Алюминий,
а также его аналоги

IIIA группа

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
3 **Li** 6,941	4 **Be** 9,012	5 **B** 10,811	6 **C** 12,011	7 **N** 14,007	8 **O** 15,999	9 **F** 18,998	10 **Ne** 20,180
11 **Na** 22,990	12 **Mg** 24,305	13 **Al** 26,982	14 **Si** 28,086	15 **P** 30,974	16 **S** 32,066	17 **Cl** 35,453	18 **Ar** 39,948
19 **K** 39,098	20 **Ca** 40,08	31 **Ga** 69,723	32 **Ge** 72,61	33 **As** 74,922	34 **Se** 78,96	35 **Br** 79,904	36 **Kr** 83,80
37 **Rb** 85,467	38 **Sr** 87,62	49 **In** 114,82	50 **Sn** 118,71	51 **Sb** 121,75	52 **Te** 127,60	53 **I** 126,905	54 **Xe** 131,29
55 **Cs** 132,905	56 **Ba** 137,33	81 **Tl** 204,383	82 **Pb** 207,2	83 **Bi** 208,980	84 **Po** (209)	85 **At** (210)	86 **Rn** (222)

ns^2p^1 ст.ок. +3 (+1)

Алюминий в природе

Амазонит
$M[AlSi_3O_8]$

Лунный камень
$M[AlSi_3O_8]$

Аквамарин
$Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$

Корунд
Al_2O_3

Рубин
Al_2O_3

Гранат
$Ca_3Al_2[SiO_4]_3$

Жадеит
$NaAl[Si_2O_6]$

Изумруд
$Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$

Сапфир
Al_2O_3

Топаз
$Al_2[SiO_4](OH)_2$

Кошачий глаз
$BeAl_2O_4$

Александрит
$BeAl_2O_4$

Шпинель
$MgAl_2O_4$

www.jewelon.ru
geo.web.ru

Основные минералы

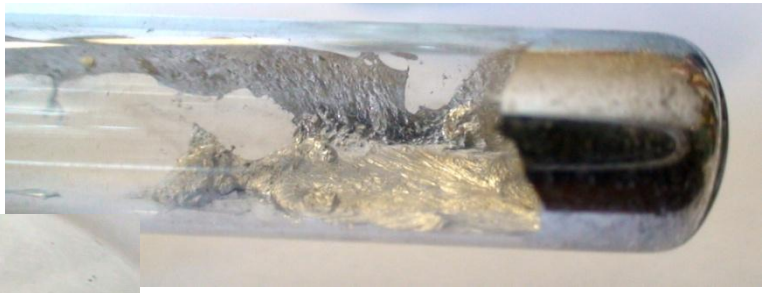
- Боксит $Al_2O_3 \cdot nH_2O$
- Криолит Na_3AlF_6
- Алунит $K_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6H_2O$
- Нефелин $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$

- Бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$
- Борная кислота H_3BO_3
- Ашарит $MgHBO_3$

https://bigenc.ru/media/2016/10/27/1235158411/3569.jpg

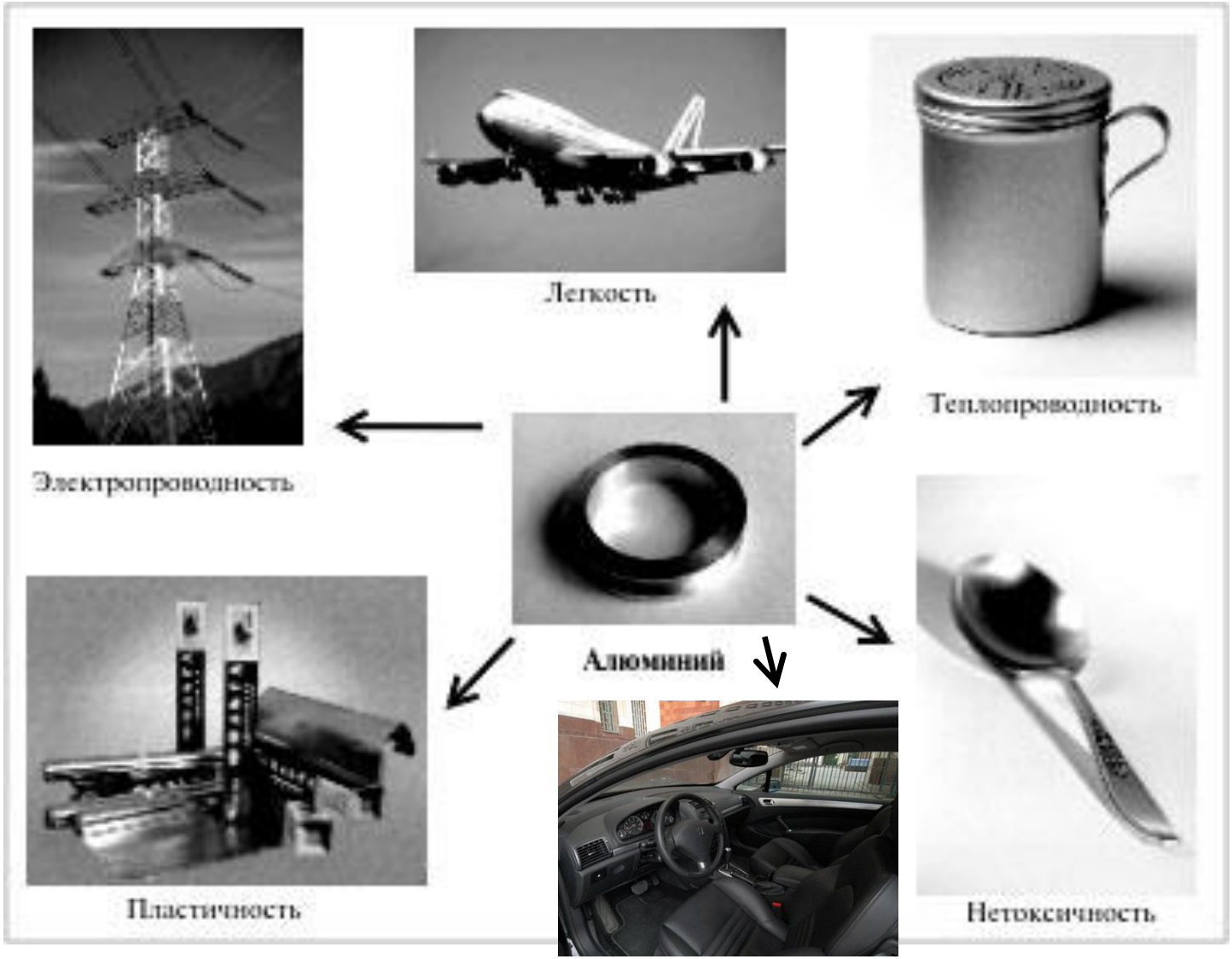
Простые вещества

Элемент	B	Al	Ga	In	Tl
$T_{пл.}$, °C	2075	660	29,8	156,4	304
$T_{кип.}$, °C	3700	2500	2205	2000	1475
d, г/см^3	2,34	2,70	5,91	7,31	11,85



http://www.decoder.ru/media/pic_full/0/890.jpg

Для чего нужен алюминий



Изделия из алюминиевых сплавов. Стратегический бомбардировщик ТУ-160

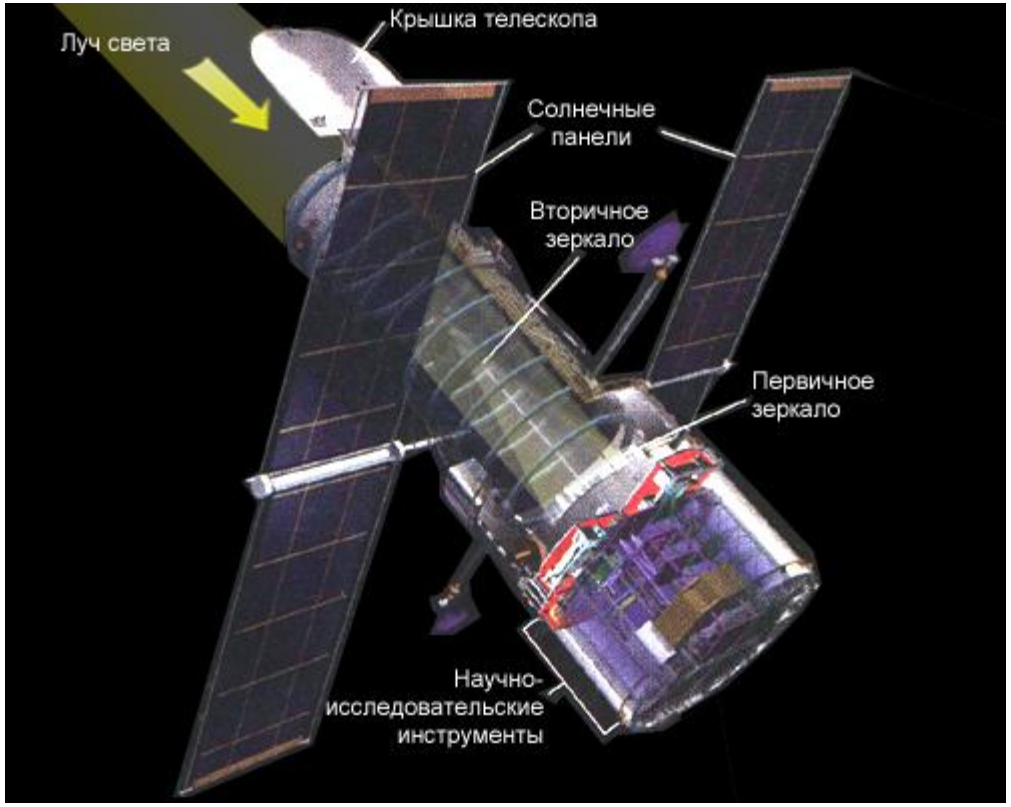
Максимальная взлетная масса	275000 кг.
Максимальная масса боевой нагрузки	До 40000 кг.
Максимальная скорость полета	2200 км/ч
Потолок	18000 м.
Дальность полета	12300 км.

58% конструкции самолета выполнено из алюминиевых сплавов, 38% — из титановых, 15% — из высококачественных стальных сплавов и 3% — из композиционных материалов

http://cherry-m.chat.ru/air_02r.htm

Металлический алюминий. Зеркала

Орбитальный телескоп-рефлектор “Хаббл” массой более 12 т использует стеклянное зеркало диаметром 2,4 м, покрытое слоем Al толщиной 70 нм, с защитным слоем MgF_2 толщиной 25 нм



Химические свойства Al

- $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$ (при поджигании)
- $Al + S \rightarrow Al_2S_3$ (t)
- $Al + N_2 \rightarrow AlN$ (tt)
- $Al + C \rightarrow Al_4C_3$ (tt)
- $Al + F_2 \rightarrow AlF_3$
- $Al + Cl_2 \rightarrow AlCl_3$ (t)
- $Al + Br_2 \rightarrow ?$

Алюминотермия:

$Fe_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Fe$

$\Delta H = -854$ кДж

$3K_2O + 2Al = Al_2O_3 + 6K$

$\Delta H = -590$ кДж

Металлический алюминий. Ракетное топливо

$$6NH_4ClO_4 + 10Al = 3N_2 + 9H_2O + 6HCl + 5Al_2O_3$$

Al, Be – амфотерность

- $Be + 2HCl = BeCl_2 + H_2$ ($[Be(H_2O)_4]^{2+}$)
- $Be + 4NaOH = Na_2[Be(OH)_4] + H_2$

- $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$
- $2Al + 6H_2O + 2NaOH = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2$

Al, Be – диагональное сходство

- Причина – сходные R
- Оксиды Al_2O_3 $T_{пл}$ = 2050°C, BeO 2530°C

+ кислоты, щелочи – только сплавление!

$BeO + 3SiO_2 = BeSiO_3$

$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O\uparrow$

$Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2\uparrow$

- Пассивация

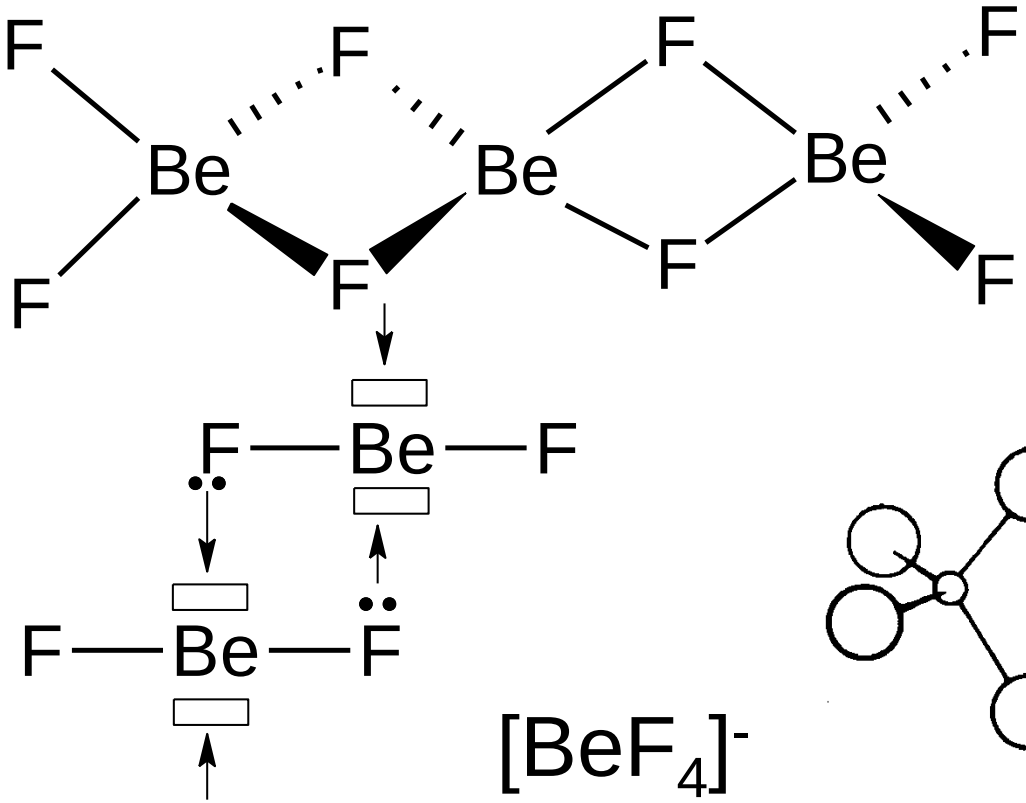
$2Al + 3H_2SO_{4\ конц.} = Al_2O_3 + 3SO_2\uparrow + 3H_2O$

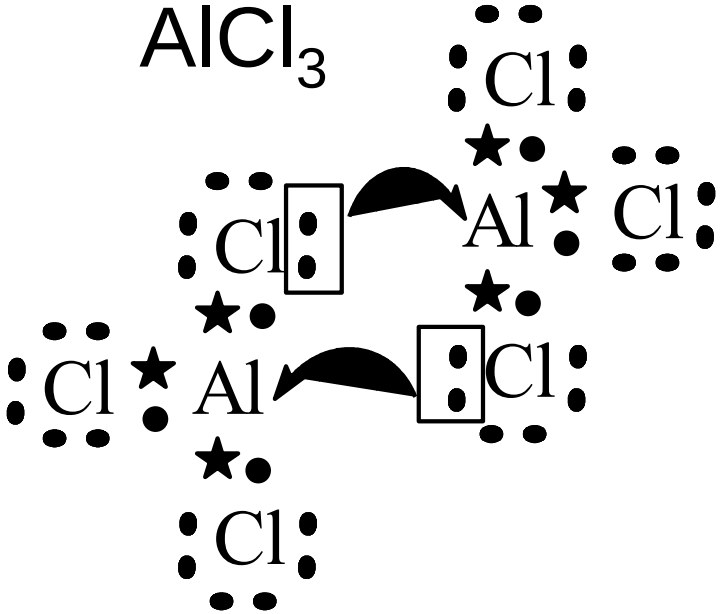
$Be + 2HNO_{3\ конц.} = BeO + 2NO_2\uparrow + H_2O$

- Гидроксиды

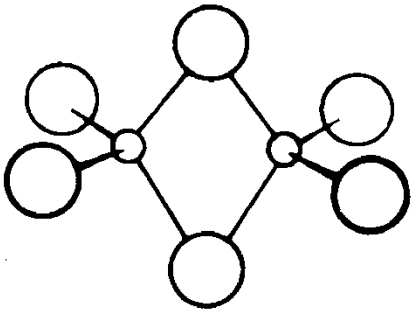
$$[Be(H_2O)_4]^{2+} \underset{H^+}{\overset{OH^-}{\rightleftarrows}} Be(OH)_2\downarrow \underset{H^+}{\overset{OH^-}{\rightleftarrows}} [Be(OH)_4]^{2-}.$$

- Галогениды: BeF_2 $AlCl_3$



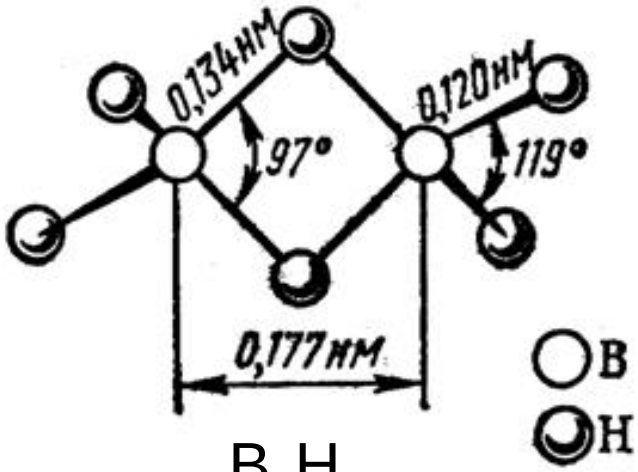


$[BeF_4]^-$



$[AlCl_4]^-$, $[AlF_6]^{3-}$

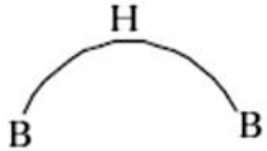
Al и B – тоже аналоги (гидриды)



B_2H_6

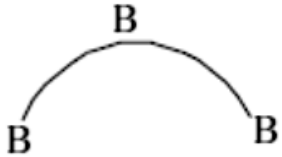
открытая трехцентровая связь

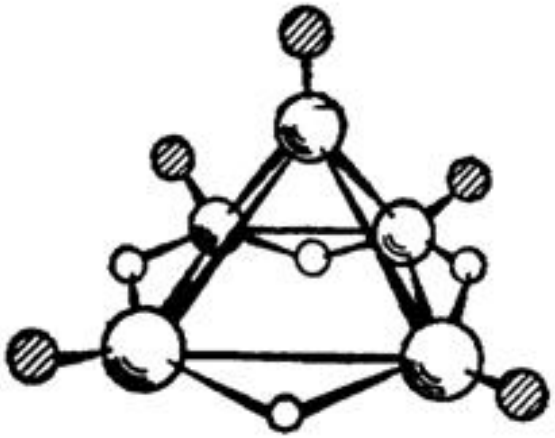
BHB



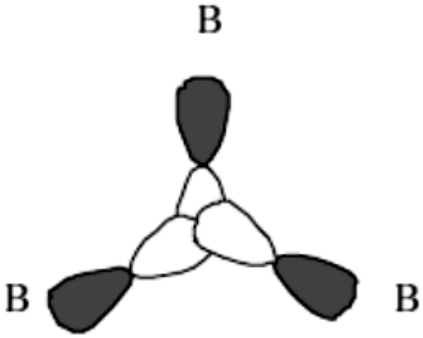
открытая трехцентровая связь

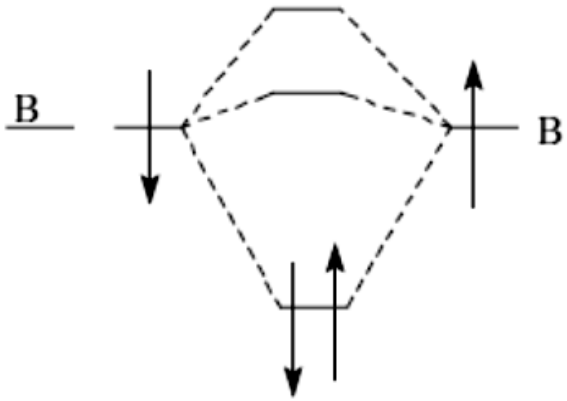
BBB





B_5H_9



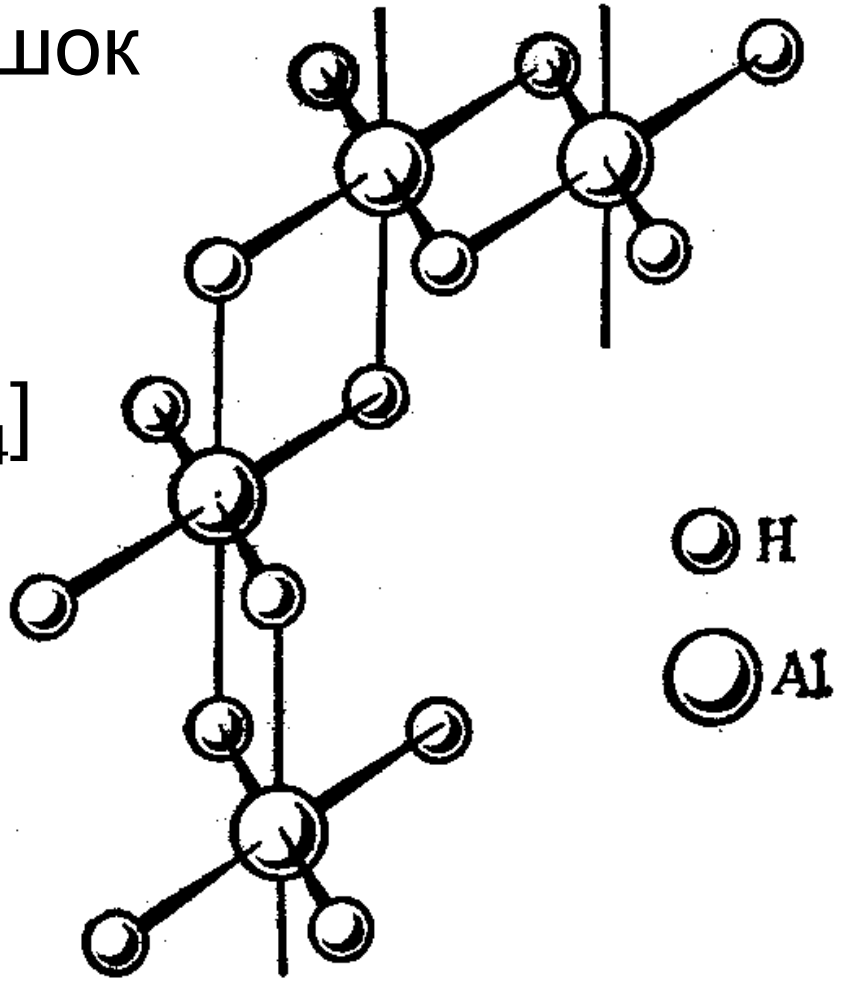


Al и B – тоже аналоги (гидриды)

- $(AlH_3)_x$ – белый порошок

  В эфире:
- $LiH + AlH_3 = Li[AlH_4]$
- $2LiH + B_2H_6 = 2Li[BH_4]$

  В воде:
- $B_2H_6 + 6H_2O =$
  $= 2H_3BO_3 + 6H_2$
- $AlH_3 + 3H_2O =$
  $= Al(OH)_3 + 3H_2$



Al и B – тоже аналоги

- Гидроксокомплексы

  $H_3BO_3 + KOH = K[B(OH)_4]$

  $Al(OH)_3 + KOH = K[Al(OH)_4]$ (и $K_3[Al(OH)_6]$)

- Галогениды
  - Молекулярные решетки
  - Электронодефицитные соединения
  - $BF_3 + HF = H[BF_4]$
  - $AlF_3 + NaF = Na[AlF_4]$ (и $Na_3[AlF_6]$)

B, Si – диагональное сходство (галогениды)

- Агрегатное состояние

SiF_4	$SiCl_4$	$SiBr_4$	SiI_4
BF_3	BCl_3	BBr_3	BI_3

тв
ж
газ

- Гидролиз

$BHal_3 + 3H_2O = H_3BO_3 + 3HHal$

$SiHal_4 + (2+n)H_2O = SiO_2 \cdot nH_2O + 4HHal$

- Комплексы

BF_4^-, SiF_6^{2-}

B, Si – диагональное сходство (бориды и силициды)

- Ионные – взаимодействие с водой

  $Ca_2Si + 4HCl = SiH_4 + 2CaCl_2$

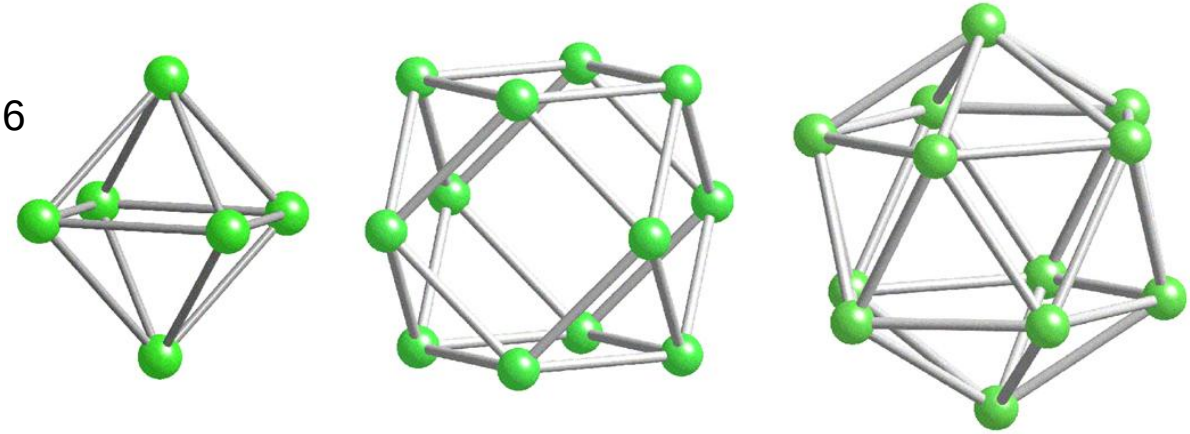
  $Mg_3B_2 + 6HCl = 3MgCl_2 + B_2H_6$
- Атомные – инертные, твердые, тугоплавкие

Состав	B_4C	TiB_2	ZrB_2	HfB_2	BN	NbB_2
$T_{пл.}$, °C	2456	2980	3040	3250	3000	3000

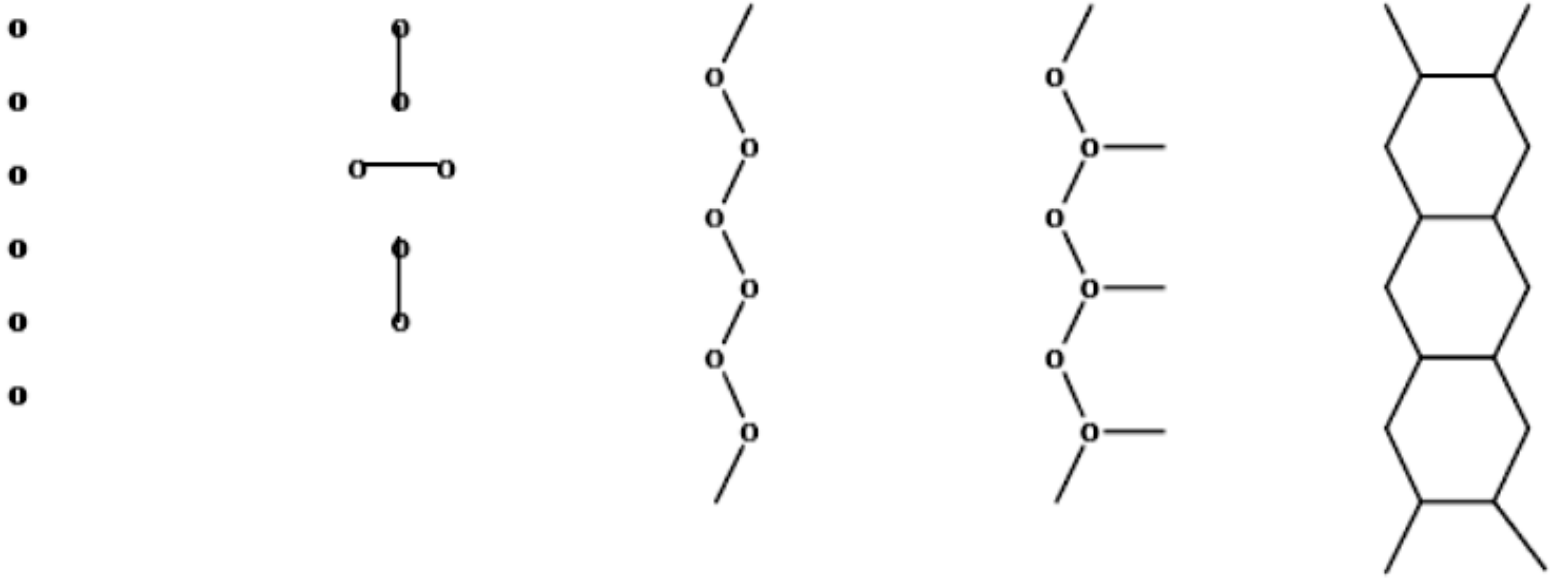
M_4B, M_2B, MB, M_3B_4, MB_2, MB_6, MB_{12}

Структура боридов

MB_6



MB_{12}



M_3B M_3B_2 MB $Ru_{11}B_8$ M_3B_4

B, Si – диагональное сходство (гидриды)

- Физические свойства
- Многообразие

  бораны: газ. B_2H_6, жид. B_4H_{10}, B_5H_9, B_5H_{11}, B_6H_{10} … тв. $B_{10}H_{14}$; силаны Si_nH_{2n+2}: газ. SiH_4, Si_2H_6, жид. Si_3H_8, тв. – высшие
- Восст. свойства (воспламенение)

  $B_2H_6 + 3O_2 = 2H_3BO_3 + Q$

  $Si_2H_6 + 3{,}5\ O_2 = 2SiO_2 + 3H_2O$

B, Si – диагональное сходство (кислоты)

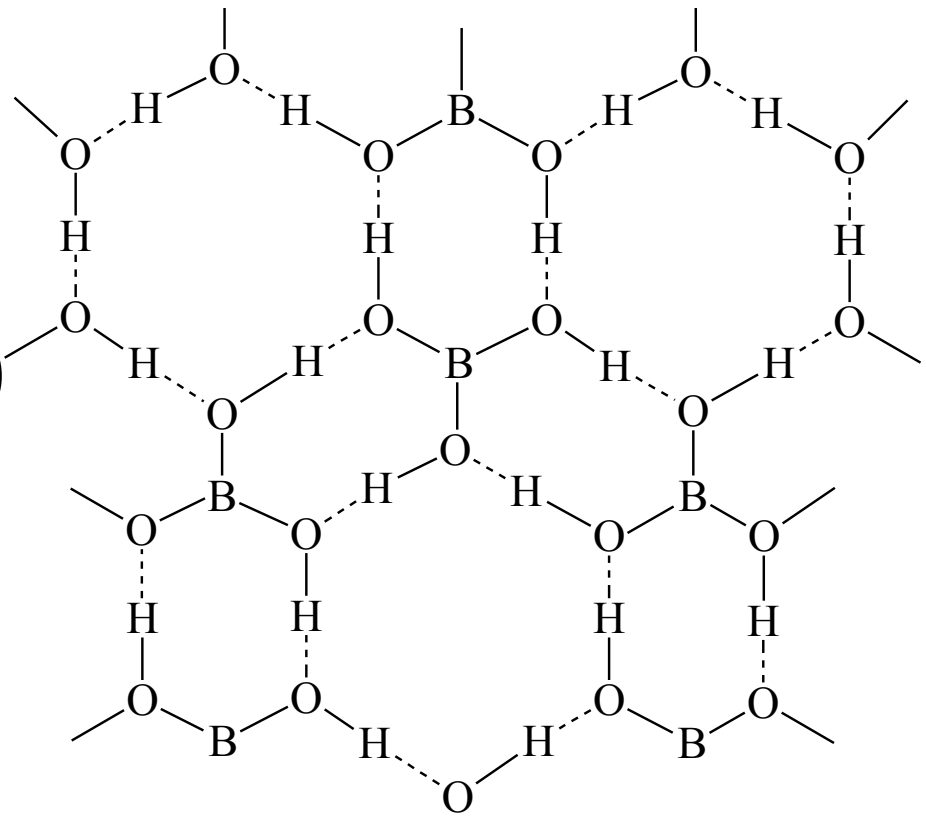
- Ортоформа растворима лучше $B(OH)_3$, $Si(OH)_4$
- Термическое разложение

$H_3BO_3 \rightarrow HBO_2$ (t)

$HBO_2 \rightarrow B_2O_3$ (t)

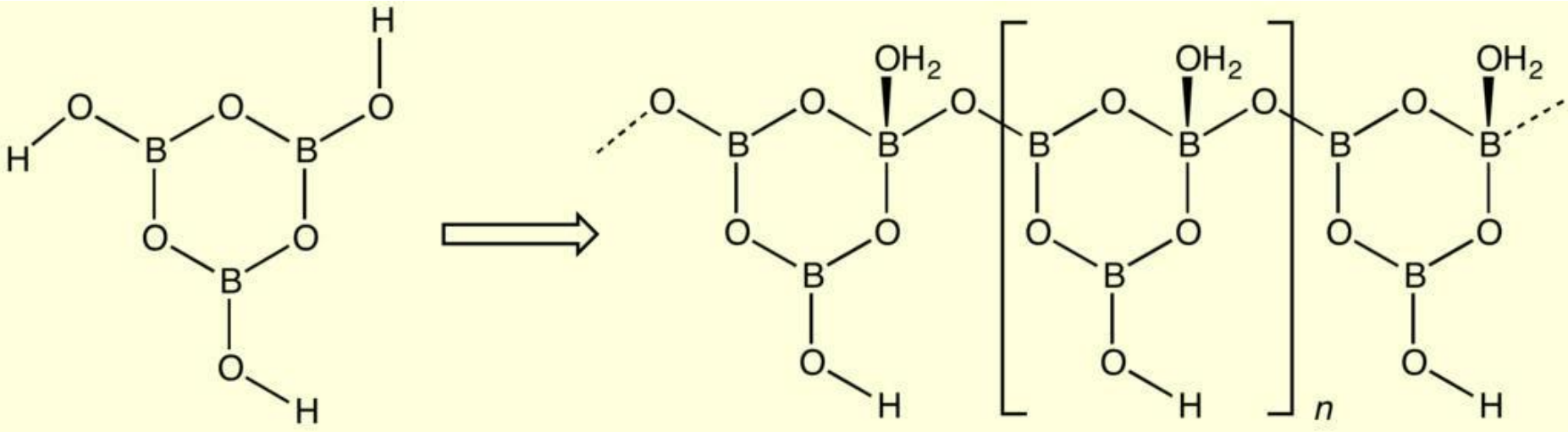
$xSiO_2 \cdot yH_2O \rightarrow$

$\rightarrow SiO_2$ (t)



B, Si – диагональное сходство (кислоты)

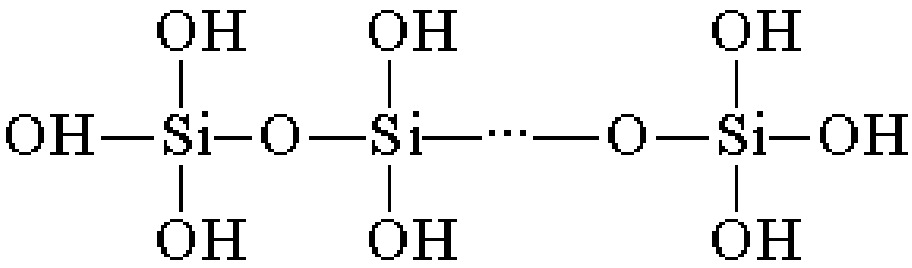
- Полимерное строение метакислот



- Слабые

$pK^a(H_3BO_3) = 9,15$

$pK^a(H_4SiO_4) = 9,9$



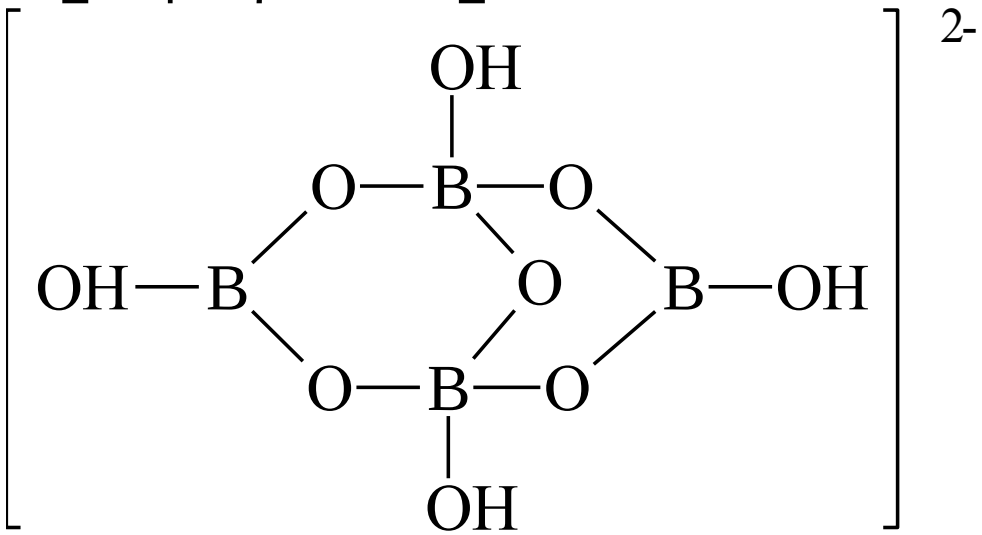
B, Si – диагональное сходство (бораты и силикаты)

- В структуре - треугольники BO_3^{3-} и тетраэдры BO_4^{5-}
- Островные: котоит $Mg_3(BO_3)_2$.
- Пироборaты: бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$

$Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$

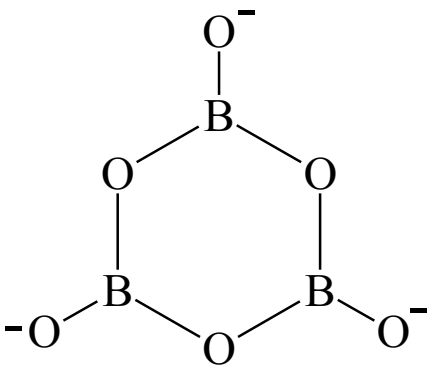
$\rightarrow Na_2[B_4O_5(OH)_4] +$

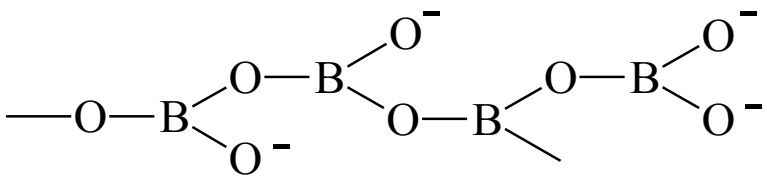
$+ 8H_2O$ (t)



B, Si – диагональное сходство (бораты и силикаты)

- Циклы метаборатов: KBO_2, $NaBO_2$
- Цепи метаборатов: $LiBO_2$, $Ca(BO_2)_2$





- Перлы:

  $Na_2B_4O_7 + M^{n+} \rightarrow NaBO_2 \cdot Co(BO_2)_2$ синий, $NaBO_2 \cdot Cr(BO_2)_3$ зеленый, $NaBO_2 \cdot Mn(BO_2)_2$ фиолетовый, $NaBO_2 \cdot Ni(BO_2)_2$ бурый