

B, Al

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

Vodík 1 H 1,00794(7)	
-------------------------------	--

Lithium 3 Li 6,941(2)	Beryllium 4 Be 9,012182(3)
--------------------------------	-------------------------------------

Sodík 11 Na 22,989770(2)	Hořčík 12 Mg 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
------------	-----------	----------	-----------	------------	-----------	-----------	------------	-----------	------------

Draslík 19 K 39,0983(1)	Vápník 20 Ca 40,078(4)
----------------------------------	---------------------------------

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

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

Francium 87 Fr (223,0197)	Radium 88 Ra (226,0254)
------------------------------------	----------------------------------

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

Yttrium 39 Y 88,90685(2)	Zirkonium 40 Zr 91,224(2)	Niob 41 Nb 92,90638(2)	Molybden 42 Mo 95,94(1)	Technecium 43 Tc (98,9063)	Ruthenium 44 Ru 101,07(2)	Rhodium 45 Rh 102,90550(2)	Palladium 46 Pd 106,42(1)	Stříbro 47 Ag 107,8682(2)	Kadmium 48 Cd 112,411(8)
-----------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

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

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

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

					Helium 2 He 4,002602(2)
--	--	--	--	--	----------------------------------

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

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

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

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

Thallium 81 Tl 204,3833(2)	Olovo 82 Pb 207,2(1)	Bismut 83 Bi 208,98038(2)	Polonium 84 Po (208,9824)	Astat 85 At (209,9871)	Radon 86 Rn (222,0176)
-------------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

13. skupina – 3 valenční elektrony

konfigurace $ns^2 np^1$

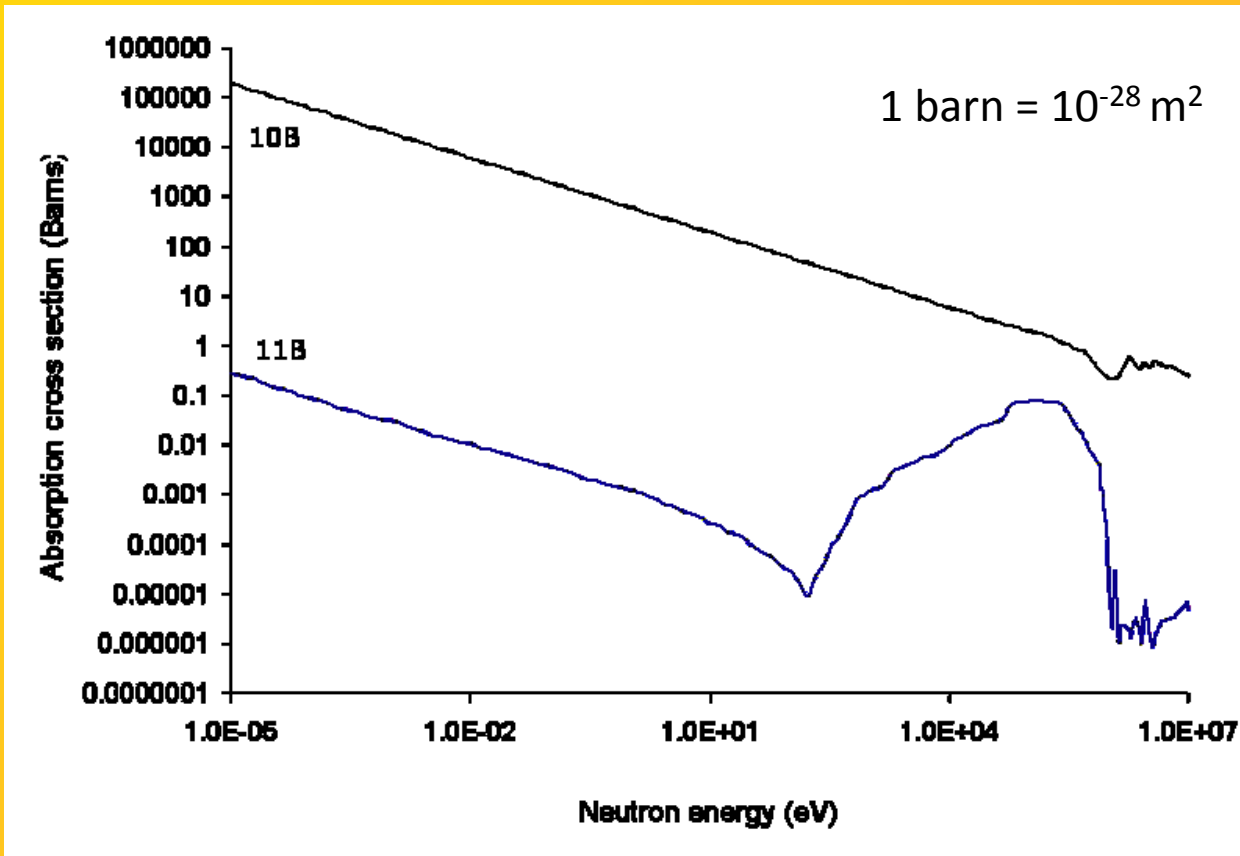
Prvek	X	I^I [kJ mol ⁻¹]	I^{II} [kJ mol ⁻¹]	I^{III} [kJ mol ⁻¹]	E^0 [V]	ρ [g cm ⁻³]	$b. t.$ [°C]	$b. v.$ [°C]	r [pm]
B	2,0	801	2427	3660	-1,8b	2,4	2076	3927	90
Al	1,6	578	1817	2745	-2,3b	2,7	660	2519	143

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

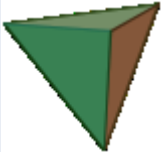
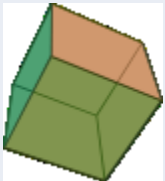


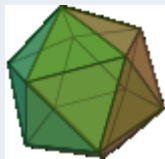
Oxidační číslo +3, +2, +1

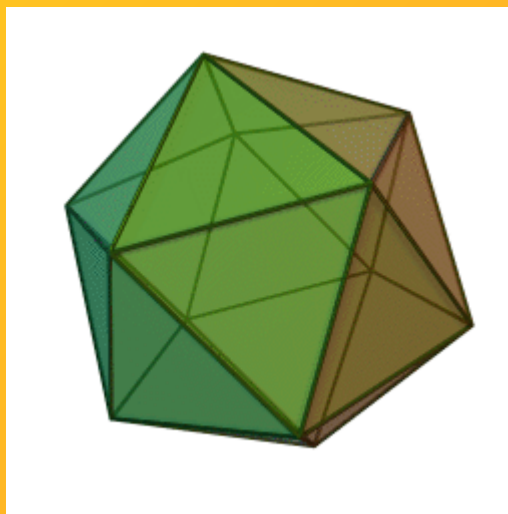
Obecné informace

- **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}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
→ Zavedení elektrolýzy podle Héroult-Halla				↑ minimum			

Základní chemické informace

B

- v III+ hybridizace sp^2 s volným $2p_z$ orbitalem vhodným k tvorbě π 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 σ 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 Al_2O_3

Výroba a použití

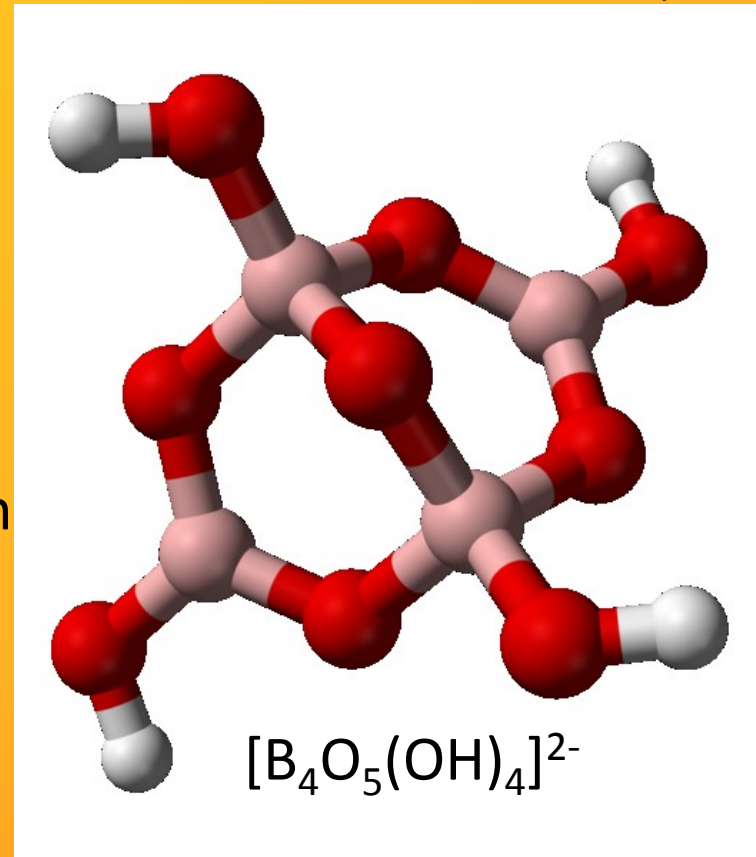
B

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 BBr_3 a poté se rozkládá na rozžhaveném Ta vlákně, či rozkladem B_2H_6
- průmyslově redukcí B_2O_3 Mg či Na

použití:

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



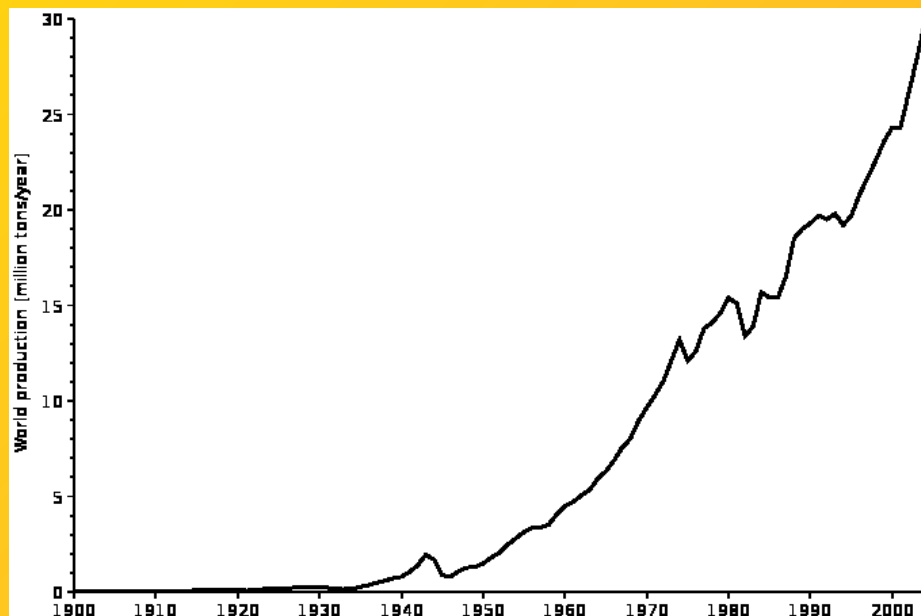
Al

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 Al_2O_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

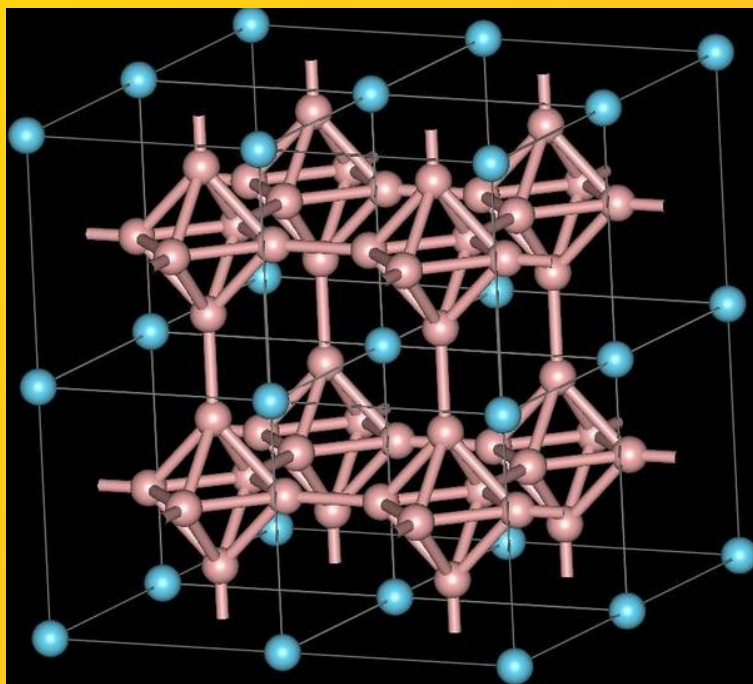
Sloučeniny

B

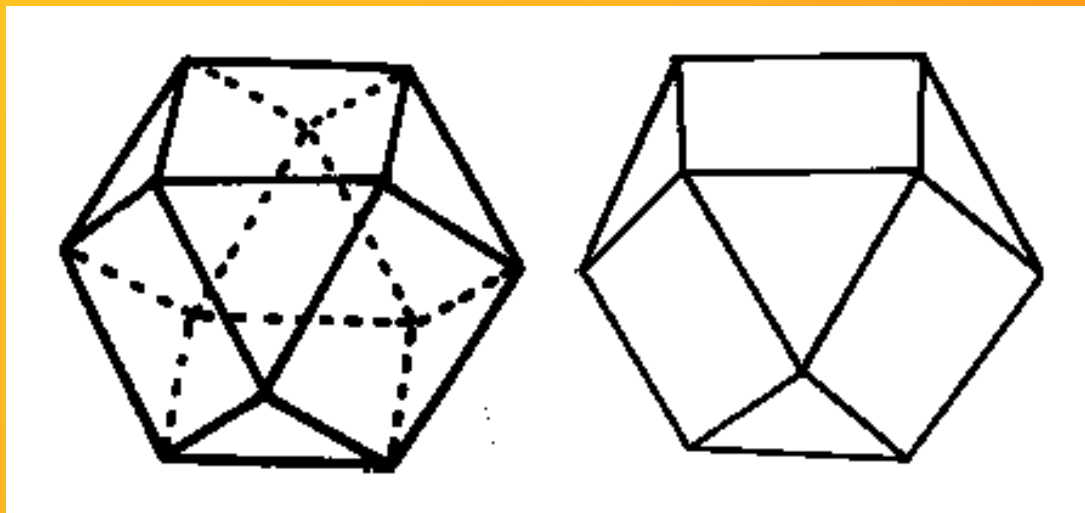
Boridy

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

MB_6



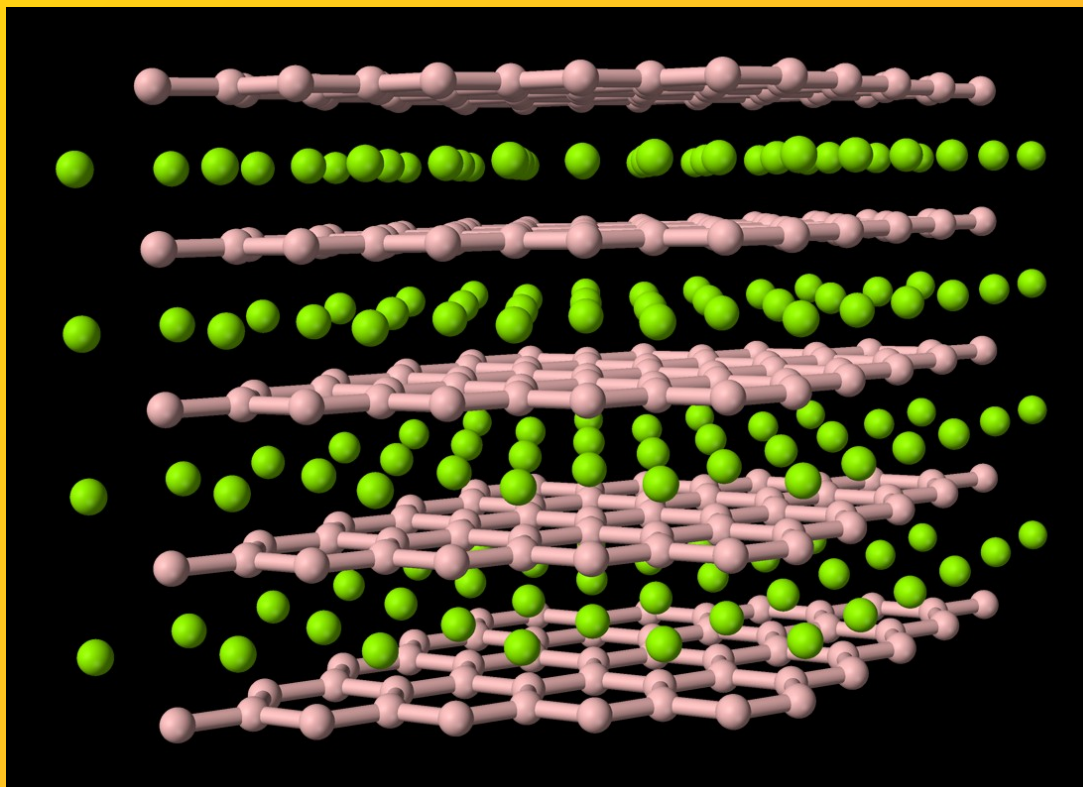
MB_{12}



Boridy AlB_2 , AlB_{12}

- AlB_2 s kyselinami i vodíkem vznikají toxické plyny
- AlB_{12} velice tvrdý používá se k mletí a broušení

AlB_2



Výroba: přímá syntéza z prvků, elektrolytické vylučování z roztavených solí, redukce oxidů B₄C

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 B₁₂ a H₂)

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



Průmyslově:



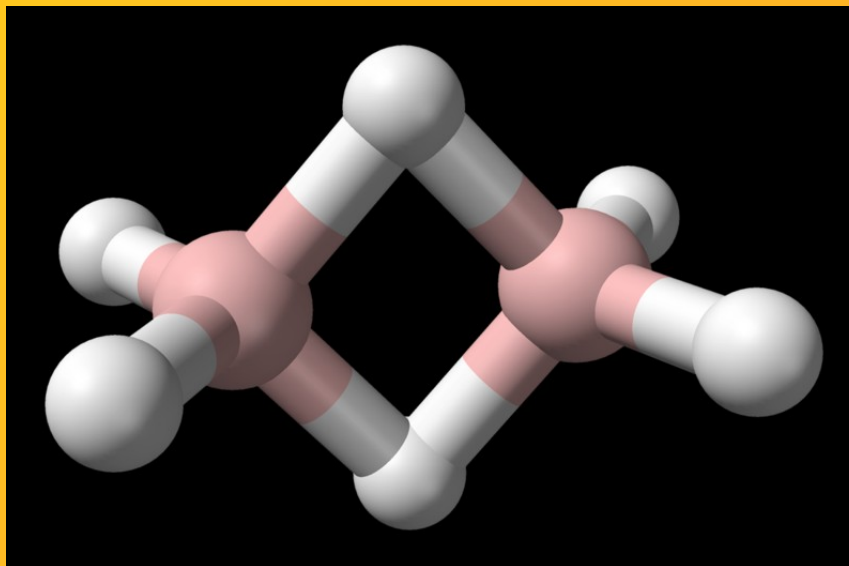
Reakce diboranu:



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



B_2H_6

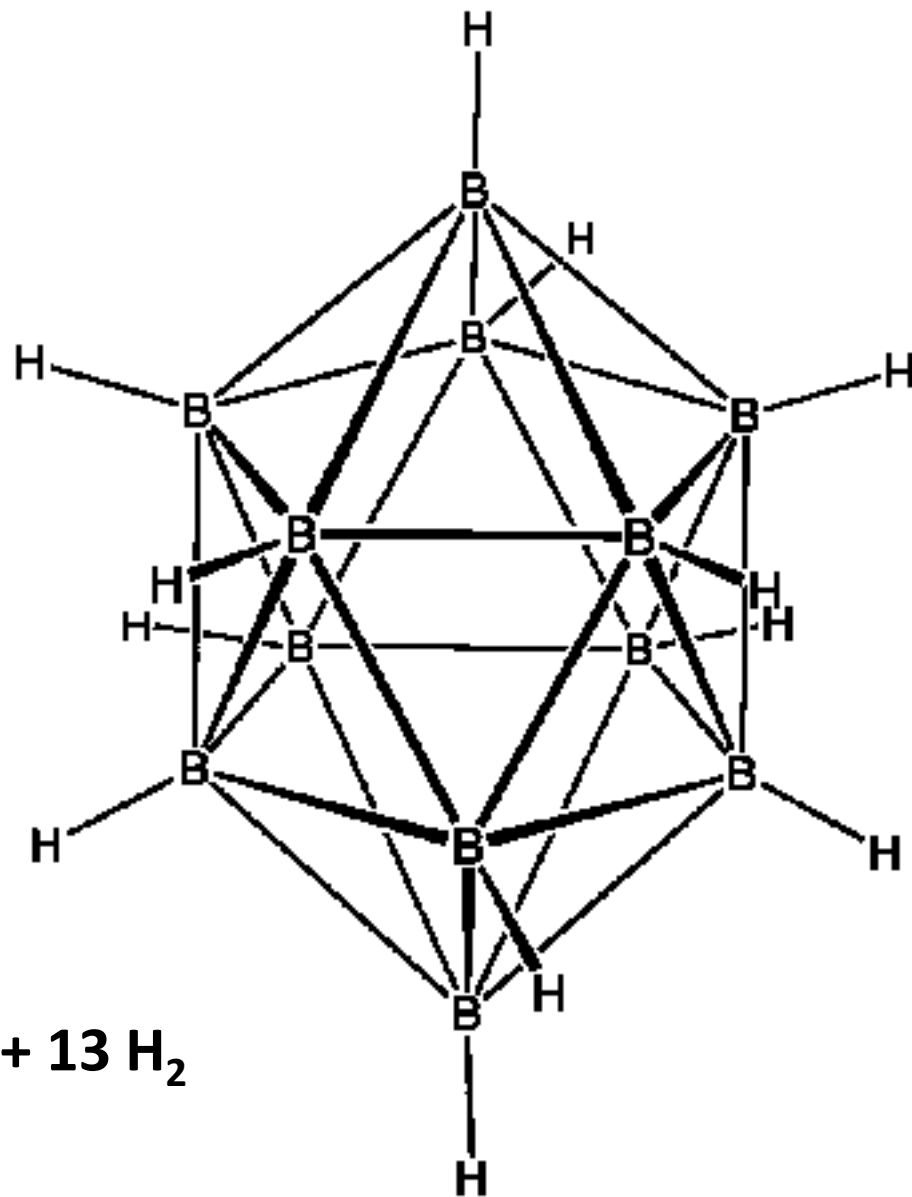


Strukturní typy boranů:

closo-borany B_nH_{n+2} :

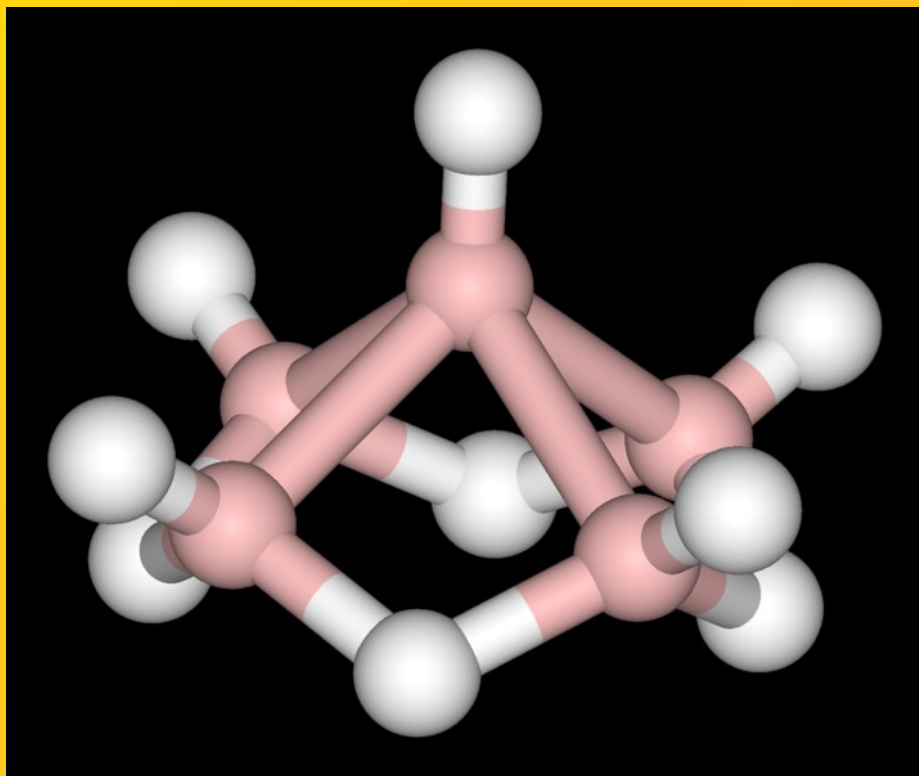
Existují pouze ve formě aniontů

$2 Cs^+$



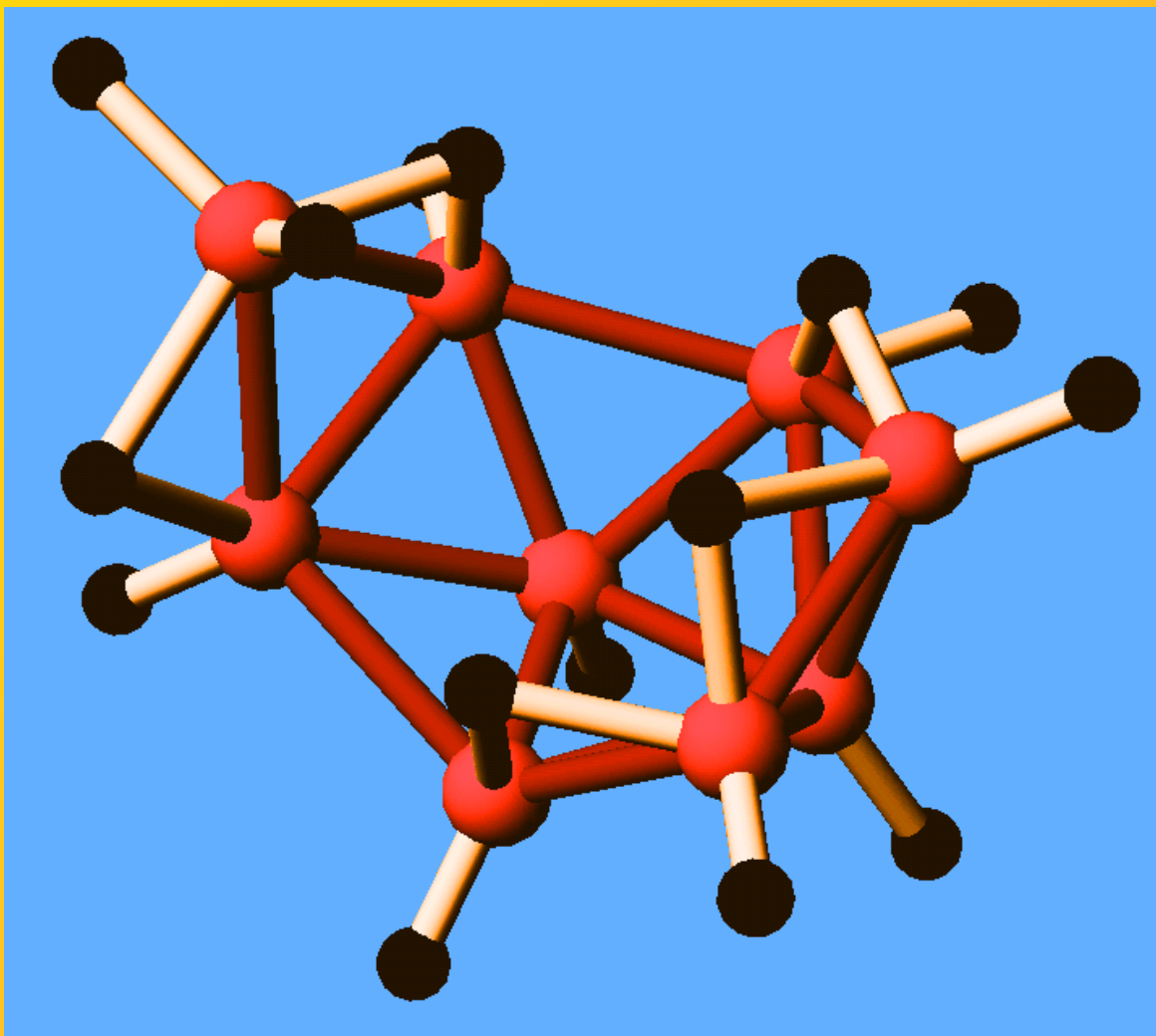
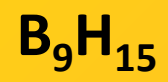
nido-borany B_nH_{n+4} :

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} :

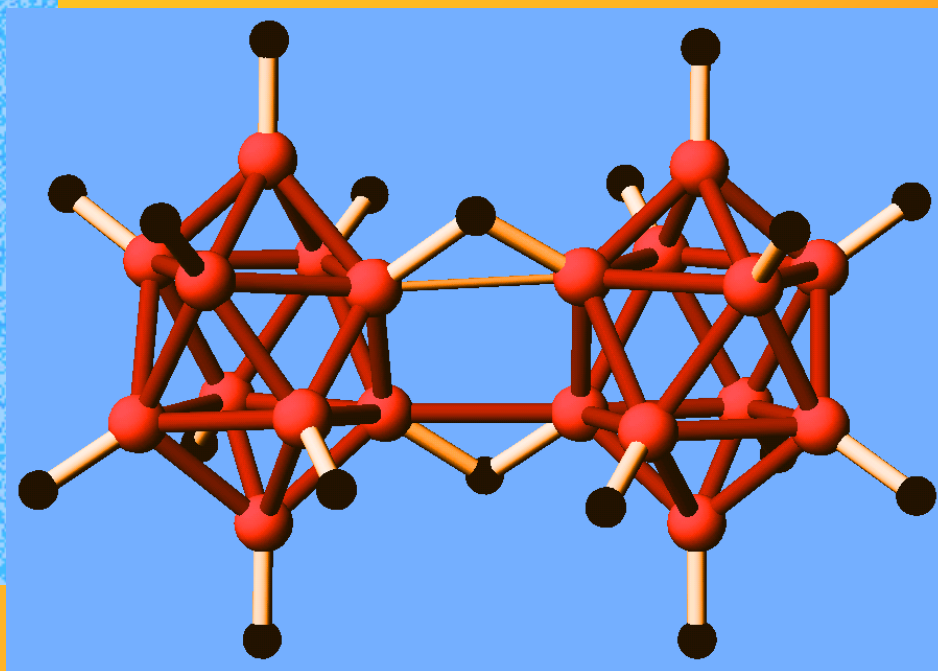
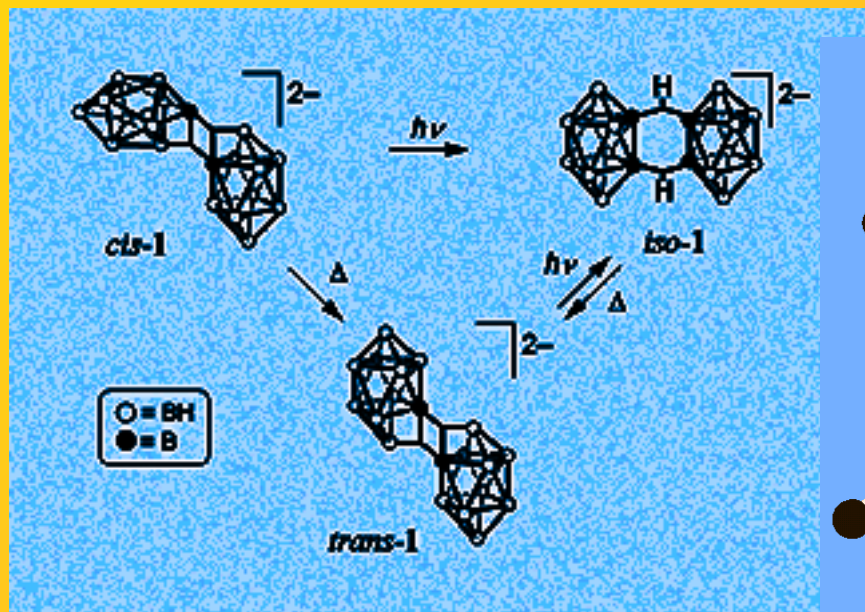


hypho-borany B_nH_{n+8} :

Nejotevřenější struktury.

conjuncto-borany:

Vznikají spojením dvou nebo více předchozích typů.

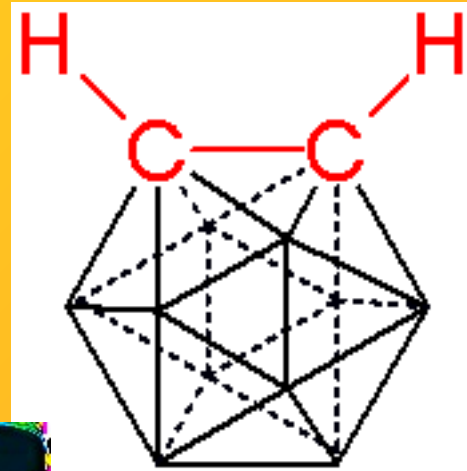


Sloučeniny s C

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

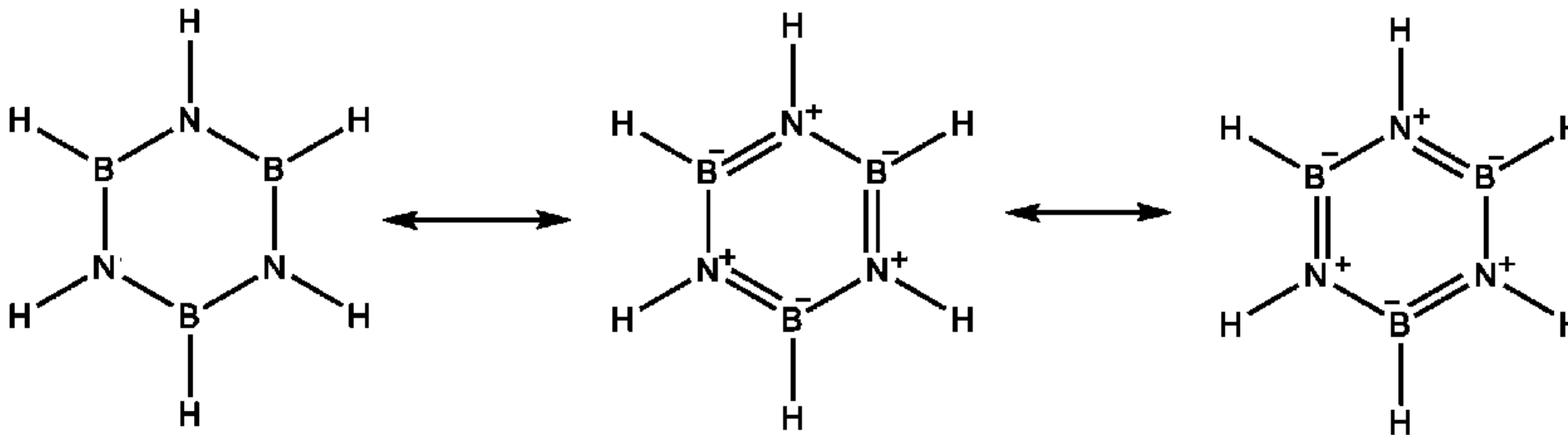


Sloučeniny s N

Borazol (borazin), $B_3N_3H_6$

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

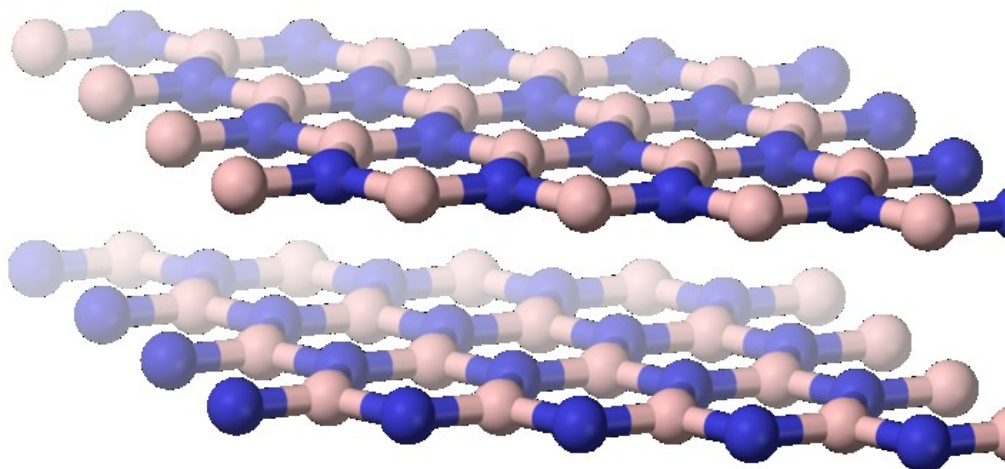
Příprava:



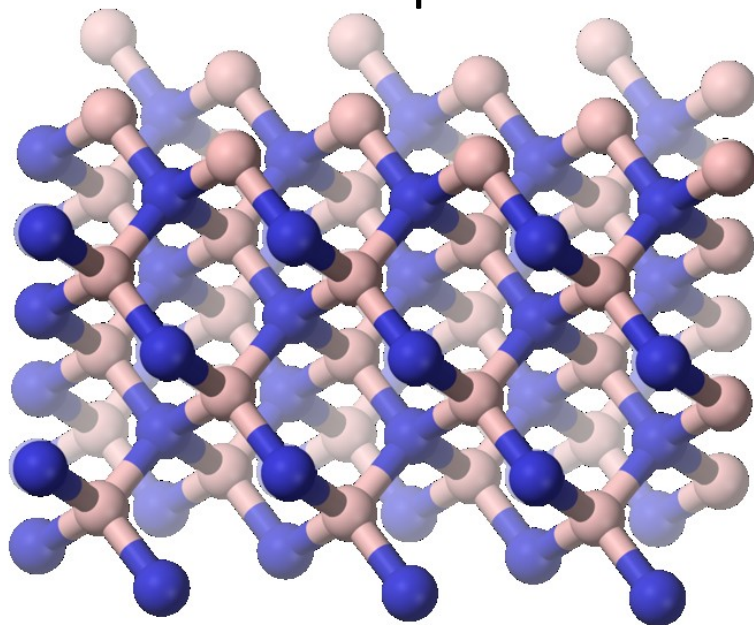
BN, nitrid boritý

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

α - BN



β - BN



Sloučeniny s kyslíkem

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

B_2O_3 - oxid boritý - anhydrid kys. borité, s vodou opět k. boritá vzniká



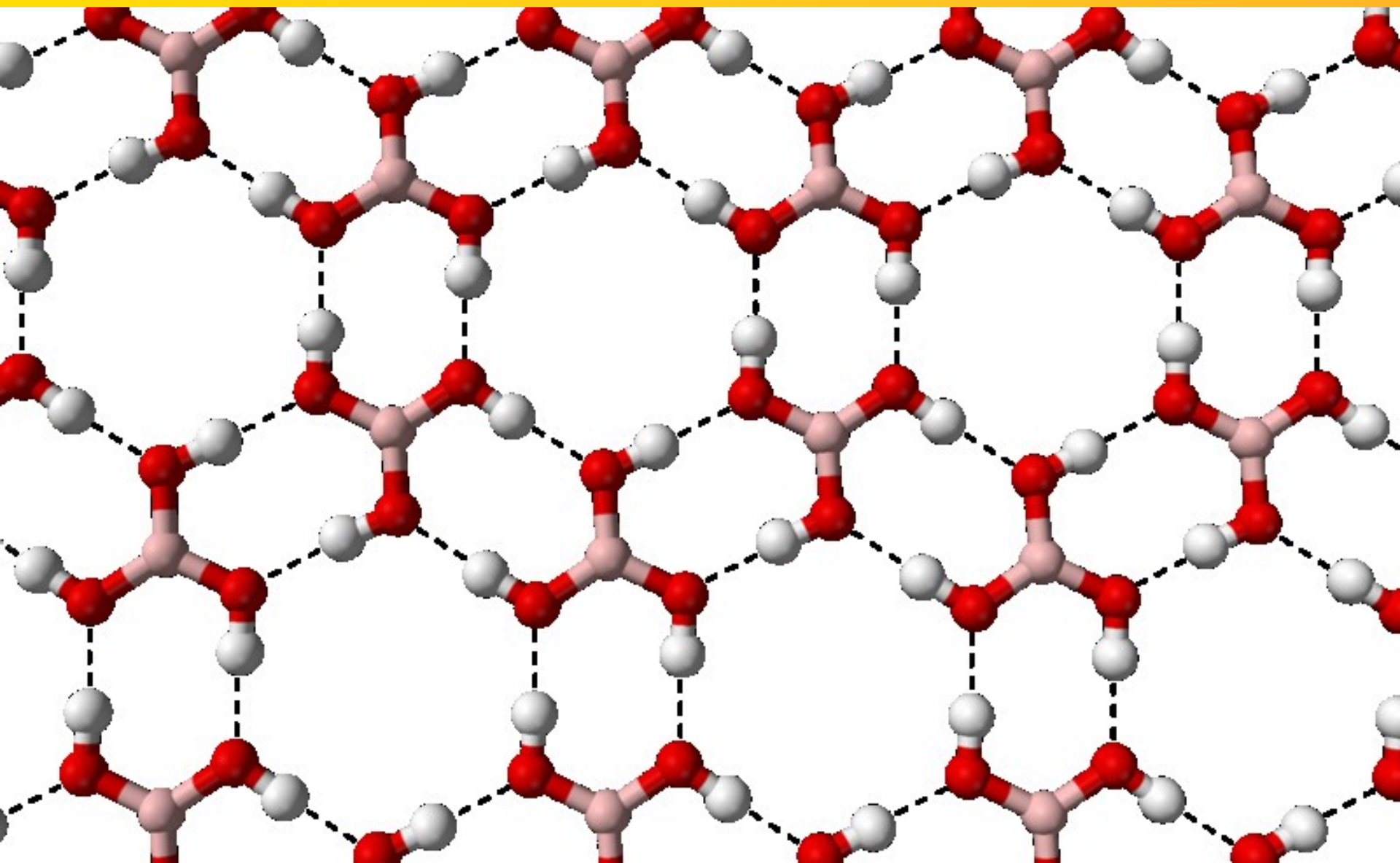
Příprava:

- působením silné kyseliny na borax, zahřáním přechází na HBO_2 , dále až na B_2O_3 .



H_3BO_3 , $\text{B}(\text{OH})_3$, kyselina boritá – slabá kyselina (výhradně adice OH^-)





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

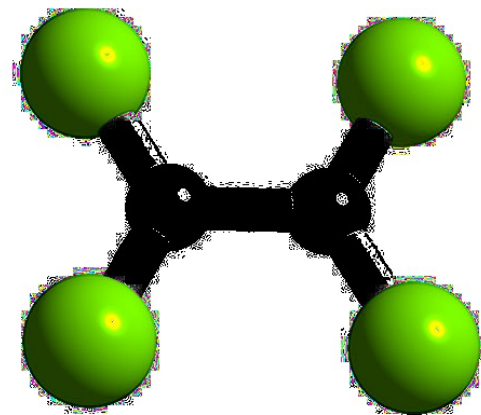
Použití:

- 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:

BF₃ (b. v. -101 °C)



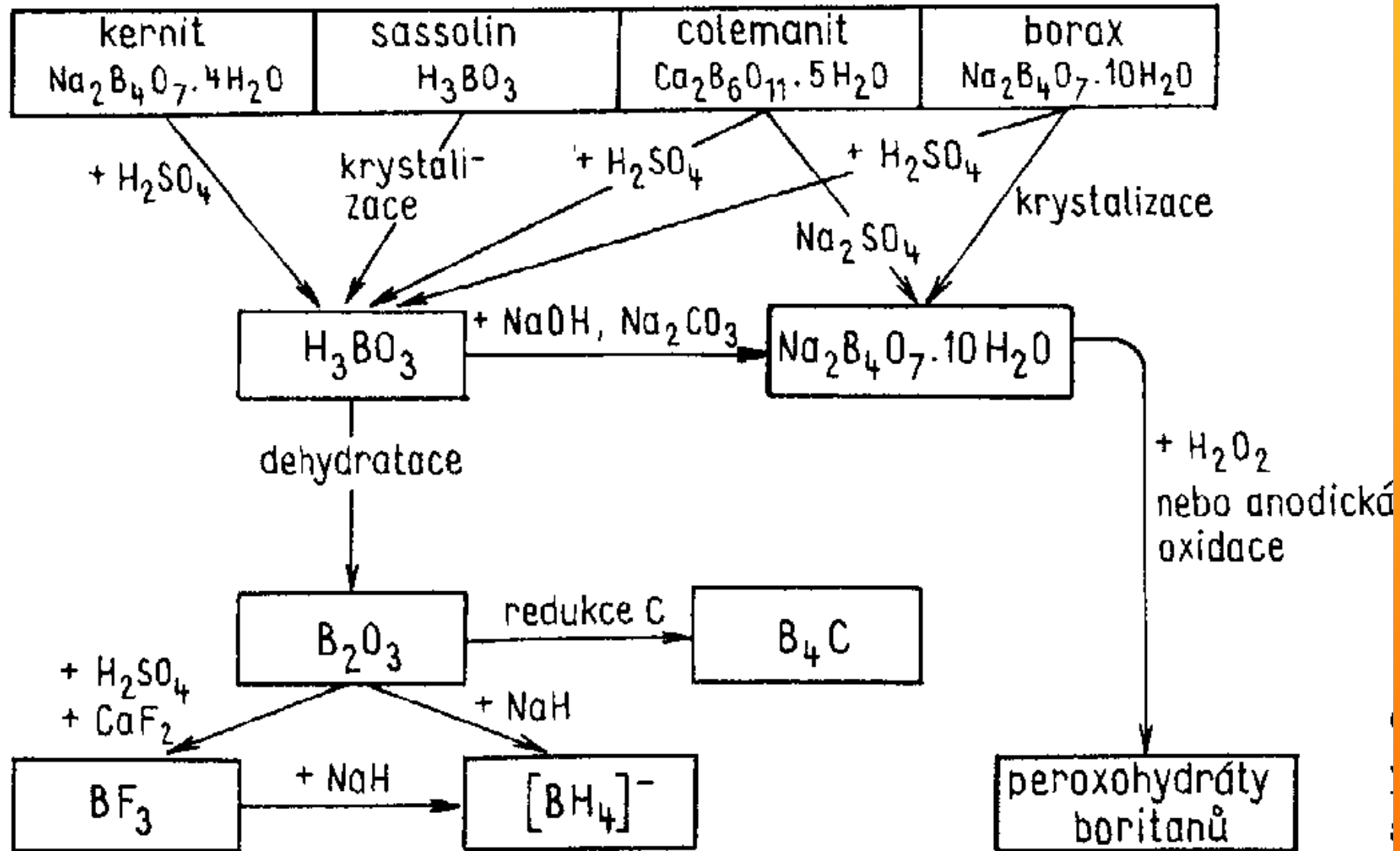
BCl₃ (b. v. 13 °C)



Použití:

- **BF₃** – **katalyzátor** v organické syntéze
- **BCl₃** – výroba B a čištění kovů (Zn, Al, Mg, Cu), organická syntéza

Průmyslové výroby sloučenin B



Sloučeniny

Al

Alan, AlH_3

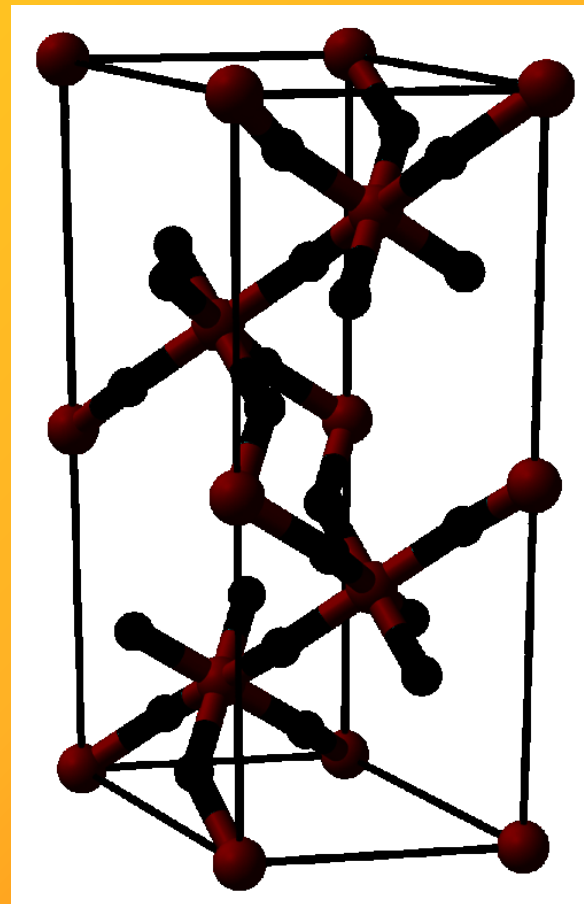
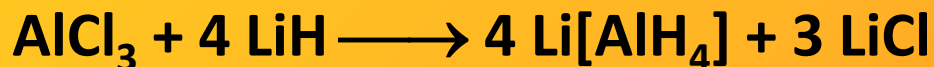
- bezbarvý, netěkavý

Příprava:



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

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



Al_4C_3 , AlN , AlP

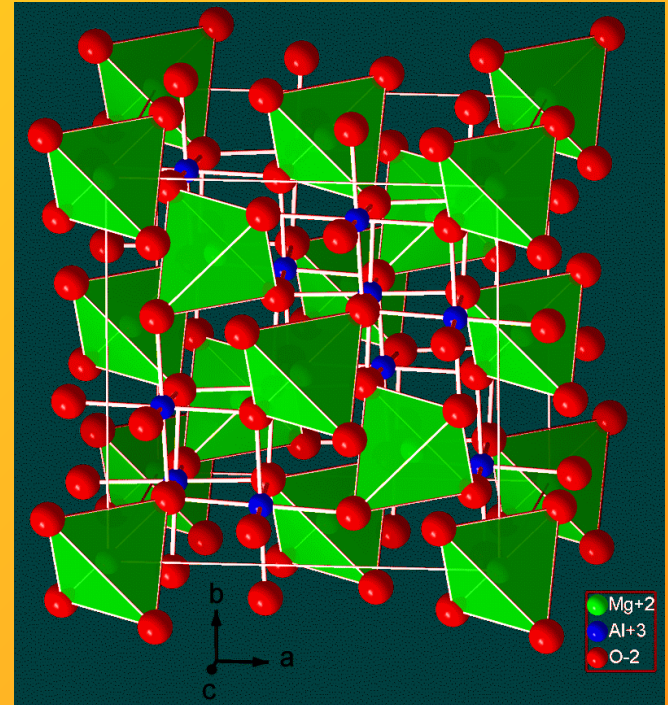
- obtížně tavitelné, tvrdé, reagují s vodou
- Al_4C_3 - s vodou vzniká hydroxid hlinitý a methan
- AlN – s vodou vzniká hydroxid hlinitý a amoniak
- AlP – s vodou vzniká hydroxid hlinitý a fosfan

Al_2O_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

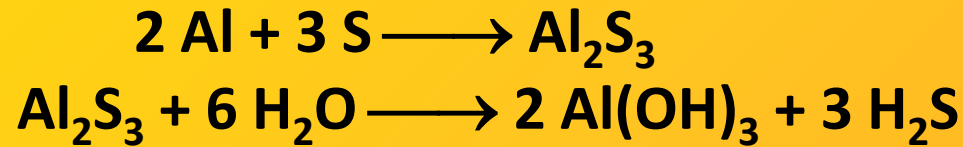
MgAl_2O_4 , spinel(y), MAl_2O_4

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



Na- β -alumina

- struktura příbuzná spinelové, stabilizovaná kationty Na^+
- tuhý elektrolyt – vysoká elektrická vodivost



- příprava extrémně exotermní!!!

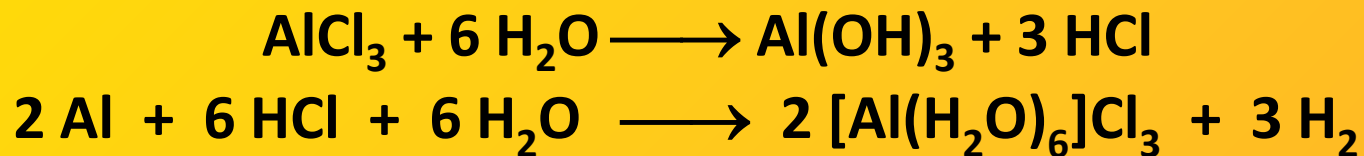
AlX

- AlCl chlorid hlinný využívá se při výrobě Al
- snadno disproportionuje na Al a AlCl₃

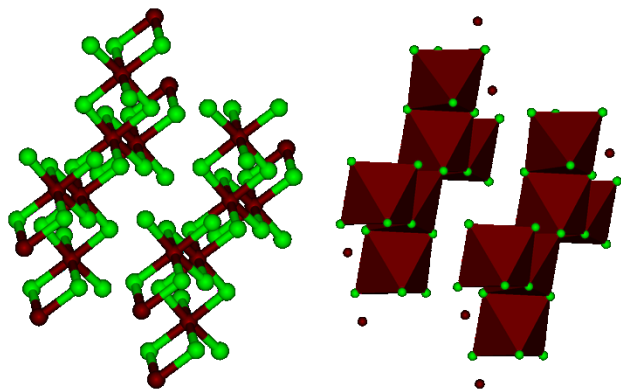


AlX₃

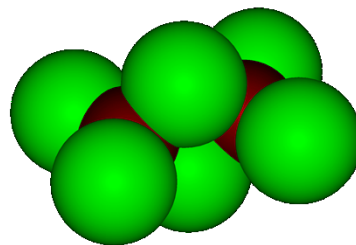
- vznikají přímou reakcí prvků, vodou se hydrolyzují



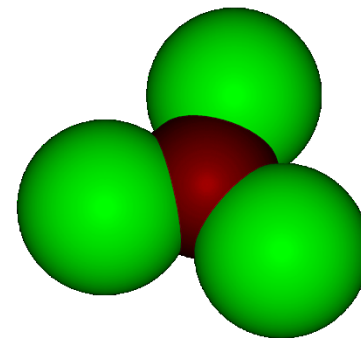
- dehydratace není možná, dochází k hydrolyze
- snadno tvoří tetraedrické komplexy, **Lewisova kyselina**, používá se v **organické syntéze**



solid state crystal structure



dimer
(liquid and gas phases)



monomer
(high temperature gas phase)

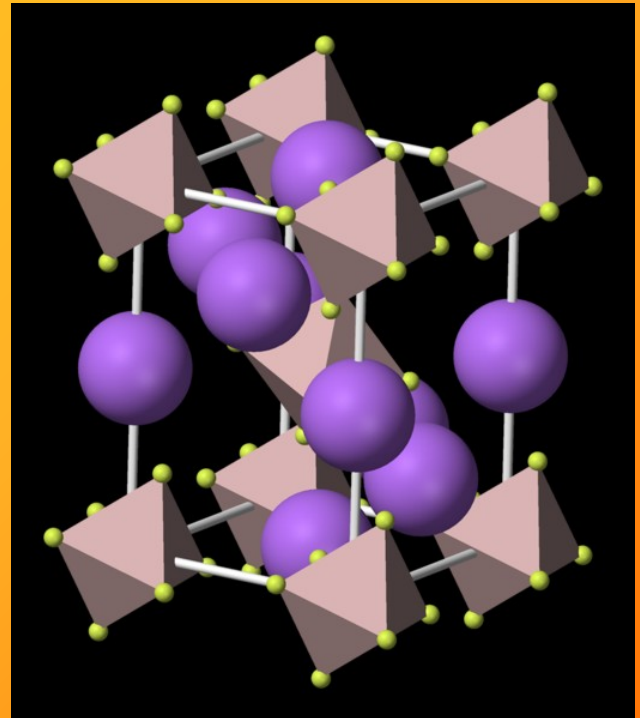
AlF₃



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

M[AlF₄], M₂[AlF₅] a M₃[AlF₆]

- nejznámější je **kryolit Na₃[AlF₆]**
- výroba mléčného skla, smaltů a hlavně Al



AlO(OH), Al(OH)₃

- oba jsou to minerály, které se nacházejí v přírodě
- Al(OH)₃ 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

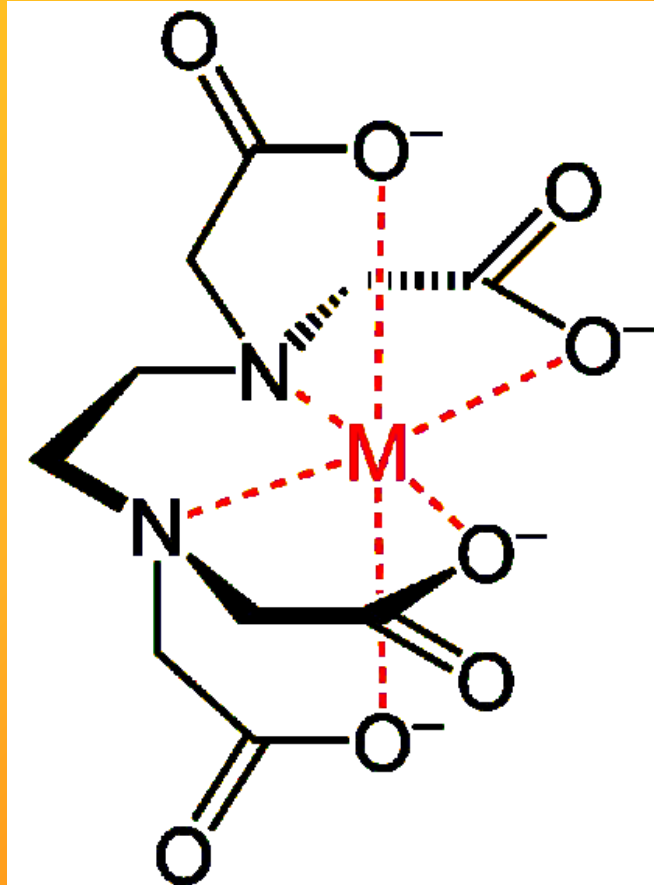
Organokovy



- struktura stejná jako Al_2Cl_6
- využívají se v katalýze při přípravě organických sloučenin

Komplexy

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



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