**Bor**

* Výskyt – **borax** (tinkal) Na2[B4O5(OH)4].8H2O, **kernit** Na2O.2B2O3.4H2O, **sassolin** H3BO3, **colemanit** 2CaO.3B2O3, **boracit** 6MgO.8B2O3.MgCl2
* Výroba:
  + zahřátím kyseliny borité (za odpaření vody) vznikne oxid boritý, který se hořčíkem redukuje na bor

H3BO3 🡪 B2O3 🡪 **B**

* + Rozklad na rozžhaveném W-vlákně

2 BI3 🡪 2 **B** + 3 I2

* + Vytěsnění z chloridu boritého zinkem (redukce)

2 BCl3 + 3 Zn 🡪 2 **B** + 3 ZnCl2

* 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 orbitaly, 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) B12
* 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

B + 3 HNO3 🡪 H3BO3 + 3 NO2

2 B + 6 NaOH 🡪 Na3BO3 + 3 H2

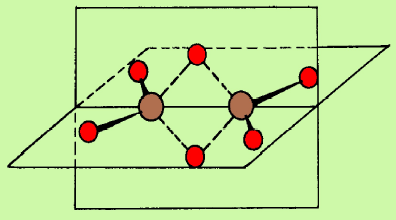
* Použití elementárního boru:
  + Přísada do některých slitin (**moderátory v jaderné energetice**)
  + Vláknitá forma boru s wolframovým jádrem se používá v **kosmické** **technice**
  + Výroba technicky důležitých sloučenin, např. **nitridy boru** jsou velmi tvrdé a mají význam při **povrchové úpravě kovů**
* Sloučeniny:
  + **Boridy** – binární, často i nestechiometrické sloučeniny boru s kovy, je jich známo víc jak 200, **velmi tvrdé materiály**
    - M5B – MB66

Sc2O3 + 7 B 🡪 2 **ScB2** + 3 BO

BCl3 + W + ½ H2 🡪 **WB** + Cl2 + HCl

2 TiCl4 + 4 BCl3 + 10 H2 🡪 2 **TiB2** + 20 HCl

Eu2O3 + 3 B4C 🡪 2 **EuB6** + 3 CO (nejčastější způsob výroby – **v elektrické peci**)

* + - Využití – **brusné materiály,** extrémně namáhané materiály pro výrobu **lopatek turbín, raketových trysek apod.**
    - Struktura – kubooktaedr, vlákna atd.
  + **Borany –** velmi rozsáhlá skupina sloučeniny boru s vodíkem
    - **B2H6 – diboran!**

4 NaH + B(OCH3)3 🡪 NaBH4 + 3 CH3Ona

2 NaBH4 + I2 🡪 **B2H6** + 2 NaI + H2

2 NaBH4 (s) + 2 H3PO4 (l, bezvodá) 🡪 **B2H6 (g)** + ….

3 NaBH4 + 4 BF3.(C2H5)2O 🡪 2 **B2H6** + ….

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

B2H6 + 3 **O2** 🡪 **B2O3** + 3 H2O

B2H6 + 6 **H2O** 🡪 2 H3BO3 + 6 **H2**

B2H6 + **HCl** 🡪 B2H5Cl + H2

B2H6 + 6 **Cl2** 🡪 2 BCl3 + 6 HCl

* + - Ostatní borany – vedle vazeb B-H-B se v nich vyskytují i podobné vazby B-B-B
      * BnHn2- (n = 6 až 12)
      * BnHn+2 – ***closo*-borany** (closo = klec)
      * BnHn+4 – ***nido-*borany** (nidus = hnízdo)
      * BnHn+6 – ***arachno*-borany** (arachne = pavučina)
      * BnHn+8 – ***hyfo*-borany** (hyphe = síť)
      * ***Conjucto*-borany** – vznikají spojením předchozích typů
  + **Karborany** – atomy boru jsou nahrazeny atomem **uhlíku** 🡪 jde o anionty
  + **Oxidy** – B2O3

2 B + 3 O2 🡪 B2O3

* + - **Polymer**, který také vzniká opatrnou dehydratací H3BO3 (reakce je vratná)
    - **Amorfní**, obtížně krystalující látka
    - Sestává se z planárních nepravidelně uspořádaných skupin BO3 spojovaných přes atom kyslíku
    - V krystalické formě jsou základními jednotkami tetraedry BO4 navzájem spojené do řetězců
  + **Kyselina trihydrogenboritá (orthoboritá) – H3BO3**
    - Na2B4O7 + H2SO4 + 5 H2O 🡪 4 H3BO3 + Na2SO4
    - Má **vrstevnatou strukturu**
    - Vrstvy jsou tvořeny trojúhelníkovými jednotkami BO3, jež jsou vzájemně propojeny vodíkovými můstky
    - Vzdálenosti ve vrstvách jsou daleko kratší než vzdálenosti mezi vrstvami (🡪 snadná štěpitelnost)
    - Reakce s alkoholy: H3BO3 + 3 CH3OH 🡪 B(OCH3)3 + 3 H2O – **trimethylester kyseliny borité –** plamen barví zeleně
    - Čistá kyselina boritá je bílá krystalická látka, která se rozkládá při teplotě 169 °C
    - **Jednosytná** kyselina: H3BO3 + 2 H2O ⇌ H3O+ + B(OH)4-
    - Ve vodných roztocích se chová jako mimořádně slabá kyselina o pKa = 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 **chladivo a moderátor v tlakovodních jaderných reaktorech**
  + **Kyselina hydrogenboritá (metaboritá) – (HBO2)n**
    - Vzniká velmi opatrnou dehydratací kyseliny trihydrogenborité při

180 °C

* + - Polymerní látka skládající se z trimerních jednotek B2O3(OH)3
    - Podobá se kyselině trihydrogenborité
  + **Boritany** – jejich struktury mají mnoho společného se strukturou křemičitanů
    - Základní stavební jednotky boritanů: **planární skupina BO3** nebo **tetraedr BO4** navzájem propojené přes sdílené kyslíkové atomy do řetězců nebo kruhů, v řadě případů jsou v struktuře obsaženy obě základní jednotky
    - Na2B4O7.10H2O – **borax**
  + **Peroxoboritany** 
    - Jsou odvozeny od boritanů (např. NaBO3.4H2O2)
    - 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:

B2S3 + 6 H2O 🡪 2 H3BO3 + 3 H2S

* + - Další sulfidy - B8S16
  + **Halogenidy BX3** (X = F, Cl, Br, I)
    - **BF3 –** plyn
    - **BCl3 a BBr3 –** kapaliny
    - **BI3 –** pevná látka
    - Příprava, výroba:

B2O3 + 6 HF 🡪 2 BF3 + 3 H2O

B2O3 + 3 C + 3 Cl2 🡪2 BCl3 + 3 CO

* + - Reakce:

4 BF3 + 6 H2O 🡪 3 H3O+ + BF4- + H3BO3 – vznik a hydrolýza tetrafluoroboritanů

BF4- + H2O ⇌ [B(OH)F3]- + HF

BCl3 + 3 H2O 🡪 H3BO3 + 3 HCl – hydrolýza BCl3

2 H3BO3 + 8 HF 🡪 2 HBF4 + 6 H2O – jiná možnost přípravy HBF4

* + **Adukty halogenidů boru**

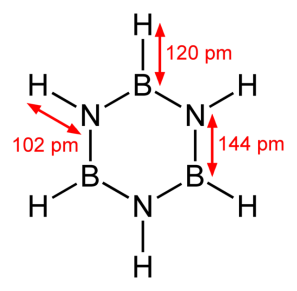
BF3 + NH3 🡪 BF3.NH3

BF3 + Et2O 🡪 BF3.Et2O (BF3.Et2O – kapalina umožňující pohodlné skladování BF3)

BCl3.CH3CN – adukt BCl3 s acetonitrilem

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

BX3 + 3 RMgX 🡪 BR3 + 3 MgX2

* + **Nitrid boru – BN –** velmi stabilní bílá látka, vyznačuje se extrémní tvrdostí, vzniká pří hoření boru v atmosféře dusíku nebo žíháním 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:

3 BCl3 + 3 NH4Cl 🡪 B3N3H3Cl3 + 9 HCl

2 B3N3H3Cl3 + 6 LiBH4 🡪 2 **B3N3H6** + 6 LiCl + 3 B2H6

* + - Reakce borazolu, např. hydrolýza:

B3N3H6 + 3 H2O 🡪 [BH(OH)NH2]3 🡪 [B(OH)NH]3 + 3 H2

* + Cyklické sloučeniny boru s vazbou B-N – BN analoga naftalenu a bifenylu

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

* 10B(n,α)7Li
* 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 tkání nasycené borem dokáže přibližně půlhodinové ozáření postižené části mozku selektivně zničit nádorové buňky