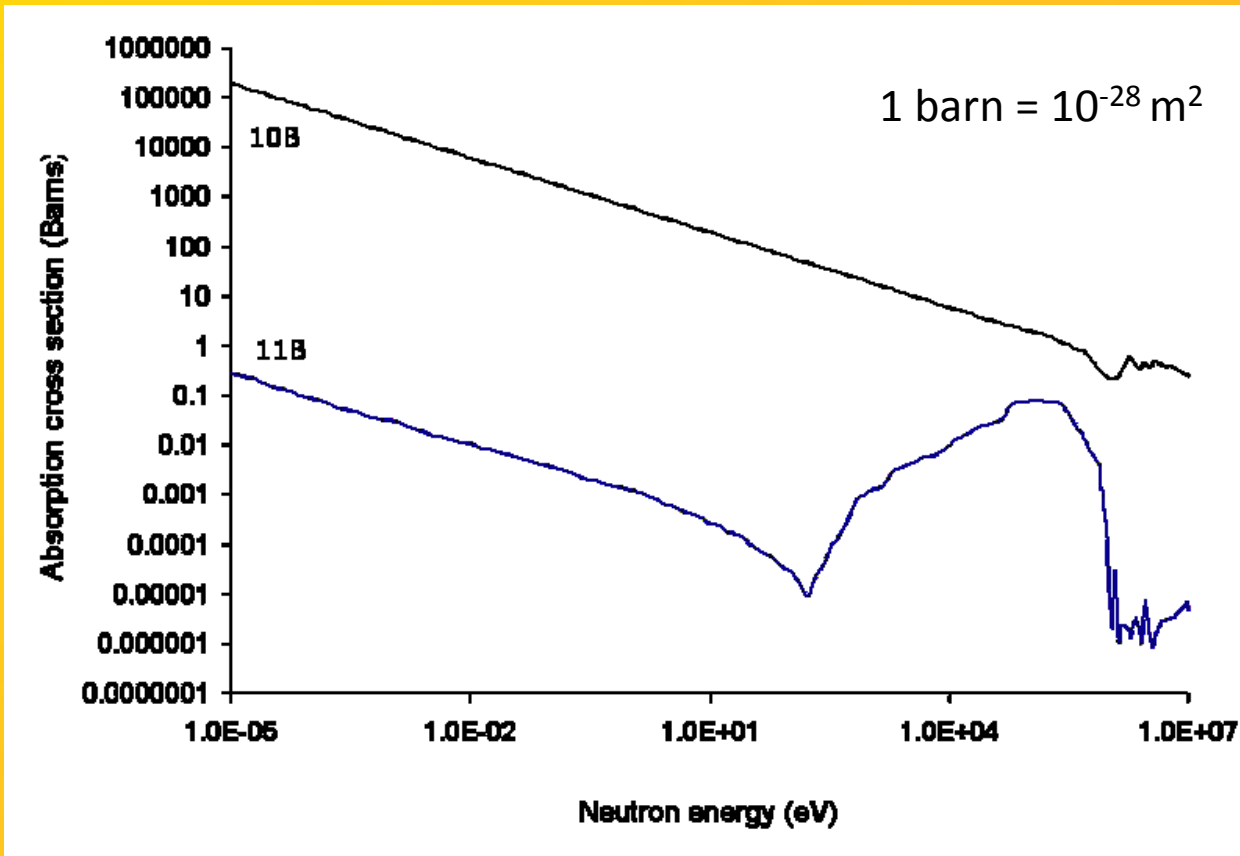
Prvek	$X$	$I^I$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$I^{II}$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$I^{III}$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$E^0$ [V]	$\rho$ [g cm <sup>-3</sup> ]	$b. t.$ [°C]	$b. v.$ [°C]	$r$ [pm]
<b>B</b>	2,0	801	2427	3660	-1,8b	2,4	2076	3927	90
<b>Al</b>	1,6	578	1817	2745	-2,3b	2,7	660	2519	143

**B**  $9 \cdot 10^{-4}$  %; **Al** 8,3 %

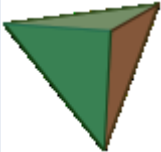


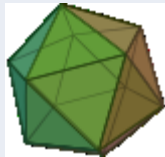
Oxidační číslo +3, +2, +1

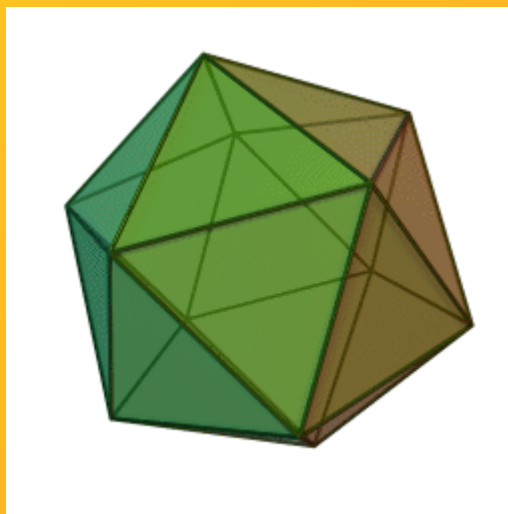
# Obecné informace

- **Bor** - chemie **nejsložitější** po C, jediný **nekov** ve 13. skupině
- **chemicky** se podobá **Si**, částečně C, **vzácný** prvek
- B má 2 stabilní izotopy, Al jeden
- $^{10}\text{B}$  (20%) má velký účinný průřez pro záchyt n



- **Bor** - amorfní i několik krystalických modifikací, tvrdost 9,5
- inertní v žáru mimořádně stálý
- základní strukturní motiv boru a jeho sloučenin je **ikosaedr  $B_{12}$**
- B rád tvoří **polycenterní elektronově deficitní vazby**
- (boron – borax + *carbon*)

Pět platónských těles				
tetraedr	krychle	oktaedr	dodekaedr	ikosaedr
				



- **B** ve sloučeninách tvoří **kovalentní vazby**, v oxidačním stupni +III (výjimečně +II), kationty  $B^{3+}$  však neexistují (vysoká  $I^{III}$ ), velmi často se jedná o vazby **elektronově deficitní**
- **Al** stříbrobílý, kujný **kov** s výbornou tepelnou i elektrickou vodivostí (staré vodiče), *alumen* – hořká sůl  **$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$**  - *aluminium*
- **třetí nejrozšířenější prvek** v zemské kůře
- oxidační číslo + III (výjimečně +I a +II), kationty  $Al^{3+}$  se však téměř nevyskytují (vysoká  $I^{III}$ )
- povrch se na vzduchu **pasivuje** (povrch oxiduje)
- snadno **vytváří slitiny** se všemi kovy

Tabulka 7.1. Cena kovového hliníku (\$ za kg)

1852	1854	1855	1856	1857	1858	1886	
1 200	600	250	75	60	25	17	
→ Zavedení procesu Na/ $AlCl_3$ podle Devilla							
1888	1890	1895	1900	1950	1964	1974	1982
11,5	5,0	1,15	0,73	0,40	0,53	0,75	0,93
				↑ minimum			
→ Zavedení elektrolýzy podle Héroult-Halla							

# Základní chemické informace

## B

- v III+ hybridizace  $sp^2$  s volným  $2p_z$  orbitalem vhodným k tvorbě  $\pi$  vazeb
- za laboratorní teploty reaguje s  $F_2$  a s  $O_2$  (na povrchu)

## Al

- reaguje s kyselinami i hydroxidy je **amfoterní**



- může tvořit až 6  $\sigma$  vazeb, proti B tedy hybridizace  $sp^2$  není příliš oblíbená, může použít i prázdné orbitaly 3d ( $sp^3d^2$ )  $[\text{AlF}_6]^{3-}$
- na vzduchu hoří svítivým plamenem na  $\text{Al}_2\text{O}_3$

# Výroba a použití

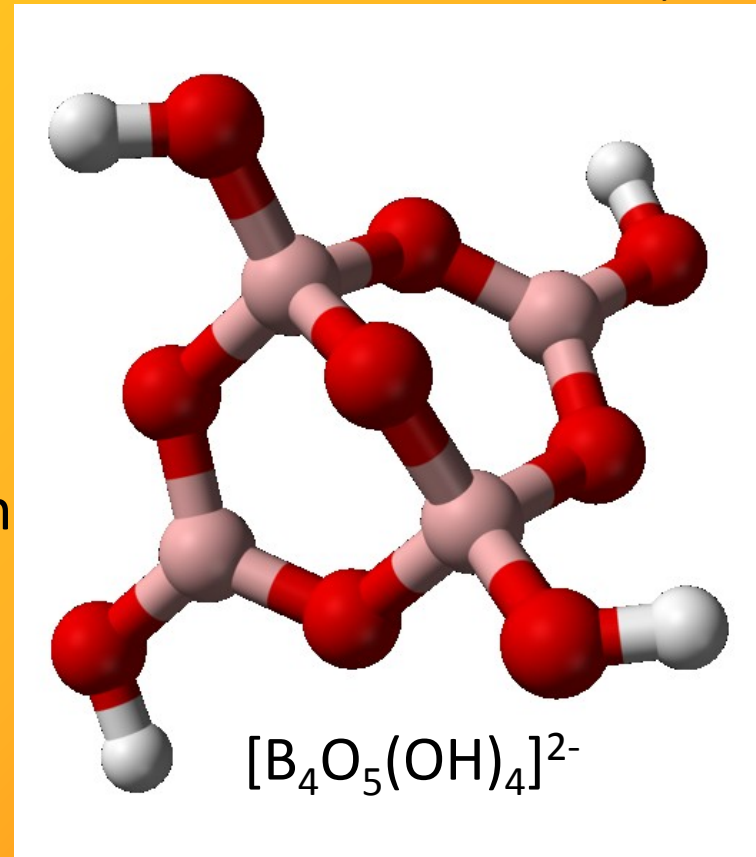
## B

*výroba:*

- **kernit**  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , **borax**  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (nepřesně  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )
- převede se na  $\text{BBr}_3$  a poté se rozkládá na rozžhaveném Ta vlákně, či rozkladem  $\text{B}_2\text{H}_6$
- průmyslově redukcí  $\text{B}_2\text{O}_3$  Mg či Na

*použití:*

- v letecké a raketové technice
- golfové hole, rybářské pruty
- chemická vakuová depozice na W vlákn
- pyrotechnika (amorfní bor)





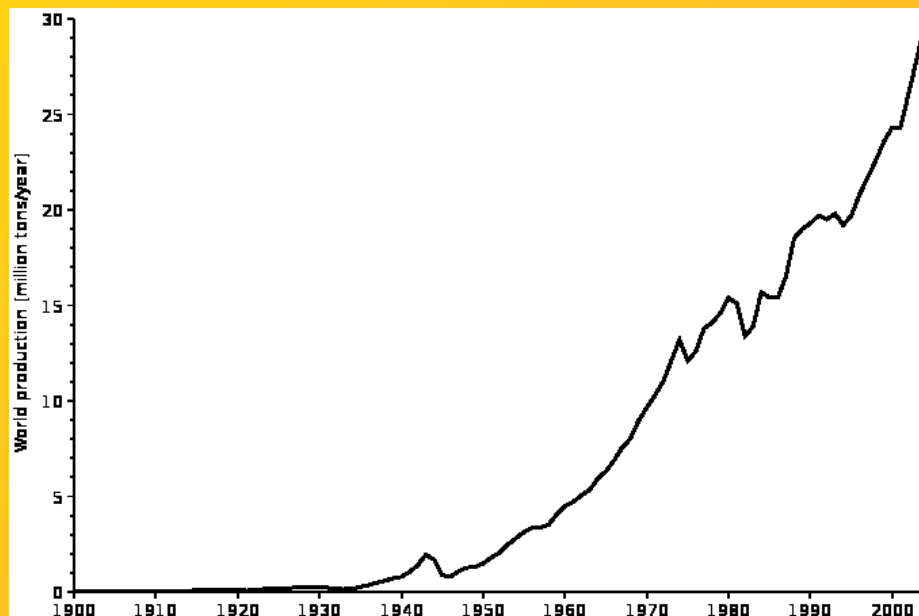
# Al

## výroba:

- bauxit ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{AlO}(\text{OH})$ ), kryolit  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ , korund  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  (tvrdost 9,0)
- Hérault – Hall 1886 (oběma 22 let) elektrolýza  $\text{Al}_2\text{O}_3$  v  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$

## použití:

- fólie; zrcadla (odráží > 90 %); slitiny – letadla, rakety, konstrukce; elektronika; pyrotechnika; termit





# Aluminotermie

- vysoká afinita hliníku ke kyslíku



- svařování kovů, příprava kovů
- termitové bomby či granáty ve 2. světové válce
- **nebezpečí:** intenzivní světlo včetně UV, hořící po smísení s vodou vybuchuje

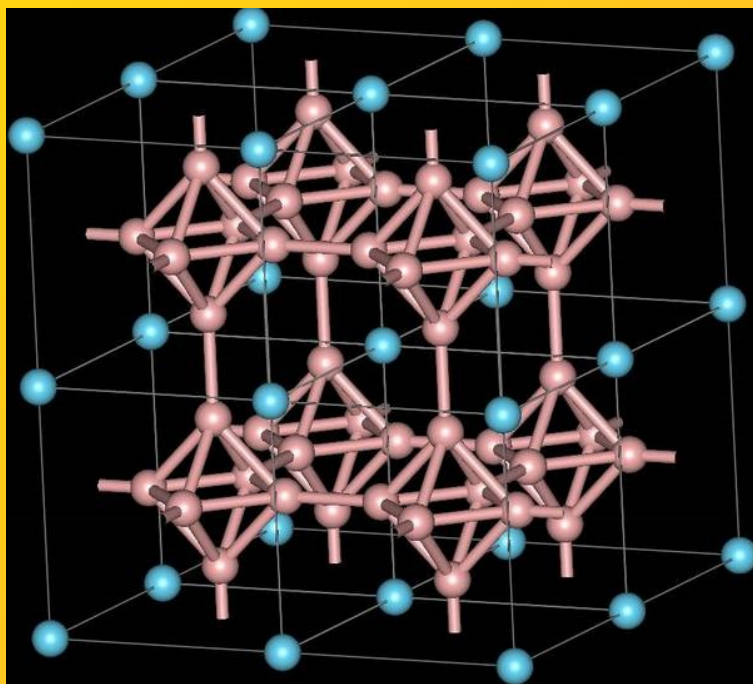
# Sloučeniny

B

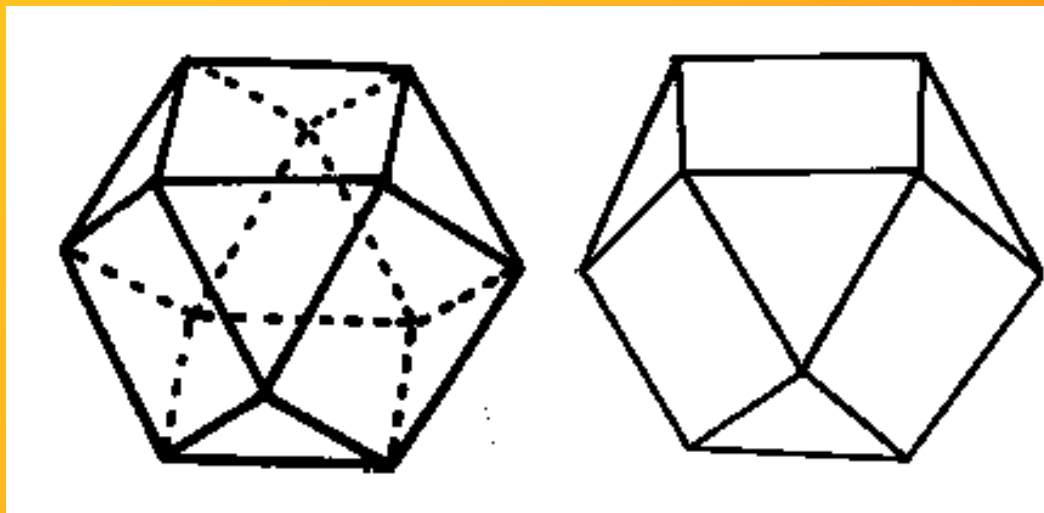
## Boridy

Struktura složitá ( $M_5B$  až  $MB_{66}$ ) – **polycenterní elektronově deficitní** vazby, boridy bohaté na kov jsou žáruvzdorné, tvrdé, inertní

$MB_6$



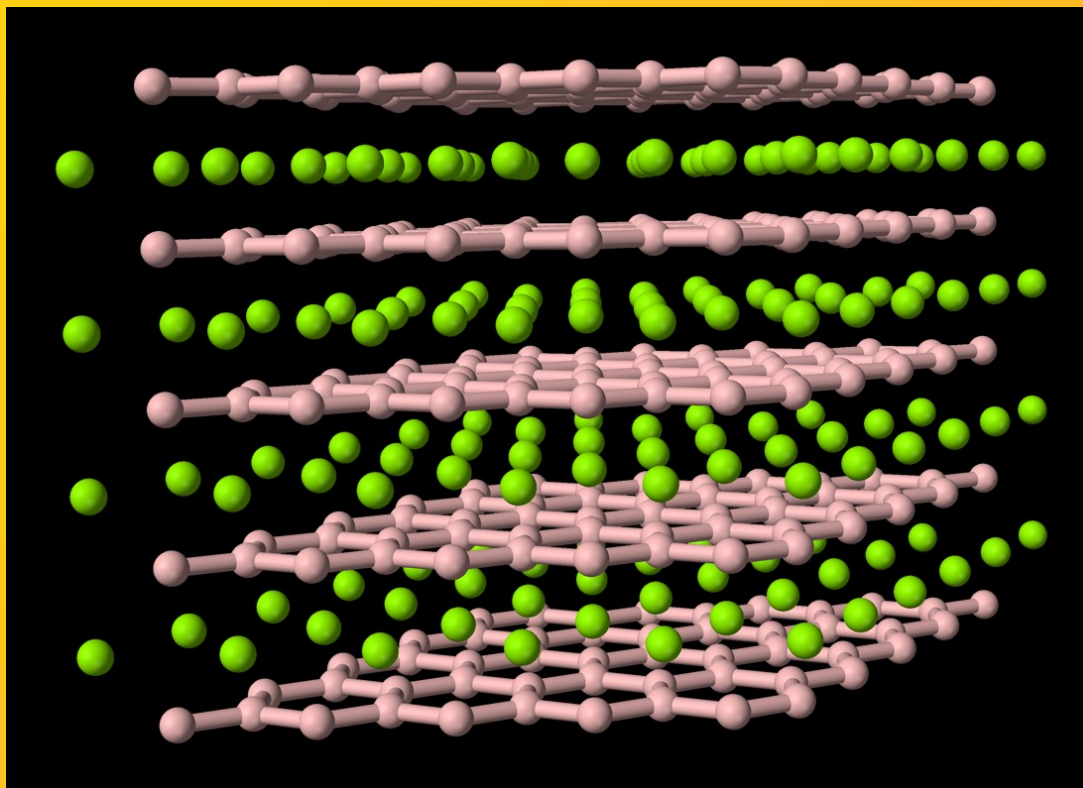
$MB_{12}$



## Boridy $\text{AlB}_2$ , $\text{AlB}_{12}$

- $\text{AlB}_2$  s kyselinami i vodíkem vznikají toxické plyny
- $\text{AlB}_{12}$  velice tvrdý používá se k mletí a broušení

$\text{AlB}_2$



*Výroba:* přímá syntéza z prvků, elektrolytické vylučování z roztavených solí, redukce oxidů B<sub>4</sub>C

*Použití:* tepelně a chemicky namáhané povrchy (trysky, elektrody, regulační tyče)

## **Borany - sloučeniny boru s vodíkem**

- složité vazebné poměry – třícenterní elektrondeficitní vazby
- plynné, kapalně i pevné sloučeniny, reaktivní (snaha přejít na vysoce stabilní B<sub>12</sub> a H<sub>2</sub>)

*Výroba:* vychází se z diboranu, **diboran:**



*Průmyslově:*



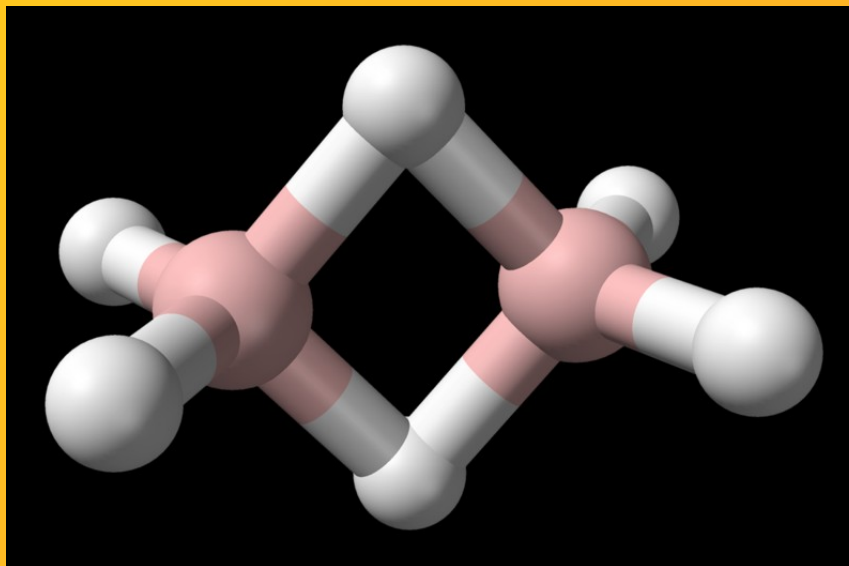
*Reakce diboranu:*



Nejjednodušší nabitá BH částice:  $[\text{BH}_4]^-$



$\text{B}_2\text{H}_6$



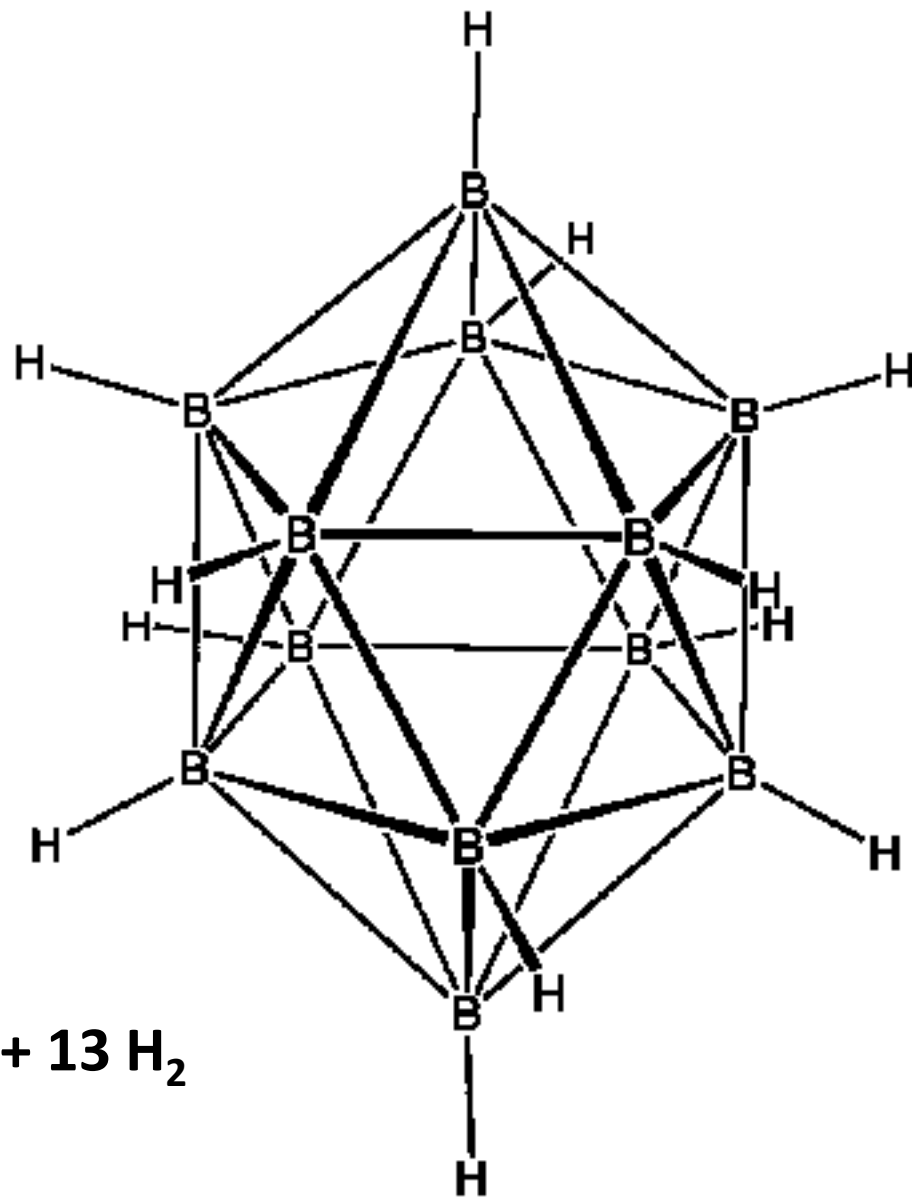


## Strukturní typy boranů:

*closo*-borany  $B_nH_{n+2}$ :

Existují pouze ve formě aniontů

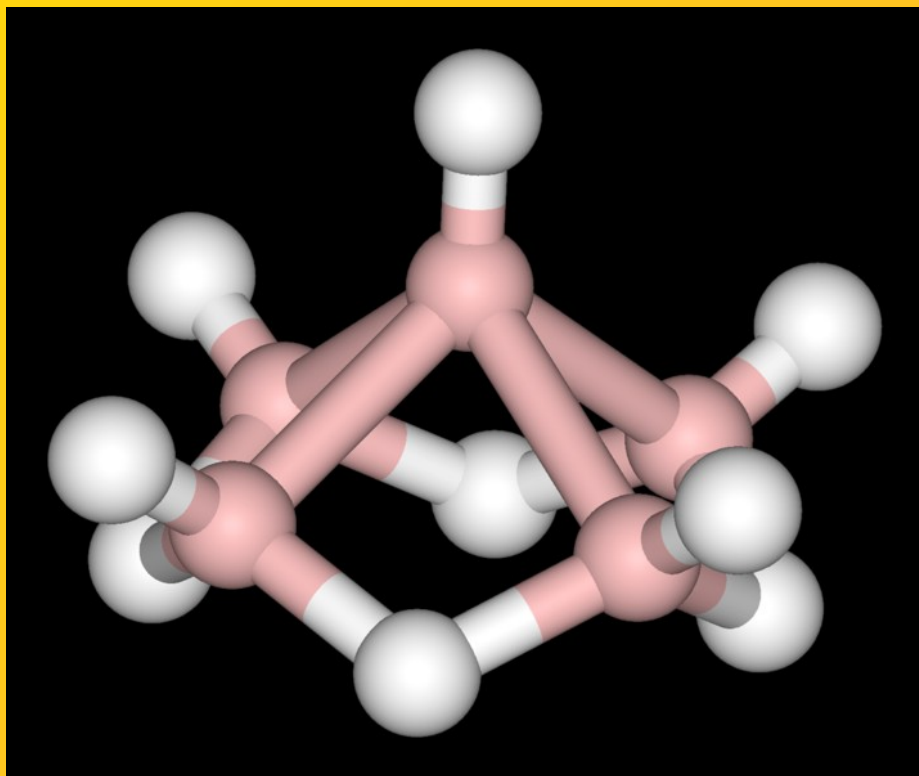
$2 Cs^+$





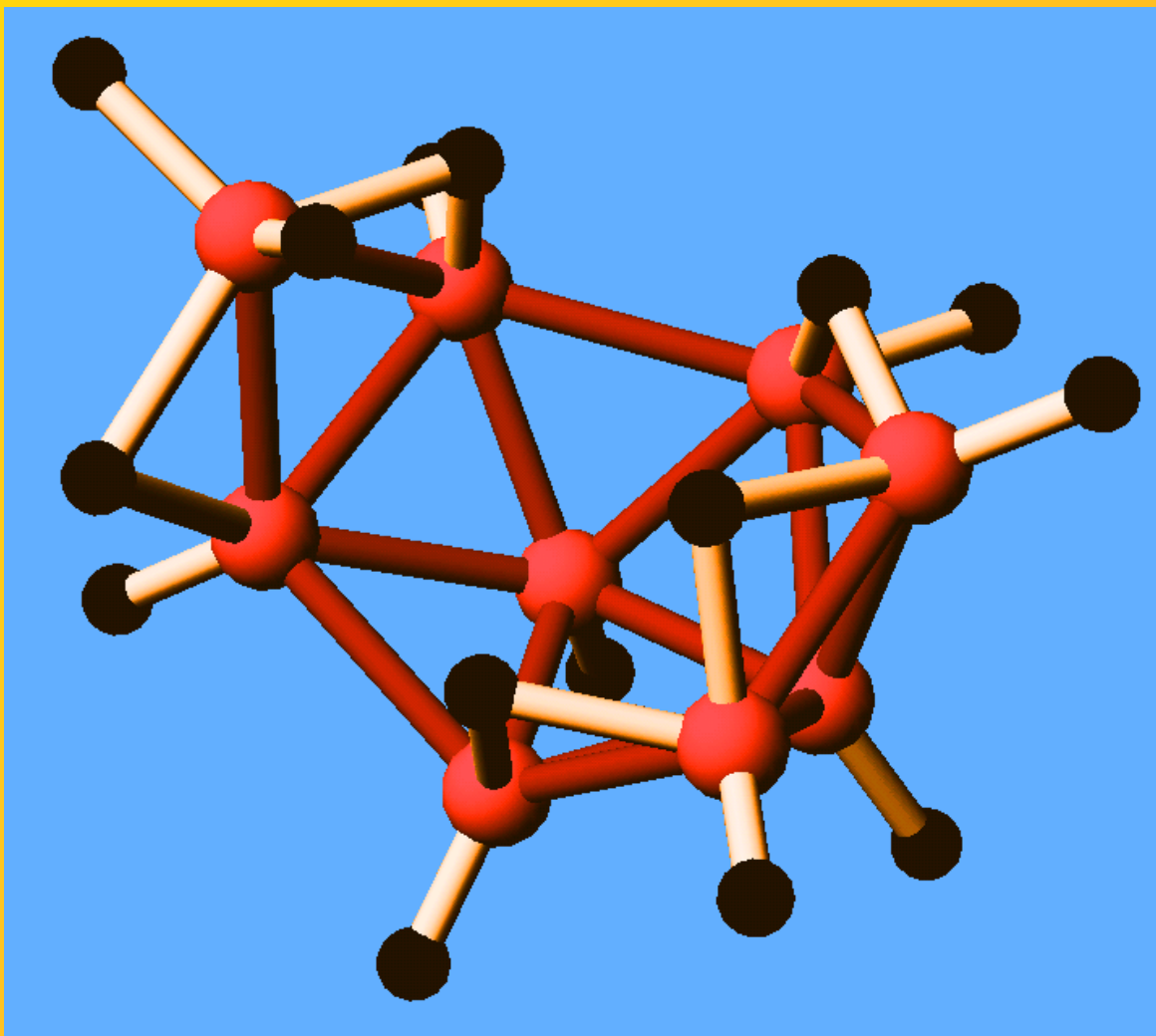
## ***nido*-borany $B_nH_{n+4}$ :**

Existují i ve formě 1- až 2- aniontů, patří sem formálně i  $BH_4^-$ ,  
připravují se opatrnou pyrolýzou diboranu



**$B_5H_9$  *nido*-pentaboran(9)**

*arachno*-borany  $B_nH_{n+6}$ :

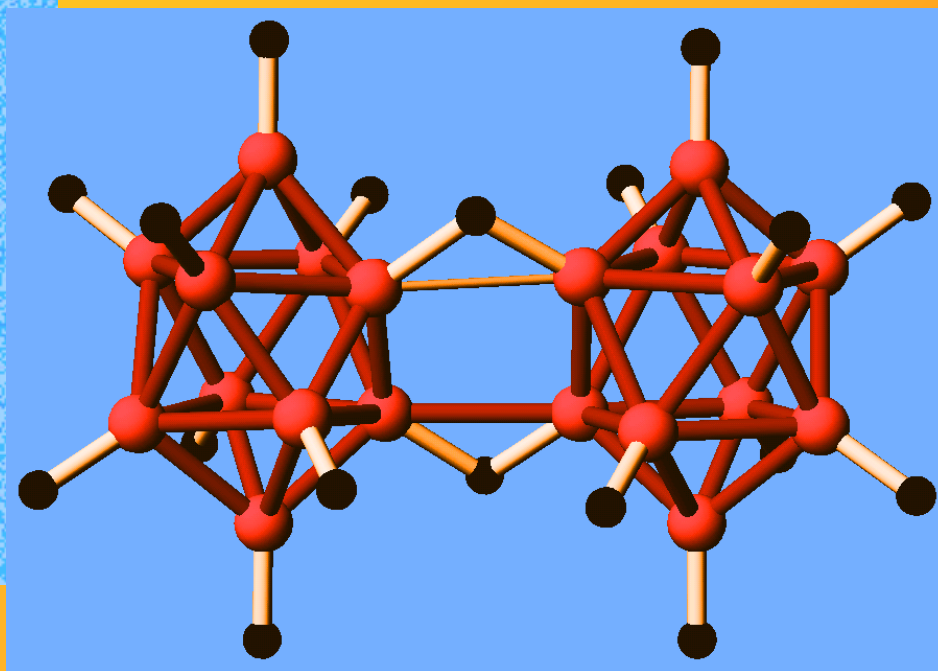
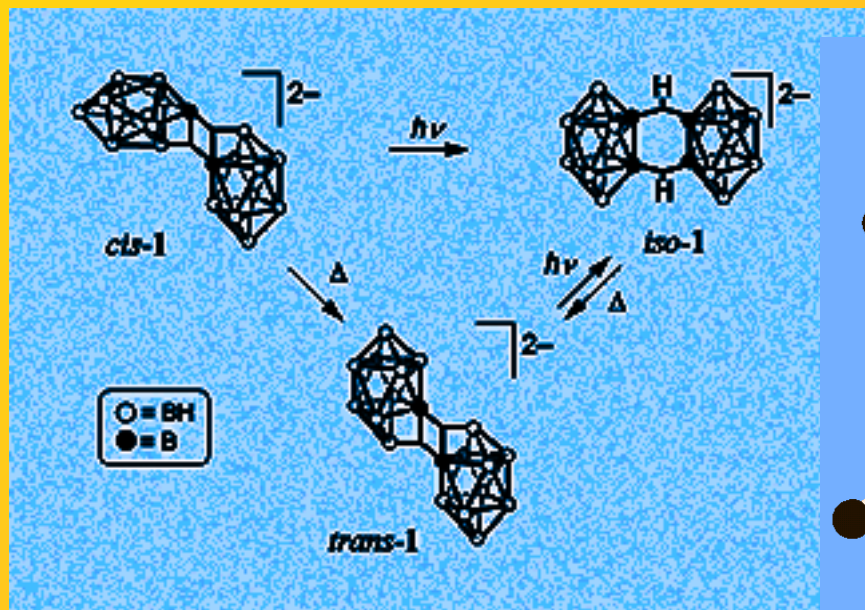


## *hypho*-borany $B_nH_{n+8}$ :

Nejotevřenější struktury.

## *conjuncto*-borany:

Vznikají spojením dvou nebo více předchozích typů.

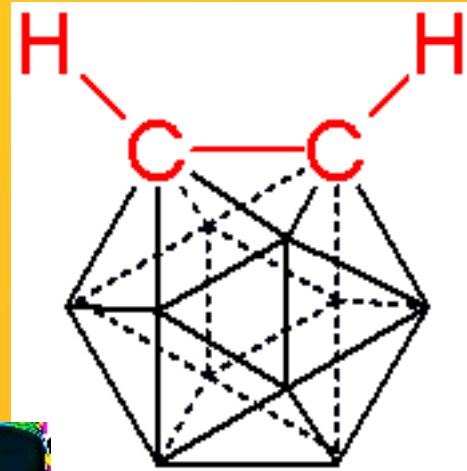


# Sloučeniny s C

Nahrazením alespoň jedné skupiny BH skupinou CH či C – **karborany**, vznikají pyrolýzou alkinu a boranu, nejčastěji *closo*-karborany

## $B_4C$ – karbid tetraboru

Velice tvrdá a termicky stabilní látka, vzniká žháním boru či oxidu boritého s C, brusný materiál neprůstřelné vesty

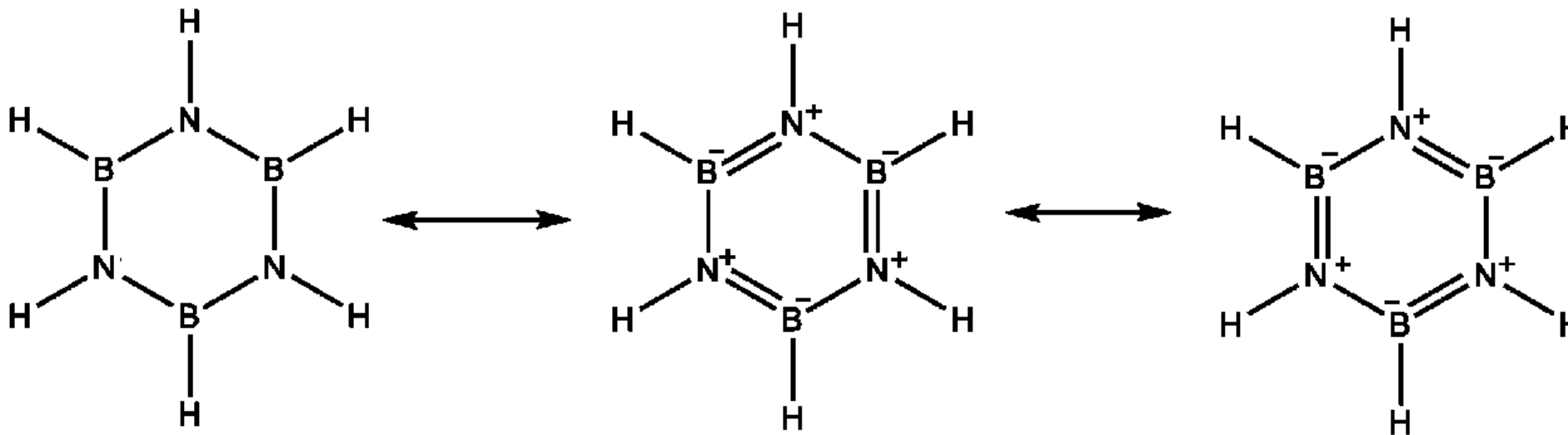


# Sloučeniny s N

## Borazol (borazin), $B_3N_3H_6$

- je příbuzný benzenu – tzv. anorganický benzen, je však reaktivnější
- reaguje s vodou, methanolem, halogenovodíky atd.

*Příprava:*

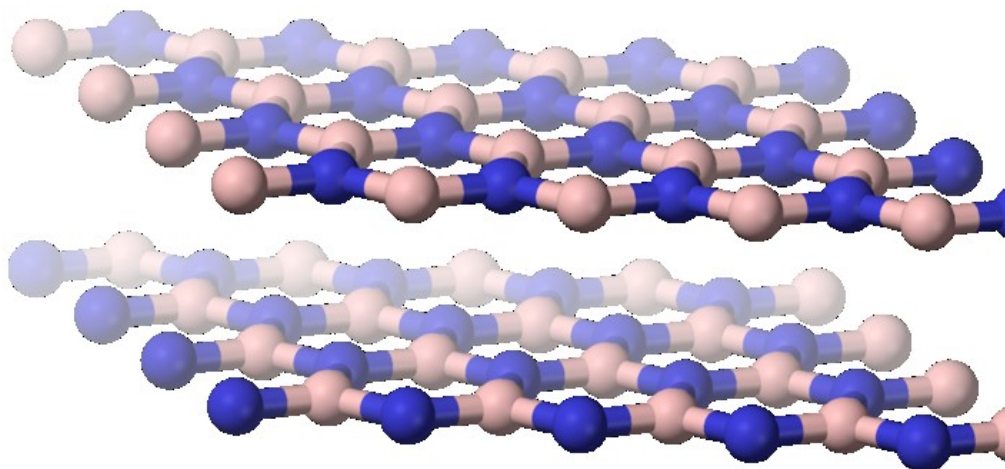




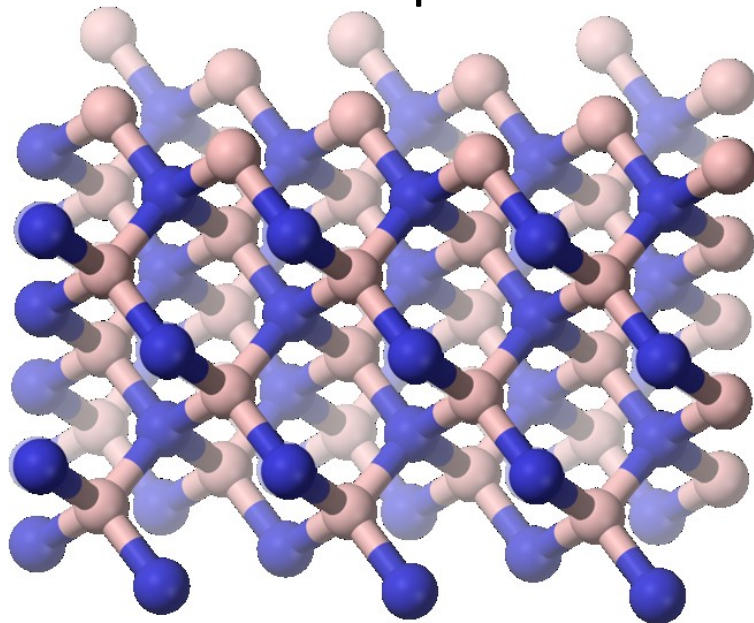
# BN, nitrid boritý

Bílý, nevodivý, termicky stálý, málo reaktivní, příprava velice náročná, tvrdostí dosahuje či překonává diamant

$\alpha$  - BN



$\beta$  - BN





## Sloučeniny s kyslíkem

$(\text{BO})_n$  – suboxid „oxid bornatý“

$\text{B}_2\text{O}_3$  - oxid boritý - anhydrid kys. borité, s vodou opět k. boritá vzniká



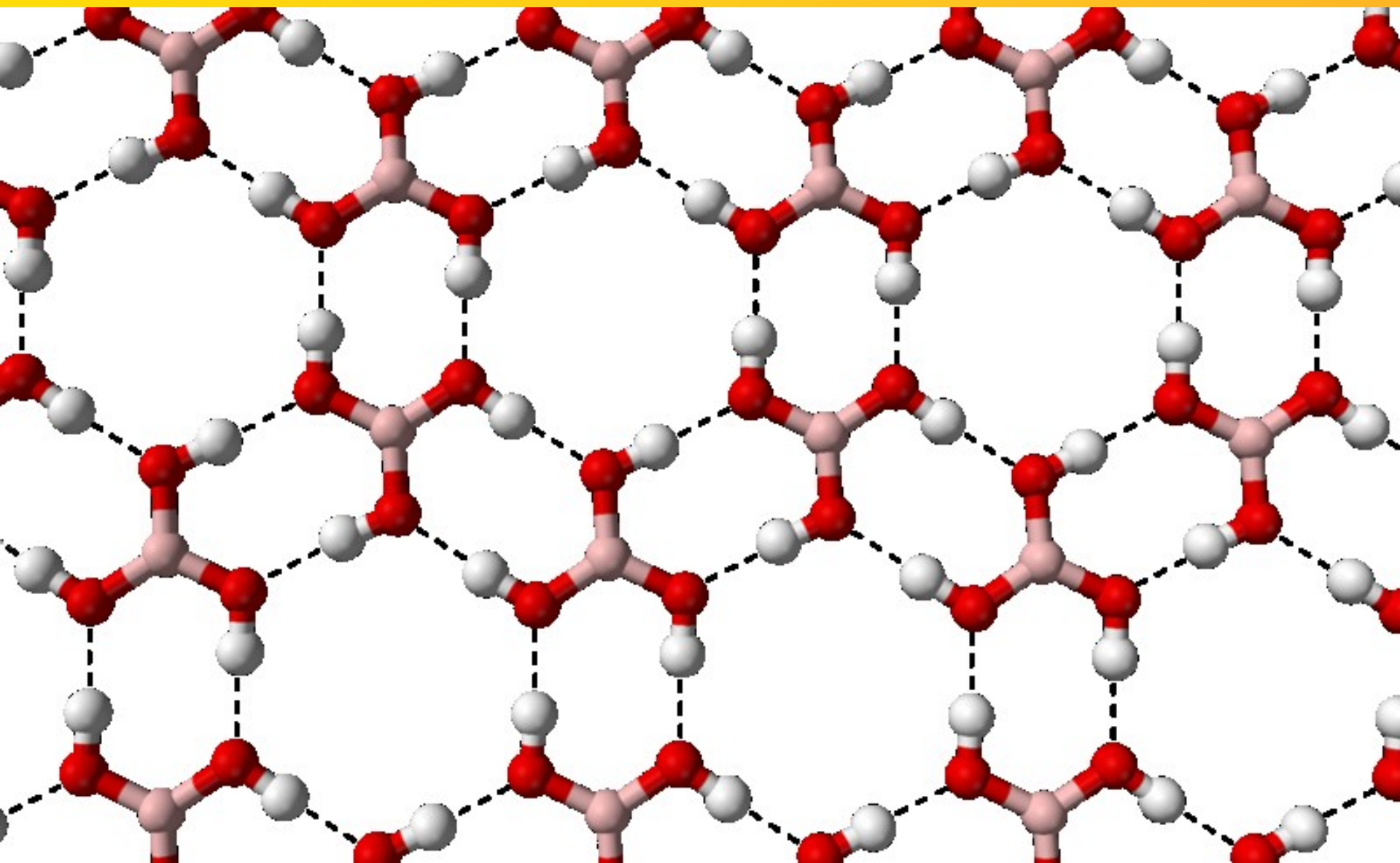
$\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{B}(\text{OH})_3$ , kyselina boritá – slabá kyselina (výhradně adice  $\text{OH}^-$ )



*Příprava:*

- působením silné kyseliny na borax, zahřáním přechází na  $\text{HBO}_2$ , dále až na  $\text{B}_2\text{O}_3$ .





# Boritany – soli k. trihydrogenborité či monohydrogenborité

## *Příprava:*

- reakce kyselin s oxidy či hydroxidy alkalických kovů
- struktura je většinou komplikovanější (viz borax  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )
- $\text{Na}_2[\text{B}_2(\text{O}_2)_2(\text{OH})_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – př. reakcí peroxidu sodného s k. trihydrogenboritou

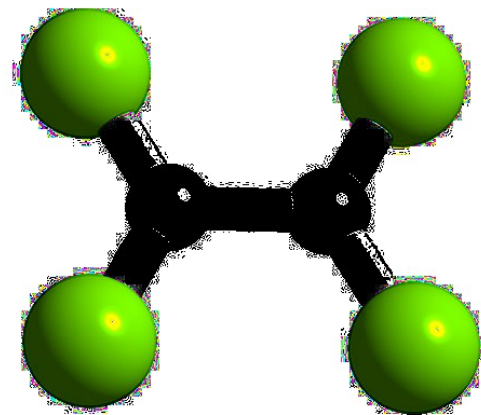
## *Použití:*

- výchozí surovina dalších sloučenin boru
- boraxové perličky – charakteristicky se barví s různými oxidy kovů
- smaltované nádoby, optika, pájení kovů
- peroxoboritan sodný jako bělicí složka v pracích prášcích

## Sloučeniny s halogeny

### $BX_3$

- Lewisovy kyseliny síla klesá v řadě od  $BI_3$  k  $BF_3$



$B_2F_4$

- vazba B-F je nejsilnější známá „jednoduchá“ vazba ( $646 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )
- mají snahu dimerovat, tyto dimery jsou ale velice reaktivní
- Tvorba **DA-komplexů**:  $BF_3\cdot NH_3$ ,  $BF_3\cdot H_2O$ ,  $BF_3\cdot 2H_2O$ ,  $BF_3\cdot Et_2O$ ...

$BF_3$  se vodou zpočátku hydratuje, poté vzniká  $HF_4$



Ostatní halogenidy ve vodě hydrolyzují



*Příprava:*

**BF<sub>3</sub> (b. v. -101 °C)**



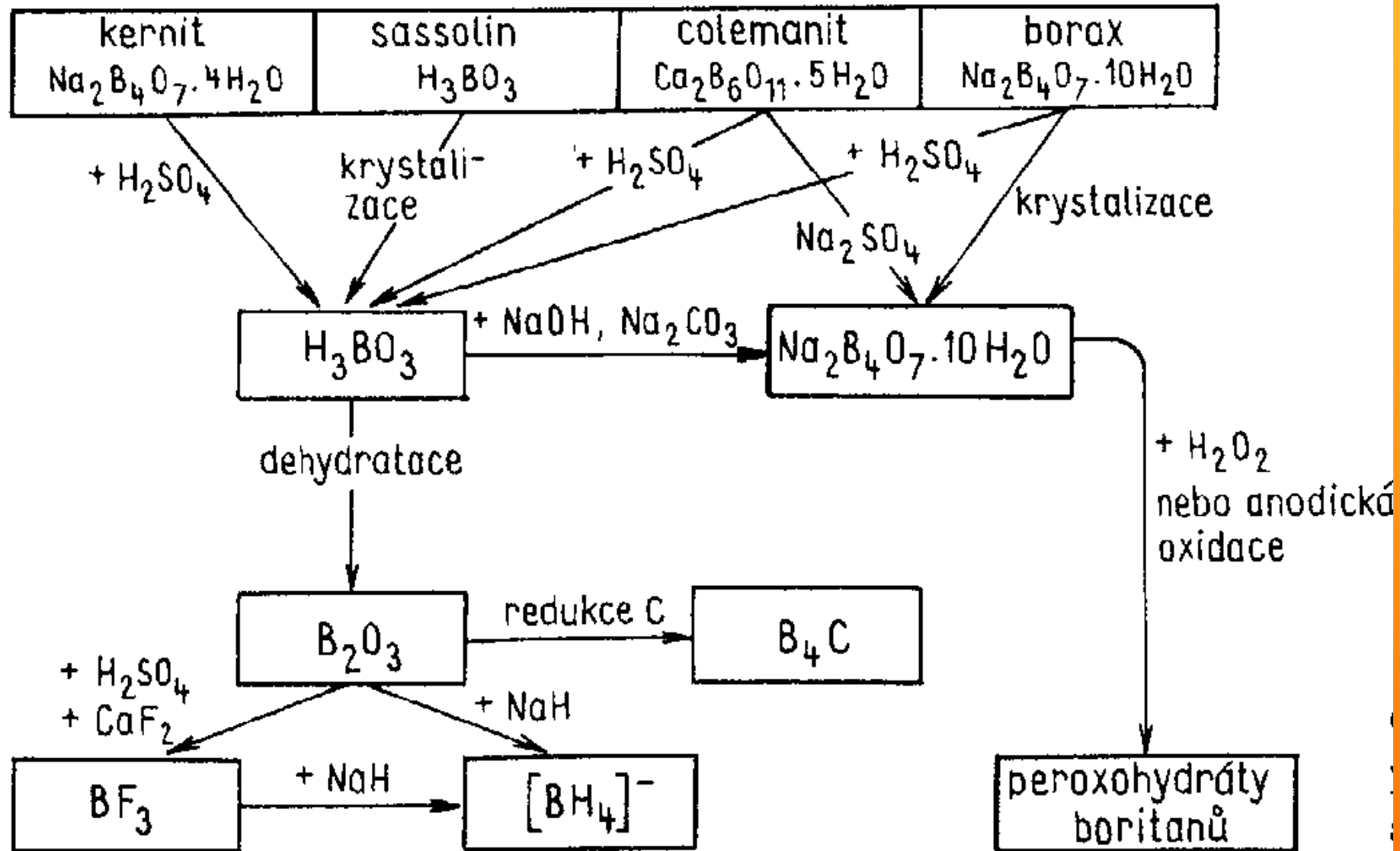
**BCl<sub>3</sub> (b. v. 13 °C)**



*Použití:*

- **BF<sub>3</sub>** – katalyzátor v organické syntéze
- **BCl<sub>3</sub>** – výroba B a čištění kovů (Zn, Al, Mg, Cu), organická syntéza

# Průmyslové výroby sloučenin B





# Sloučeniny

## Al

### Alan, $\text{AlH}_3$

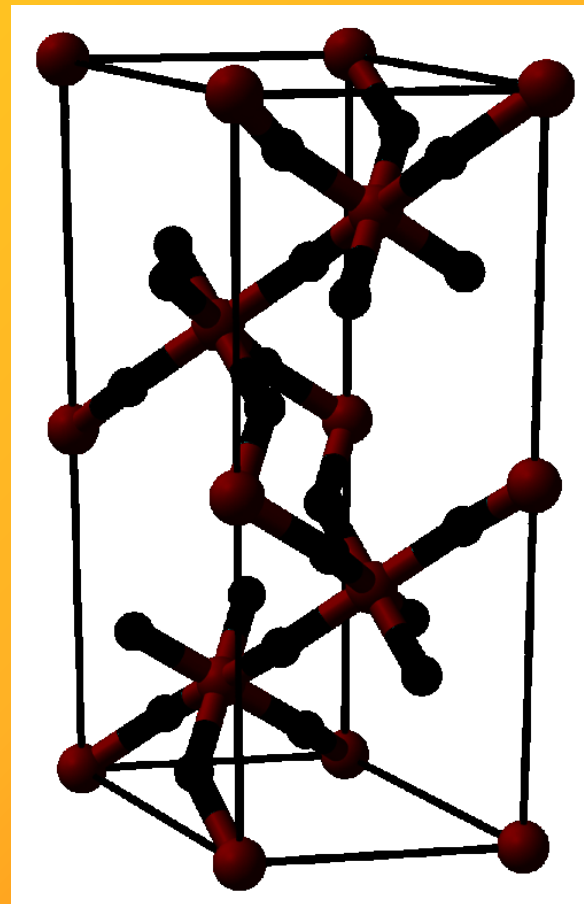
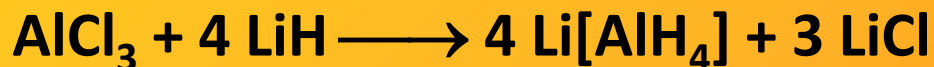
- bezbarvý, netěkavý

*Příprava:*



### $\text{Li}[\text{AlH}_4]$

- bílý, krystalický, termicky celkem stálý
- všestranné **redukční činidlo** především v organické syntéze



## $\text{Al}_4\text{C}_3$ , $\text{AlN}$ , $\text{AlP}$

- obtížně tavitelné, tvrdé, reagují s vodou
- $\text{Al}_4\text{C}_3$  - s vodou vzniká hydroxid hlinitý a methan
- $\text{AlN}$  – s vodou vzniká hydroxid hlinitý a amoniak
- $\text{AlP}$  – s vodou vzniká hydroxid hlinitý a fosfan

## $\text{Al}_2\text{O}_3$

- v přírodě jako **korund**, vzniká hořením Al či žíháním  $\text{Al}(\text{OH})_3$
- tvrdost 9 použití jako tzv. **smirek**, dále jako brusivo (i zubní pasty), žáruvzdorné hmoty, keramiky, vláknitý se používá jako filtrační médium, izolace, zpevnění slitin, karoserie

# MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, spinel(y), MAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

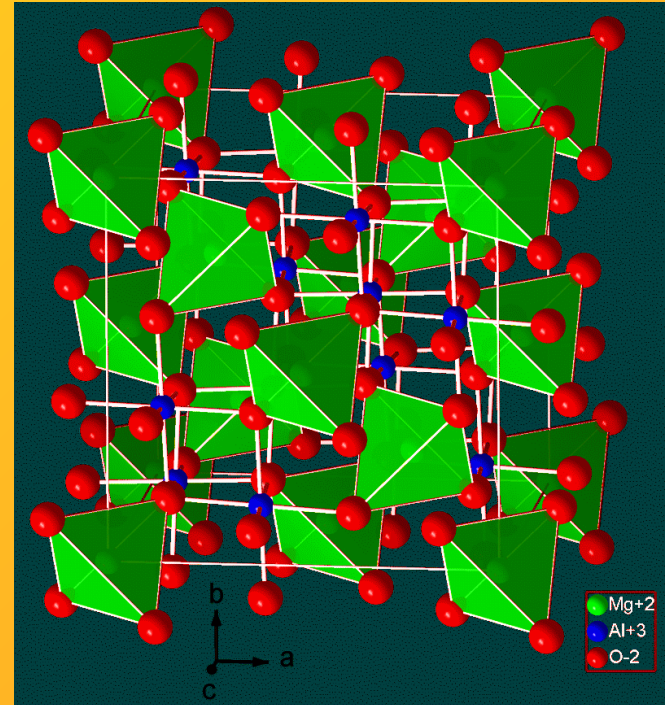
- v podstatě smíšené **oxidy** zajímavých elektrických vlastností
- využívají se v elektronice, v člancích apod.

MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - spinel

FeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - hercynit

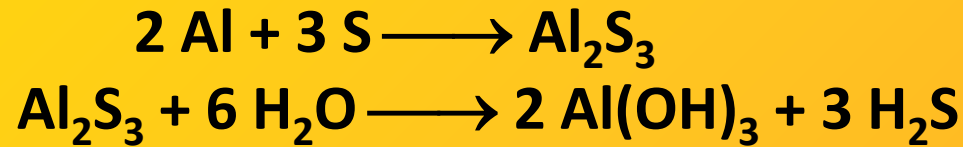
ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - gahnit

CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - Thenardova modř



## Na-β-alumina

- struktura příbuzná spinelové, stabilizovaná kationty Na<sup>+</sup>
- tuhý elektrolyt – vysoká elektrická vodivost



- příprava extrémně exotermní!!!

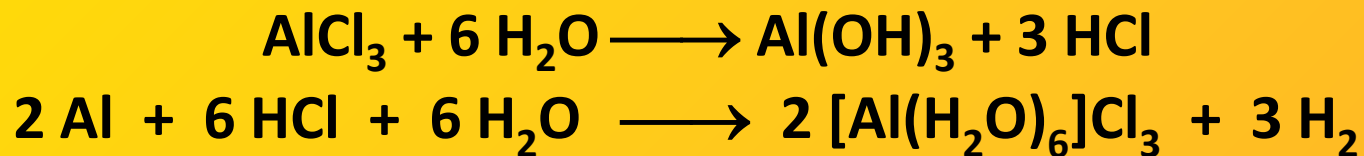
## AlX

- AlCl chlorid hlinný využívá se při výrobě Al
- snadno disproportionuje na Al a AlCl<sub>3</sub>

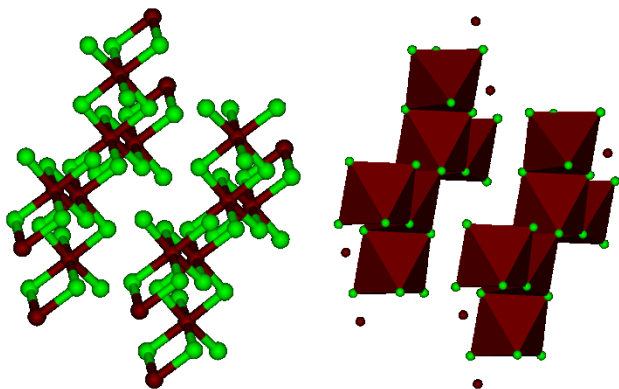


## AlX<sub>3</sub>

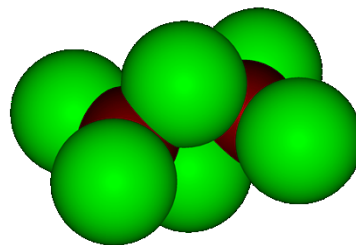
- vznikají přímou reakcí prvků, vodou se hydrolyzují



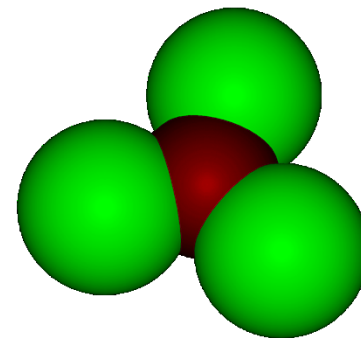
- dehydratace není možná, dochází k hydrolyze
- snadno tvoří tetraedrické komplexy, **Lewisova kyselina**, používá se v **organické syntéze**



solid state crystal structure



dimer  
(liquid and gas phases)



monomer  
(high temperature gas phase)

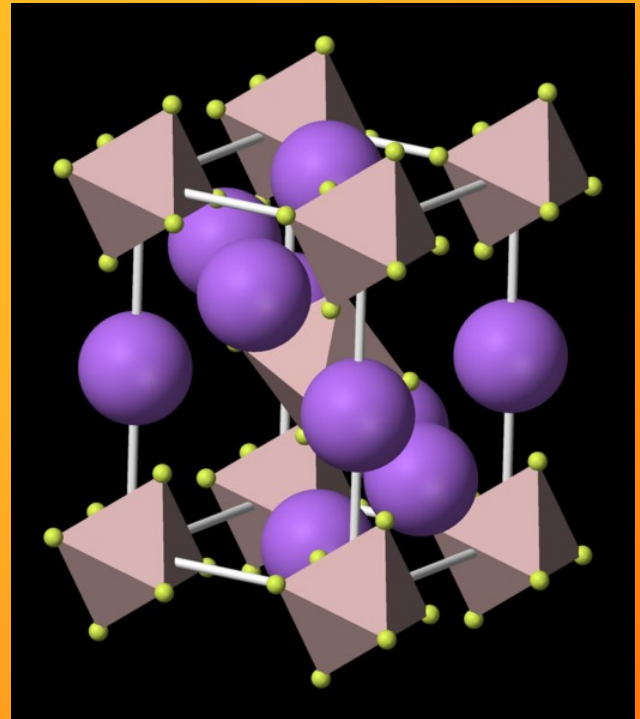
# AlF<sub>3</sub>



- netěkavý, málo reaktivní, ani s vodou nereaguje
- používá se při výrobě Al, snižuje t. t. a zvyšuje vodivost
- s fluoridy kovů tvoří fluorohlinitany

## M[AlF<sub>4</sub>], M<sub>2</sub>[AlF<sub>5</sub>] a M<sub>3</sub>[AlF<sub>6</sub>]

- nejznámější je **kryolit Na<sub>3</sub>[AlF<sub>6</sub>]**
- výroba mléčného skla, smaltů a hlavně Al





## **AlO(OH), Al(OH)<sub>3</sub>**

- oba jsou to minerály, které se nacházejí v přírodě
- Al(OH)<sub>3</sub> vzniká vysrážením z teplých roztoků Al solí zalkalizováním
- nebo reakcí amalgamu Al s vodou
- působením amoniaku na roztoky hlinitých solí vzniká AlO(OH)
- nejprve ve formě hydrogelu (obsahuje velké množství vody)



- se silnými kyselinami tvoří stabilní soli (reagují kyselě)

**Kamence  $M^I M^{III}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – „alumen“  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$**

**Dihlinitan vápenatý  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$  – složka portlandského cementu**

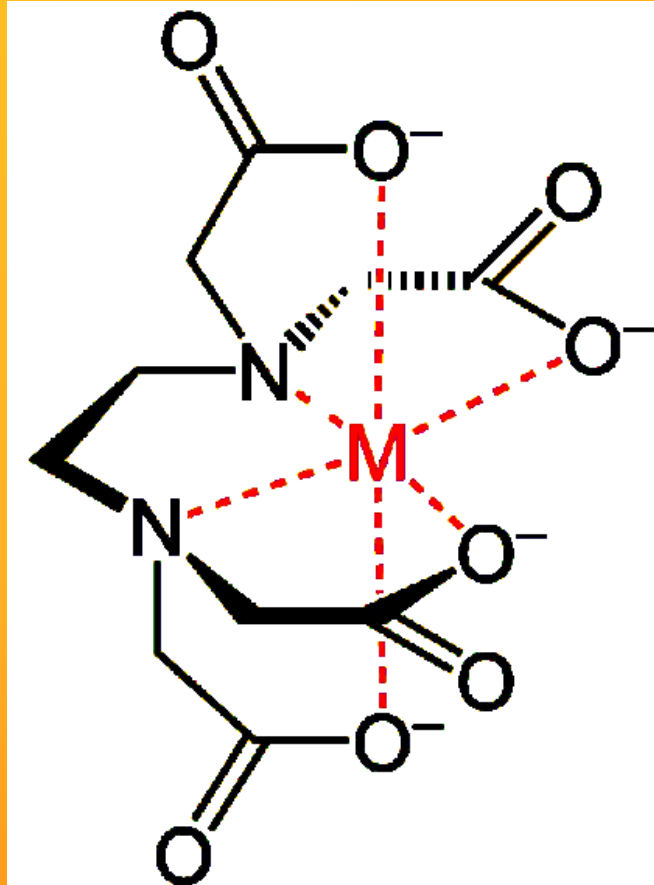
# Organokovy



- struktura stejná jako  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$
- využívají se v katalýze při přípravě organických sloučenin

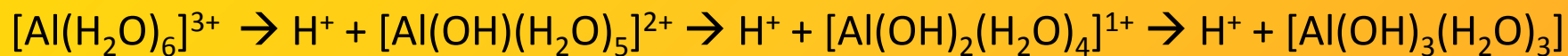
# Komplexy

- z komplexů jsou známy především cheláty
- preferuje koordinační číslo 6



## Hydrolýza hlinitých solí

- snadno hydrolyzují za vzniku hydratovaného  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (solí slabých kyselin snadno, u solí silných kyselin není kvantitativní)
- roztoky  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  reagují kyselě:



- **využití** – čištění vody (vychytání pevných částic)
- snadný průběh hydrolýzy také znemožňuje přípravu bezvodých hlinitých solí dehydratací:



# Toxicita

## B

- **borany** jsou velmi toxické
- diboran dráždí plíce podobně jako fosgen
- pentaboran je ještě desetkrát toxičtější než diboran
- oba se mohou vstřebávat též kůží
- borany poškozují ledviny, játra a hromadí se v centrální nervové soustavě
- $LD_{50}(\text{H}_3\text{BO}_3) = 15 \text{ g}$  (pro děti 2 g), účinný **teratogen**, tedy že může způsobovat poškození plodu
- přitom nemá ani karcinogenní ani mutagenní účinky, což při prokázané teratogenitě nebývá obvyklé
- vyvíjející se plod používá při diferenciaci buněk na jednotlivé tkáně a soustavy zejména dotykového mechanismu, kde se uplatňuje receptorový rozpoznávací systém na bázi sacharidů, kyselina boritá dosti selektivně váže tyto sacharidy, čímž znemožňuje plodu diferenciovat se

## Al

- sloučeniny jsou špatně rozpustné a tedy i málo toxické
- toxický pro ryby (v důsledku kyselých dešťů)
- hliníkové nádoby také netoxické
- bezvodý chlorid hlinitý může mít dráždivé účinky na pokožku, sliznice a oči
- vdechování jemných prachů hlinitých sloučenin, zejména oxidu hlinitého, může vyvolat onemocnění plic, zvané aluminosa
- dochází k vazivové přestavbě plic, což zmenší styčnou plochu mezi vdechovaným vzduchem a krví