



# Бор и его соединения

Бор в природе

Элемент бор

Простое вещество

Гидриды бора

Галогениды бора

Оксиды бора

Борные кислоты

Бораты

# Бор в природе

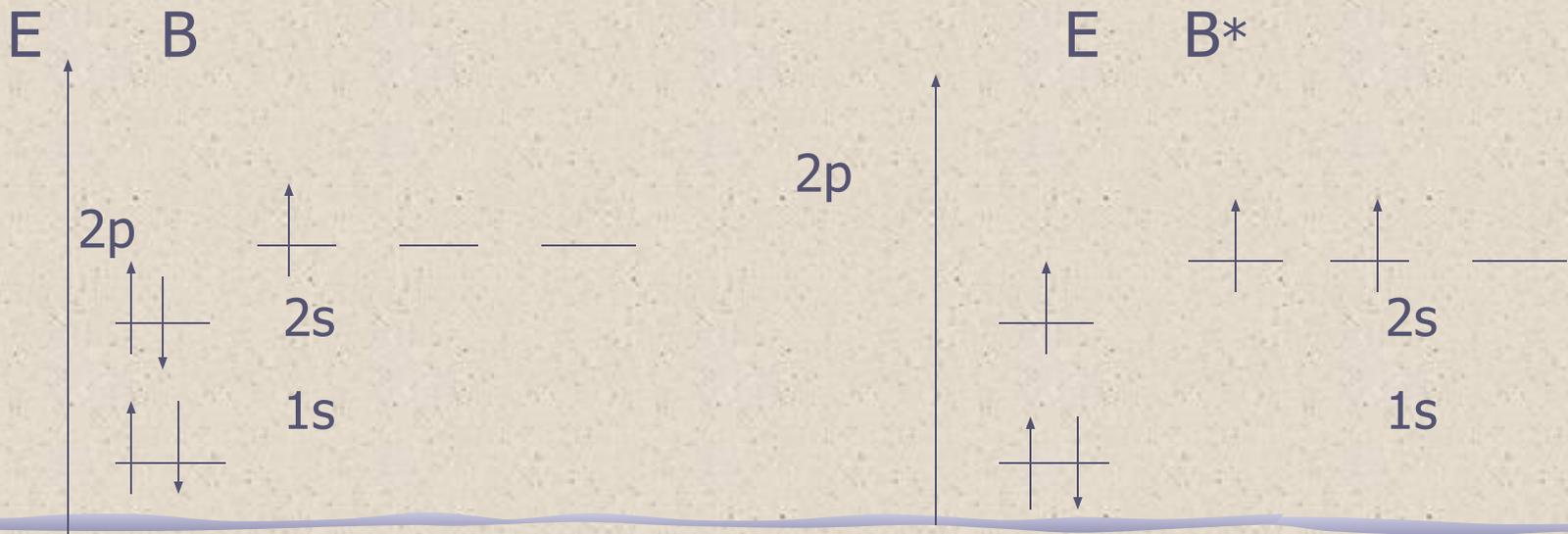
- В природе -  $6 \cdot 10^{-4}$
- Входит в состав более 80 минералов
- Наиболее известный – турмалин
- Соединения известны более 1000 лет
- Первое используемое соединение – бура –  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Является одним из пяти важнейших микроэлементов, ускоряет созревание семян, повышает урожайность

# Химический элемент

- Впервые выделен в 1836 г. Ж Гей-Люссак и Л. Тенар
- Изотопов – 6, в природе – 2
- Электронная формула –  $1s^2 2s^2 p^1$
- Возможно состояние  $sp^2$
- Степени окисления - 0, +3
- $E_i = 8,3$  эв (804,8 КДж/моль)

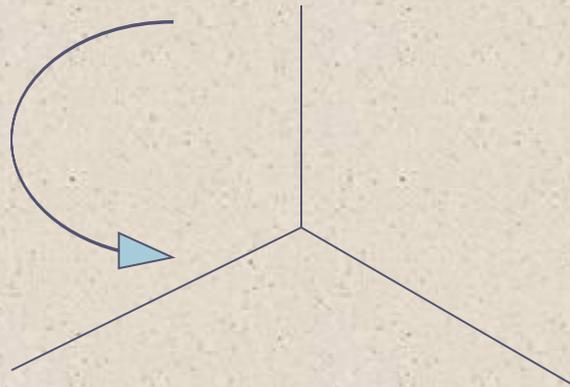
# Атом бора

- $1s^2 2s^2 p^1$  – стационарное состояние
- $1s^2 2s^1 p^2$  – возбужденное состояние



# Возможный вариант гибридизации атомных орбиталей

Валентное состояние –  $sp^2$  ( $1s+2p=3sp^2$ )  
атом плоский,  $\angle = 120^\circ$



# Простое вещество

## Модификации бора

- Формула -  $B_n$
- Твердое вещество. Нет единого мнения о числе модификаций
- Обычно содержит примеси. Модификации бора резко различаются по свойствам из-за содержания примесей, которые не удаляются
- Кристаллический бор – черного цвета  $t_{пл.} = 2300^{\circ}C$ ,  $t_{кип.} \sim 2550^{\circ}C$ , диамагнетик, полупроводник
- Аморфный бор – цвет меняется от бурого до черного, температуры плавления и кипения колеблются около  $2300$  и  $3000^{\circ}C$
- Чистый бор по прочности не уступает алмазу

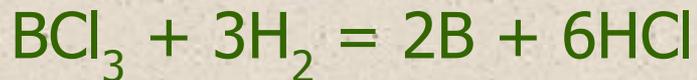
# Получение бора

- Металлотермия:



полученный бор быстро промывают в растворах щелочи, соляной и плавиковой кислот, хранить в инертной атмосфере

- Восстановление из галогенидов:



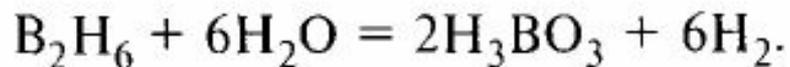
- Наиболее чистый – термическим разложением бромиды бора на танталовой проволоке при  $1500^\circ\text{C}$

# Химические свойства

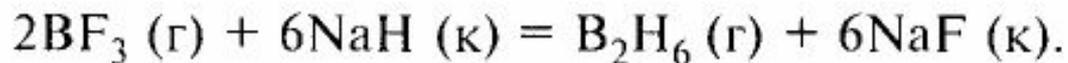
- Инертен, при обычных условиях взаимодействует только со фтором(?)
- При нагревании до 400-700<sup>0</sup>С – с хлором, серой, азотом, кислородом, восстановитель (?)
- С водородом не взаимодействует
- При сильном нагревании восстановительная активность проявляется по отношению к оксидам (кремния, фосфора, углерода, водорода) (?)
- Горячие концентрированные кислоты (азотная, серная, «царская водка») переводят бор в кислоту  $H_3BO_3$  (?)
- При сплавлении со щелочами в присутствии окислителя образует бораты
- $2B + 2NaOH + NaClO_3 = 2NaBO_2 + NaCl + H_2O$

# Гидриды бора

- Бораны – аналоги силанов
- $\text{BH}_3$  – при обычных условиях не существует, т.к. нет возможности образования делокализованной  $\text{p}$  –связи
- Стабилизация возникает при сочетании молекул:  $\text{B}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{B}_5\text{H}_9$ ,  $\text{B}_6\text{H}_{10}$ ,  $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$
- Получаются действием кислот на бориды металлов
- Бораны – соединения с дефицитом электронов, окислители, сгорают в выделением большого количества теплоты ( $\sim 2000$  КДж/моль)
- Взаимодействуют с водой



- Используются в качестве ракетного топлива
- Имеют неприятный запах, ядовиты
- В промышленности диборан получают восстановлением при  $1800^\circ\text{C}$ :



# Галогениды бора

- Известны для всех галогенов



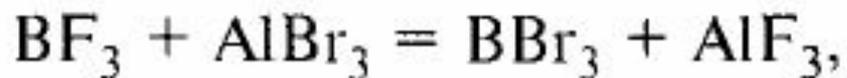
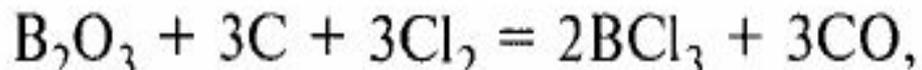
Температуры плавления - >

Температуры кипения - >

Устойчивость падает

# Галогениды бора

- Ковалентные молекулярные соединения
- Акцепторы электронов, активно присоединяют воду, аммиак, эфир, спирт
- С водой и аммиаком образуют гидраты и аммиакаты:  
 $\text{BF}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BF}_3 \cdot \text{NH}_3$
- В продуктах присоединения атомы бора находятся в состоянии  $sp^3$
- Имеют кислотный характер, при гидролизе образуют кислоты
- Могут быть получены как прямым синтезом, так и из оксида и других соединений бора



- Применяются в органическом синтезе как катализаторы

# Оксиды бора

- $B_2O_3$  – существует в виде нескольких модификаций
  1. Аморфная: атомы бора находятся внутри равностороннего треугольника  $BO_3$ ,  $sp^2$ -гибридизация
  2. Кристаллическая: атомы бора находятся внутри тетраэдра  $BO_4$ , связанных в спиральные цепи,  $sp^3$ -гибридизация.
- Расположение треугольников и тетраэдров может быть различно

# Свойства оксида бора

- Кристаллический оксид,  $t_{\text{пл.}} = 450^{\circ}\text{C}$ ,  
 $t_{\text{кип.}} = 2250^{\circ}\text{C}$
- Переходит в стеклообразное состояние, трудно кристаллизуется
- Типичный кислотный оксид, ангидрид борной кислоты:

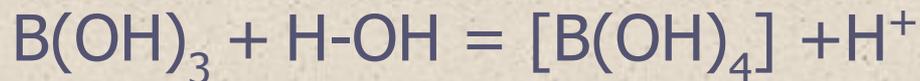


# Борные кислоты

- Метаборная кислота –  $\text{HBO}_2$
- Ортоборная кислота –  $\text{H}_3\text{BO}_3$
- Пироборная кислота –  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$
- При нагревании теряют воду и превращаются в оксид бора:



- Ортоборная, борная кислота – слабая, одноосновная, проявление кислотных свойств – присоединение  $\text{OH}^-$ :



- Все кислоты существуют в полимерном состоянии за счет образования водородных связей

# Бораты

- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  – перборат натрия, самая распространенная соль, широко используется
- При сплавлении с солями металлов образуются перлы – окрашенные стекловидные материалы
- Добавки к стеклу повышают термостойкость и химическую стойкость
- Безводные бораты получают сплавлением оксида бора с соответствующим оксидом металла
- Растворимы только соли щелочных металлов

# Боразотные соединения

- Нитрид бора – BN – «белый графит», синтезируют из бора или его оксида в присутствии С или Mg как катализатора

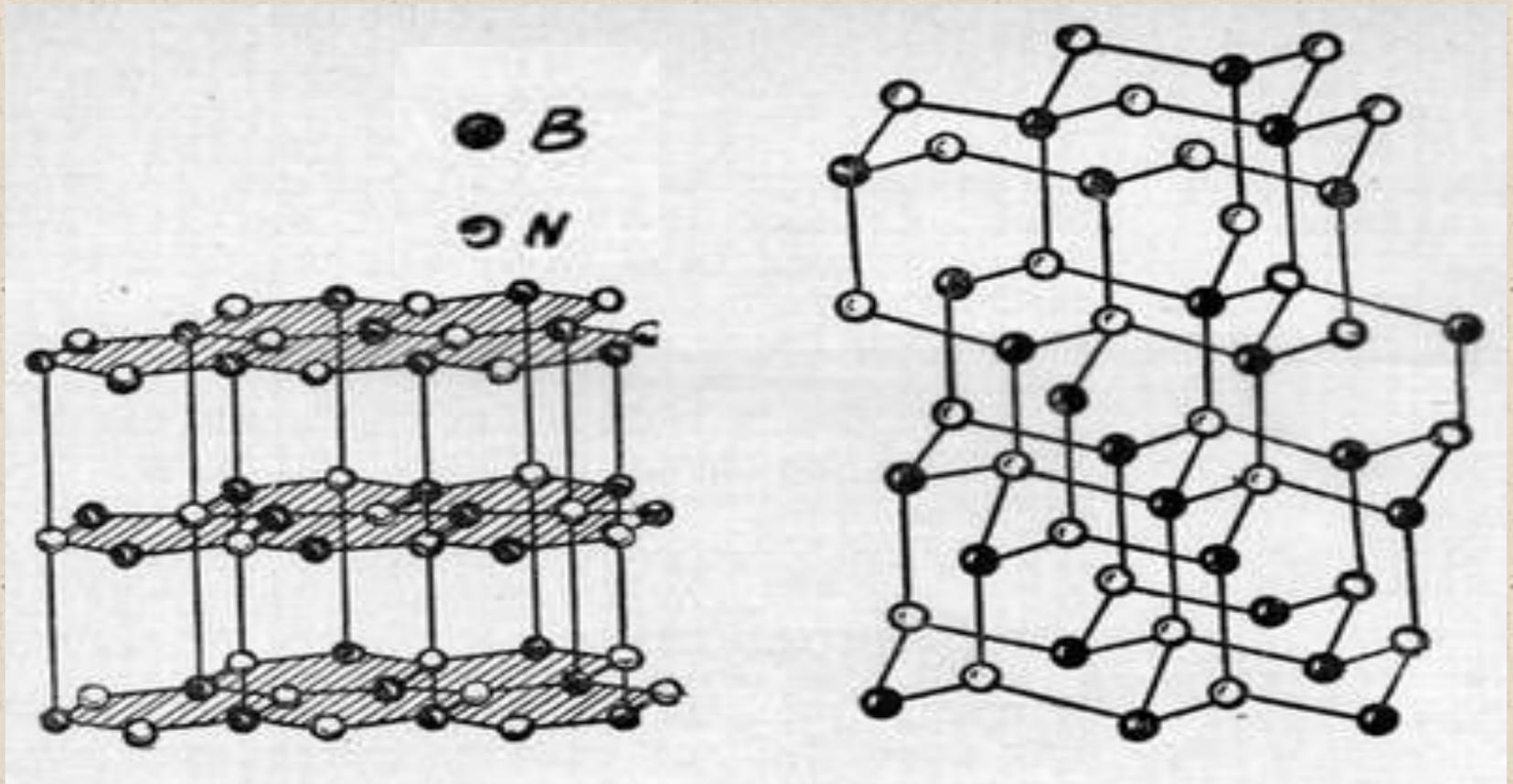


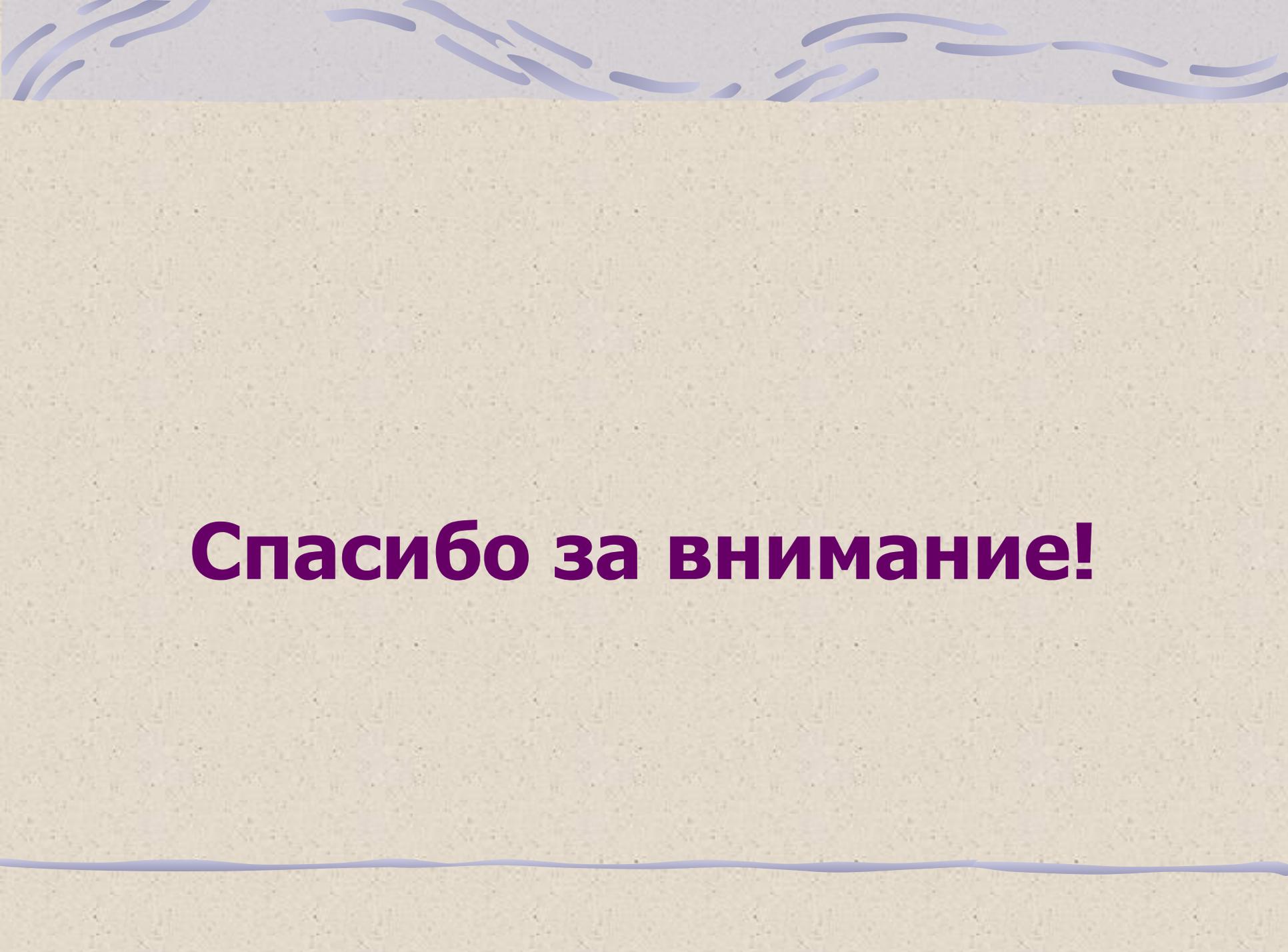
- При нагревании до  $1350^\circ\text{C}$  под давлением образует алмазоподобную структуру – боразон, по твердости равен алмазу
- Устойчив до  $2000^\circ\text{C}$  (алмаз – до  $850^\circ\text{C}$ )

Боразол –  $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$ , бесцветная жидкость, по структуре и свойствам близок к бензолу, температуры плавления и кипения соответственно  $-56^\circ\text{C}$  и  $55^\circ\text{C}$



# Структура боразона





**Спасибо за внимание!**