

## Сера и ее важнейшие соединения

- ${}_{16}\text{S } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$  (p- элемент)
- $\text{S}_8$  – ромбическая сера (наиболее устойчивая аллотропная модификация серы; кристаллическое вещество, нерастворимое в воде)
- $\text{S}_8$  - моноклинная сера ( при комнатной температуре неустойчива; темно-желтые игольчатые кристаллы)
- $\text{S}_n$  - пластическая сера ( аморфная модификация, состоящая из длинных зигзагообразных цепей)

## Важнейшие соединения

- $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  глауберова соль
- $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  гипс
- $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  алебастр
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  горькая (английская) соль
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  медный купорос
- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  железный купорос

# Торговые марки препаратов серы

- «Черенковая» сера – это ромбическая сера, отлитая в виде палочек-черенков
- «Серный цвет» - порошок все той же ромбической серы, полученный конденсацией паров серы: в камерах для конденсации образуются налеты, гроздья в виде цветков
- «Кормовая» сера – ромбическая сера технической чистоты, выплавляемая в виде комьев в автоклавах из некоторых руд

## Химические свойства серы

- С металлами ( Cu, Fe, Zn) кроме золота, платины, иридия
- $\text{Cu} + \text{S} = \text{CuS} + \text{Q}$  (раскаливание смеси)
- $\text{Fe} + \text{Se} = \text{FeSe} + \text{Q}$  (очень вяло)
- С кислородом:  $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2 + \text{Q}$
- селен менее энергично
- $\text{Se} + \text{O}_2 = \text{SeO}_2 + \text{Q}$
- С водородом:  $\text{S} + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{S}$
- С галогенами (кроме йода)  $\text{S} + \text{Cl}_2 = \text{SCl}_2$  при комнатной температуре со фтором, сгорая, образует  $\text{SF}_6$  (шестифтористая сера)
- С фосфором  $3\text{S} + 2\text{P} = \text{P}_2\text{S}_3$
- С углем  $2\text{S} + \text{C} = \text{CS}_2$  (сероуглерод, жидкость при обычных условиях)

## Сероводород

- $\text{H}_2\text{S}$  – бесцветный газ с запахом тухлых яиц, хорошо растворим в воде (1 объем воды – 2,5 объема сероводорода), ядовит, поражает нервную систему.
- Получают обычно:  $2\text{HCl} + \text{FeS} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$
- При сильном нагревании:
- $\text{H}_2\text{S} = \text{S} + \text{H}_2$
- Горит на воздухе голубоватым пламенем:
- $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- При недостатке кислорода:
- $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{S}$  – сильный восстановитель. В растворе легко отдает электроны кислороду воздуха, окисляясь до серы, которая делает воду мутной, поэтому  $\text{H}_2\text{S}$  не накапливается в природе – он превращается в свободную серу:



- $\text{H}_2\text{S} - 2e = \text{S} + 2\text{H}^+$
- $\text{O}_2 + 4e = 2\text{O}^{2-}$
- $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- с сильным окислителем:
- $4\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{S} = 4\text{PbO} + \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
■ Красно-оранжевый                      бесцветный
- С растворами галогенов:
- $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 = 2\text{HI} + \text{S}$  (выделение серы, обесцвечивание йода)

# Кислородные соединения

- +4:  $\text{SO}_2$  убивает микроорганизмы, уничтожает плесневые грибки, им окуривают подвалы, используют при перевозке фруктов, ягод; БЕЛЯТ ШЕРСТЬ, ШЕЛК, СОЛОМУ
- $\text{H}_2\text{SO}_3$  применяют соль гидросульфит кальция – обрабатывают бумажные волокна
- Молекула  $\text{SO}_2$  угловая, сера в  $\text{Sp}^2$  - гибридизации
- Получение:
- $2\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 1 объем  $\text{H}_2\text{O}$  – 80 объемов  $\text{SO}_2$  :
- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \leftrightarrow \text{HSO}_3^- + \text{H}^+ \leftrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$
- $\text{H}_2\text{SO}_3$  – слабая кислота  $K_d = 10^{-11}$ :  $2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{SO}_4$



- Сернистый газ – окислитель
- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S} = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- Сернистый газ – восстановитель:
- $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4$





- Бесцветная жидкость, поглощает влагу, при температуре ниже  $-17^{\circ}\text{C}$  превращается в твердую массу.
- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$
- Хранят в запаянных колбах

## Серная кислота

«Едва ли найдется другое, искусственно добываемое вещество, столь часто применяемое в технике, как серная кислота» Д.И.Менделеев

- **По применению – первое место среди кислот**
- - производство фосфорных и азотных удобрений
  - - получение других кислот
  - - очистка нефтепродуктов
- - в машиностроении: очистка металла перед покрытием
  - - производство взрывчатых веществ
    - - искусственное волокно
    - - заливка аккумуляторов
      - - гербицид

## Производство серной кислоты

- 1 стадия - получение сернистого газа SO<sub>2</sub> :
- Обжиг пирита в специальных печах:
- $4\text{FeS} + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$

## 2 стадия

- Окисление  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$



## 3 стадия

- Получение  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- Поглощение оксида серы(IV) концентрированной кислотой т.к. с водой образуется туман

# Химические свойства серной кислоты

- $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2SO_4 = 12C + H_2SO_4 \cdot 11H_2O$  уголь взаимодействует с кислотой:
- $C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$
- Вытесняет другие кислоты из сухих солей
- $NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$
- Разбавленная не действует на металлы, стоящие в ряду активностей после водорода, на поверхности свинца образует пленку.
- Концентрированная при обычной температуре со многими металлами не реагирует, при нагревании взаимодействует почти со всеми металлами (кроме платины, золота). Восстанавливается до  $SO_2$

## Качественная реакция на сульфат - ион

- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$
- $\text{BaSO}_4$  белый нерастворимый в воде и кислотах мелкокристаллический осадок