

# 元素及其化合物

胡译文

## 目录

<b>1</b>	<b>Flashback</b>	<b>7</b>
1.1	氧化性顺序 . . . . .	7
1.2	元素氧化图解 . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Na</b>	<b>9</b>
2.1	Na 单质 . . . . .	9
2.1.1	物理性质 . . . . .	9
2.1.2	化学性质 . . . . .	9
2.1.3	钠的制取 . . . . .	10
2.1.4	钠的用途 . . . . .	10
2.1.5	焰色反应 . . . . .	10
2.2	Na 的化合物 . . . . .	10
2.2.1	氧化钠和过氧化钠 . . . . .	10
2.2.2	碳酸钠和碳酸氢钠 . . . . .	11
<b>3</b>	<b>镁和铝</b>	<b>13</b>
3.1	铝单质 . . . . .	13
3.1.1	物理性质 . . . . .	13
3.1.2	化学性质 . . . . .	13
3.1.3	制备 . . . . .	14

3.2	氧化铝	15
3.2.1	物理性质	15
3.2.2	化学性质	15
3.3	氢氧化铝	15
3.3.1	化学性质	15
3.4	铝离子	16
3.5	偏铝酸根	17
3.6	氢氧化铝	17
3.6.1	物理性质	17
3.6.2	制备	18
3.7	总结	18
<b>4</b>	<b>Fe</b>	<b>19</b>
4.1	铁单质	19
4.1.1	物理性质	19
4.1.2	化学性质	19
4.2	铁的氧化物	20
4.3	铁的水化物	20
4.3.1	比较 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$	20
4.3.2	$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的转化	21
4.4	铁三角（铁、亚铁盐、铁盐）	21
<b>5</b>	<b>Si</b>	<b>23</b>
5.1	硅单质	23
5.1.1	物理性质	23
5.1.2	化学性质	23
5.2	硅的氧化物	23
5.2.1	物理性质	23
5.2.2	化学性质	24

5.3	硅的水化物（硅酸、原硅酸）	25
5.3.1	物理性质	25
5.3.2	化学性质	25
5.3.3	制备	26
5.4	硅酸盐	26
5.4.1	物理性质	26
5.4.2	化学性质	26
5.4.3	硅酸盐的拆分	26
5.5	用途与俗称	27
5.5.1	用途	27
5.5.2	俗称	27
<b>6</b>	<b>Cl</b>	<b>28</b>
6.0.1	含氯酸	28
6.0.2	卤素	28
6.1	盐酸	29
6.1.1	物理性质	29
6.1.2	化学性质	29
6.1.3	制备	30
6.2	氯气	30
6.2.1	物理性质	30
6.2.2	化学性质	30
6.2.3	制备	31
6.2.4	除杂	32
6.2.5	氯水	32
6.2.6	鉴别	32
6.3	次氯酸	32
6.3.1	化学性质	32

6.4	含氯酸盐	33
6.4.1	NaClO	33
6.4.2	Ca(ClO) <sub>2</sub>	33
6.4.3	Cl <sub>2</sub> 逐渐通入FeI <sub>2</sub> 和FeBr <sub>2</sub> 混合溶液	33
6.4.4	Cl <sub>2</sub> 逐渐通入Na <sub>2</sub> CO 溶液	33
<b>7</b>	<b>S</b>	<b>35</b>
7.1	硫化氢	35
7.1.1	物理性质	35
7.1.2	化学性质	35
7.1.3	制备	36
7.2	硫单质	36
7.2.1	物理性质	36
7.2.2	化学性质	36
7.3	二氧化硫	38
7.3.1	物理性质	38
7.3.2	化学性质	38
7.3.3	硫酸型酸雨	39
7.3.4	除杂	40
7.3.5	制备	40
7.4	三氧化硫	40
7.4.1	物理性质	40
7.4.2	化学性质	40
7.4.3	除杂	41
7.5	亚硫酸	41
7.5.1	化学性质	41
7.6	硫酸	41
7.6.1	物理性质	41

7.6.2	化学性质 . . . . .	42
7.6.3	制备 . . . . .	42
7.7	含硫酸盐 . . . . .	43
7.7.1	$\text{FeSO}_4$ . . . . .	43
7.7.2	$\text{CuSO}_4$ . . . . .	43
7.7.3	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . . . . .	43
<b>8</b>	<b>N</b>	<b>44</b>
8.1	氨气 . . . . .	44
8.1.1	物理性质 . . . . .	44
8.1.2	尾气处理防倒吸 . . . . .	44
8.1.3	喷泉实验 . . . . .	44
8.1.4	化学性质 . . . . .	44
8.1.5	检验与验满 . . . . .	45
8.1.6	制备 . . . . .	45
8.1.7	用途 . . . . .	45
8.2	氮气 . . . . .	45
8.2.1	物理性质 . . . . .	45
8.2.2	化学性质 . . . . .	46
8.2.3	制备 . . . . .	46
8.3	氮的氧化物 . . . . .	46
8.3.1	物理性质 . . . . .	46
8.3.2	化学性质 . . . . .	46
8.3.3	酸酐 . . . . .	47
8.4	硝酸 . . . . .	47
8.4.1	物理性质 . . . . .	47
8.4.2	化学性质 . . . . .	47
8.4.3	制备 . . . . .	48

8.4.4	固氮	48
8.5	盐	49
8.5.1	硝酸盐分解规律	49
8.5.2	铵盐分解规律	49

# 1 Flashback

## 1.1 氧化性顺序

**氧化性**  $F_2 > O_2 > Cl_2 > Br_2 > Fe^{3+} > I_2 > S$

$F^- < H_2O < Cl^- < Br^- < Fe^{2+} < I^- < S^{2-} < \text{惰性电极}$

**还原性**

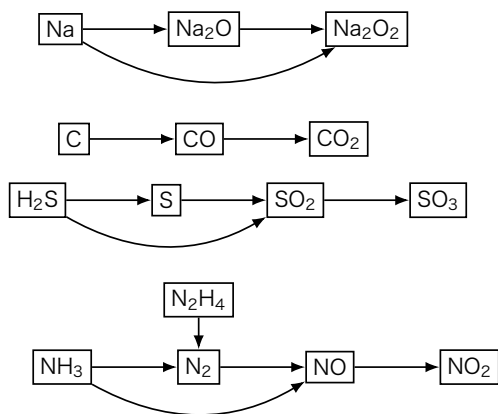
### 金属活动顺序表

- 钾钙钠镁铝: K Ca Na Mg Al
- 锌铁锡铅氢: Zn Fe Sn Pb H
- 铜汞银铂金: Cu Hg Ag Pt Au

$K > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Fe > Sn > Pb > H^+ > Cu > Hg > Ag > Pt > Au$

$K^+ < Ca^{2+} < Na^+ < Mg^{2+} < Al^{3+} < H_2O < Zn^{2+} < Fe^{2+} < Sn^{2+} < Pb^{2+} < H^+ < Cu^+ < Hg^+ < Fe^{3+} < Ag^+ < AuCl_4^-$

## 1.2 元素氧化图解





## 2 Na

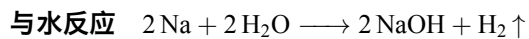
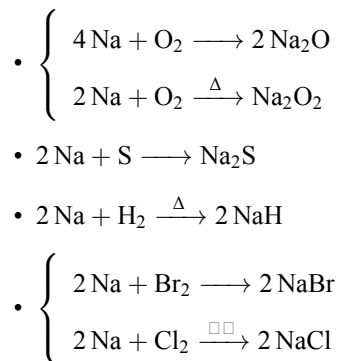
### 2.1 Na 单质

#### 2.1.1 物理性质

- 银白色固体，有金属性光泽
- 密度介于水和煤油之间，用煤油或石蜡保存
- 熔点低
- 质地较软，可以用小刀切割

#### 2.1.2 化学性质

##### 与非金属单质反应



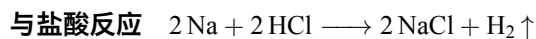
浮 钠的密度比水小

溶 反应放热，钠的熔点低

游 生成氢气推动钠

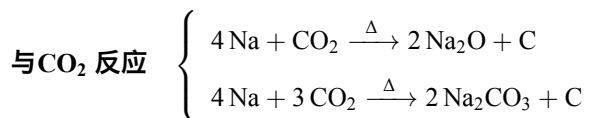
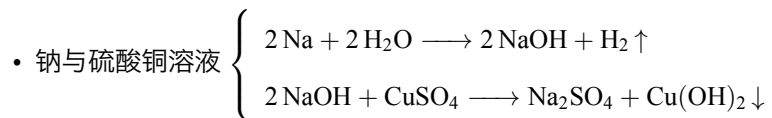
响 反应剧烈

红 生成NaOH 遇到酚酞变红

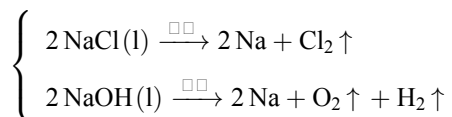


**与碱反应** 实质是先与水反应，产物再和盐反应。

**与盐溶液反应** 实质是先与水反应，产物再和盐反应（钠不能与盐溶液发生置换反应）。



### 2.1.3 钠的制取



### 2.1.4 钠的用途

- 冶炼金属：  $4\text{Na} + \text{TiCl}_4(\text{l}) \longrightarrow 4\text{NaCl} + \text{Ti}$
- 原子反应导热剂
- 钠光灯

### 2.1.5 焰色反应

钠盐：黄色火焰

## 2.2 Na 的化合物

### 2.2.1 氧化钠和过氧化钠

比较氧化钠和过氧化钠

名称	氧化钠	过氧化钠
化学式	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}_2$
物理性质	白色固体	淡黄色固体
氧化物类型	碱性氧化物	过氧化物
获取	$4\text{Na} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{O}$	$2\text{Na} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{O}_2$
与水反应	$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH}$ 白色粘稠物	$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ 白色粘稠物
与酸反应	$\text{Na}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 4\text{H}^+ \longrightarrow 4\text{Na}^+ + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$
与 $\text{CO}_2$ 反应	$\text{Na}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$	$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$
用途	制取烧碱	漂白剂、消毒剂、供氧剂

### 过氧化钠的强氧化性

- 与 $\text{SO}_2$ 反应： $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 投入 $\text{FeCl}_2$ 溶液中生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀
- 投入氢硫酸，氧化硫化氢成硫单质，溶液浑浊
- 氧化 $\text{SO}_3^{2-}$ 成 $\text{SO}_4^{2-}$
- 使品红溶液褪色

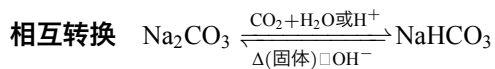
### 2.2.2 碳酸钠和碳酸氢钠

#### 碳酸钠 $\text{Na}_2\text{CO}_3$

- 俗名：纯碱、苏打
- 与盐酸反应： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液反应： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaOH}$
- 与 $\text{BaCl}_2$ 溶液反应： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \longrightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$

## 碳酸氢钠NaHCO<sub>3</sub>

- 俗名：小苏打
- 与盐酸反应： $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- 与过量Ca(OH)<sub>2</sub> 溶液反应： $\text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- + \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- 与少量Ca(OH)<sub>2</sub> 溶液反应： $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{HCO}_3^- + \text{Ca(OH)}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$
- 与BaCl<sub>2</sub> 溶液反应：无明显现象
- 受热分解： $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$



## 鉴别Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 和NaHCO<sub>3</sub>

**固体** 根据热稳定性加热，能产生使澄清石灰水变浑浊的气体的是NaHCO<sub>3</sub>

### 溶液

- 与可溶性钙、钡盐生成沉淀的是Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- 与足量盐酸反应剧烈的是NaHCO<sub>3</sub>
- 逐滴加盐酸先生成气体的是NaHCO<sub>3</sub>
- 等物质的量 pH 值较大的是Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

## 3 镁和铝

### 3.1 铝单质

#### 3.1.1 物理性质

银白色固体、导电性优良 ( $\text{Ag} > \text{Cu} > \text{Al}$ )、熔点低、密度小

#### 3.1.2 化学性质

##### 与非金属单质反应

- $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{Al}_2\text{O}_3$  (铝在氧气中无法剧烈燃烧)  
离子晶体
- 铝在空气中生成致密的氧化膜, 阻止反应; 但硝酸汞可以阻止致密的氧化膜生成, 剧烈反应, 俗称“铝汞齐”。
- $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{AlCl}_3$  (铝在氯气中可以剧烈燃烧)  
分子晶体
- $2\text{Al} + \text{N}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{AlN}$   
原子晶体
- $2\text{Al} + 3\text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{S}_3$

##### 与热水反应

- $\text{Mg} + \text{H}_2\text{O}(\text{沸水}) \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$
- $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$

**铝(镁)热反应** 可以与  $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$  等氧化物反应。用于焊接金属、冶炼难溶金属。

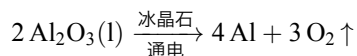
- $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$
- $2\text{Al} + \text{Cr}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Cr}$

## 两性

- 与非氧化性酸:  $2\text{Al} + 6\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\uparrow$
- 与氧化性酸: 在冷的浓硫酸或浓硝酸中钝化.
- 与强碱:  $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaAlO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\uparrow$

### 3.1.3 制备

#### 工业制铝



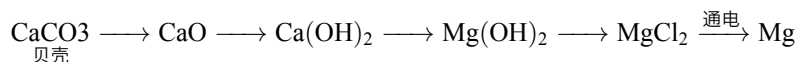
熔融冰晶石 ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) 可以溶解  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 是助熔剂, 而非催化剂。

1. 粉碎
2.  $\text{NaOH}$  溶液浸泡:  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
3. 过滤
4. 通入  $\text{CO}_2$ :  $\text{CO}_2 + \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{HCO}_3^-$
5. 过滤
6. 煅烧:  $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
7. 电解:  $2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{l}) \xrightarrow[\text{通电}]{\text{冰晶石}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2\uparrow$

#### 工业制镁

- $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{MgCl}_2(\text{l}) \xrightarrow{\text{通电}} \text{Mg} + \text{Cl}_2\uparrow$

#### 海水提镁



其中氯元素可以循环:  $\text{Cl}_2 \longrightarrow \text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 \longrightarrow \text{Cl}_2$

## 3.2 氧化铝

### 3.2.1 物理性质

- 熔点高、硬度大。
- 俗称：刚玉、宝石。
- 用途：氧化铝坩锅、装饰品、蓝宝石保护层

### 3.2.2 化学性质

#### 两性

- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$

## 3.3 氢氧化铝

### 3.3.1 化学性质

#### 两性

##### 与强碱反应

- $2\text{Al} + 6\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\uparrow$ （非氧化性酸）
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \longrightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

##### 与强碱反应

- $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2\uparrow$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- \longrightarrow \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$

### Al(OH)<sub>3</sub> 的电离

- $\text{Al}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 3 \text{OH}^-$

### 受热分解

## 3.4 铝离子

与 NaOH 的相互滴加 缓慢滴加并搅拌

### 将 NaOH 滴入 Al<sup>3+</sup> 溶液中

1. 先出现白色沉淀:  $\text{Al}^{3+} + 3 \text{OH}^- \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$
2. 后沉淀消失:  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- \longrightarrow \text{AlO}_2^- + 2 \text{H}_2\text{O}$

### 将 Al<sup>3+</sup> 滴入 NaOH 溶液中

1. 先无明显现象:  $\text{Al}^{3+} + 4 \text{OH}^- \longrightarrow \text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
2. 后产生白色沉淀:  $\text{Al}^{3+} + 3 \text{AlO}_2^- + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4 \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$

与氨水反应  $\text{Al}^{3+} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3 \text{NH}_4^+$

### 双水解反应

- $\text{Al}^{3+} + 3 \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3 \text{CO}_2 \uparrow$
- $\text{Al}^{3+} + 3 \text{CO}_3^{2-} + 3 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3 \text{HCO}_3^-$
- $\text{Al}^{3+} + 3 \text{AlO}_2^- + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4 \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$
- $2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{S}^{2-} + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3 \text{H}_2\text{S} \uparrow$



- $\text{AlO}_2^- + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4 \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NH}_3 \uparrow$
- $2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{SiO}_3^{2-} + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3 \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow$

### 3.5 偏铝酸根

**与强酸相互滴加** 缓慢滴加并搅拌

**将  $\text{H}_2\text{SO}_4$  滴入  $\text{AlO}_2^-$  溶液中**

1. 先出现白色沉淀:  $\text{AlO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$
2. 后沉淀消失:  $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}^+ \longrightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{O}$

**将  $\text{AlO}_2^-$  滴入  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中**

1. 先无明显现象:  $\text{AlO}_2^- + 4 \text{H}^+ \longrightarrow \text{Al}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O}$
2. 后产生白色沉淀:  $\text{Al}^{3+} + 3 \text{AlO}_2^- + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4 \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$

**与碳酸反应** 立即生成  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀且不溶解。

- $\text{CO}_2$  过量:  $\text{AlO}_2^- + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$
- $\text{CO}_2$  少量:  $2 \text{AlO}_2^- + 3 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-}$

**与铵盐溶液反应**  $\text{NH}_4^+ + \text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NH}_3 \uparrow$

### 3.6 氢氧化铝

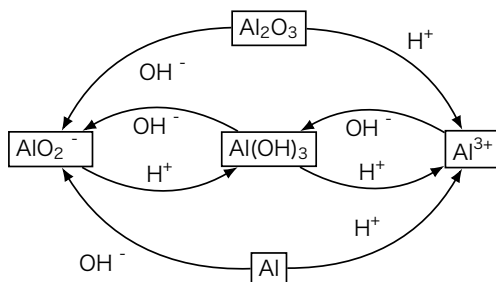
#### 3.6.1 物理性质

- 白色胶状沉淀

### 3.6.2 制备

- $\text{Al}^{3+} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3 \text{NH}_4^+$
- $\text{AlO}_2^- + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$
- $\text{Al}^{3+} + 3 \text{AlO}_2^- + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4 \text{Al}_3(\text{OH})_3 \downarrow$

### 3.7 总结



## 4 Fe

### 4.1 铁单质

#### 4.1.1 物理性质

- 银白色固体，有金属性光泽；
- 容易被磁铁吸引；
- 地壳中居第四位；

#### 4.1.2 化学性质

铁元素性质活泼，有较强的还原性，主要化合价为+2价和+3价。

#### 与非金属单质反应

- $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Fe}_3\text{O}_4$
- $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{FeCl}_3$
- $\text{Fe} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{FeS}$

**与水反应** 铁在高温下与水蒸气反应  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$

**与酸反应** 铁遇到冷的浓硫酸或浓硝酸会钝化。

- 与非还原性酸： $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$
- 与还原性酸： $\text{Fe} + 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

#### 与盐溶液反应

- 置换反应： $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$
- 与氯化铁溶液： $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} \longrightarrow 3\text{Fe}^{2+}$

## 4.2 铁的氧化物

名称	氧化亚铁	氧化铁	四氧化三铁
俗称	-	铁红	磁性氧化铁
化学式	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
化合价	+2	+3	+2、+3
物理性质	黑色粉末	红褐色粉末	黑色晶体
与CO 反应	$\text{FeO} + \text{CO} \xrightarrow{\Delta} \text{Fe} + \text{CO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{CO} \xrightarrow{\Delta} 2 \text{Fe} + 3 \text{CO}_2$	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4 \text{CO} \xrightarrow{\Delta} 3 \text{Fe} + 4 \text{CO}_2$
与H <sub>2</sub> 反应	$\text{FeO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} 2 \text{Fe} + 3 \text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4 \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} 3 \text{Fe} + 4 \text{H}_2\text{O}$
与酸反应	$\text{FeO} + 2 \text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6 \text{H}^+ \longrightarrow 2 \text{Fe}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8 \text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$

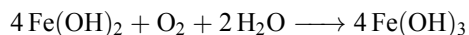
## 4.3 铁的水化物

### 4.3.1 比较Fe(OH)<sub>2</sub> 和Fe(OH)<sub>3</sub>

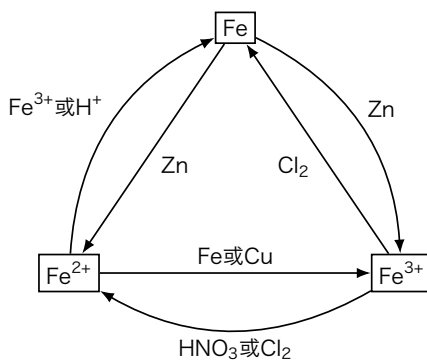
名称	氢氧化亚铁	氢氧化铁
化学式	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
物理性质	白色固体	红褐色固体
与酸反应	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
受热分解	$\text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
制备	$\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$	$\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaCl}$

#### 4.3.2 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的转化

$\text{Fe}(\text{OH})_2$  在空气中可以迅速被氧化成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。现象是由白色絮状沉淀迅速变成灰绿色，最后变成红褐色。



#### 4.4 铁三角（铁、亚铁盐、铁盐）



**亚铁盐** 含有 $\text{Fe}^{2+}$ 的溶液呈浅绿色， $\text{Fe}^{2+}$ 既有氧化性，又有还原性。

**铁盐** 含有 $\text{Fe}^{3+}$ 的溶液呈棕黄色， $\text{Fe}^{3+}$ 具有氧化性。含有 $\text{Fe}^{3+}$ 的盐溶液遇到KSCN溶液时变成红色。

## 5 Si

### 5.1 硅单质

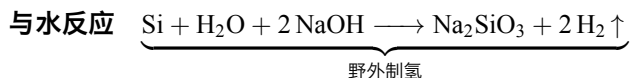
#### 5.1.1 物理性质

- 分类：无定形硅、晶体硅（结构类似金刚石，原子晶体）
- 灰黑色晶状固体
- 质地较脆
- 半导体

#### 5.1.2 化学性质

##### 与非金属单质反应

- $\text{Si} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{SiO}_2$
- $\text{Si} + 2\text{Cl}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{SiCl}_4$
- $\text{Si} + 2\text{F}_2 \longrightarrow \text{SiF}_4$
- $\text{Si} + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \underset{\text{金刚砂}}{\text{SiC}}$



##### 精炼

1.  $\text{Si} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{SiCl}_4$
2.  $\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{HCl} + \text{Si}$

### 5.2 硅的氧化物

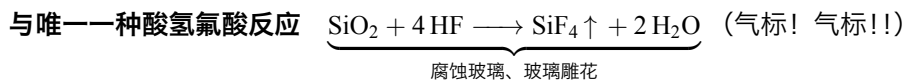
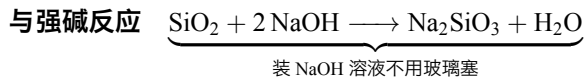
最简式： $\text{SiO}_2$ （分子晶体）

#### 5.2.1 物理性质

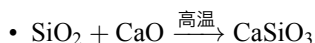
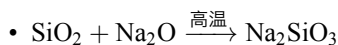
- 透明、硬度大、熔点高

## 5.2.2 化学性质

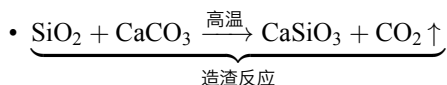
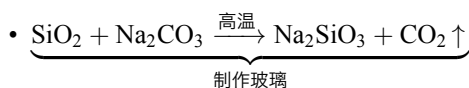
### 酸性氧化物



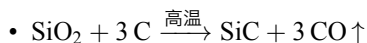
**与碱性氧化物反应** 氧化硅与碱性氧化物反应，不与水反应（与水反应产物为硅酸，是沉淀，阻止反应进行）



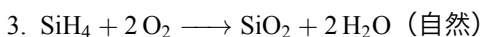
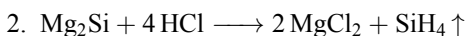
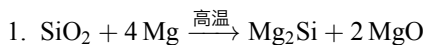
### 与碱性盐反应



### 与碳反应



### 精炼





### 5.3 硅的水化物（硅酸、原硅酸）

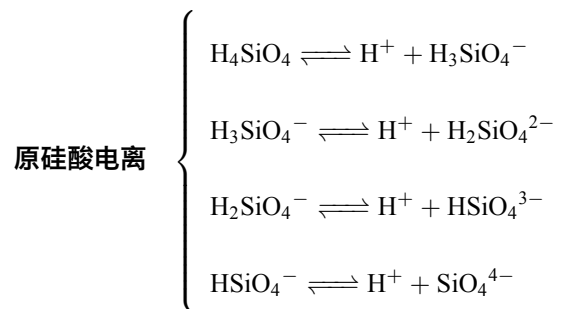
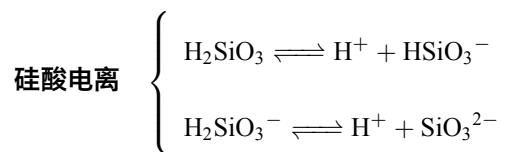
硅酸： $\text{H}_2\text{SiO}_3$ 、原硅酸： $\text{H}_4\text{SiO}_4$

#### 5.3.1 物理性质

白色胶状沉淀

#### 5.3.2 化学性质

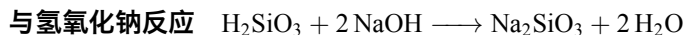
**弱酸性** 不使酸碱指示剂变色



**不稳定沉淀**

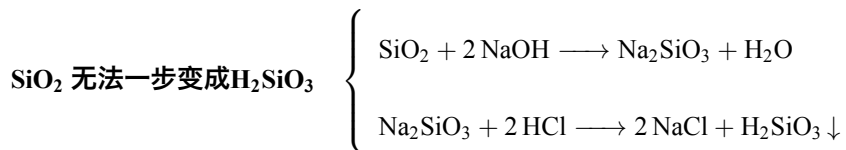
- $\text{H}_4\text{SiO}_4 \longrightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2 \uparrow$
- $\text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

**与强碱反应**



不与氨气反应  $\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{NH}_4^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 2\text{NH}_3 \uparrow$

### 5.3.3 制备

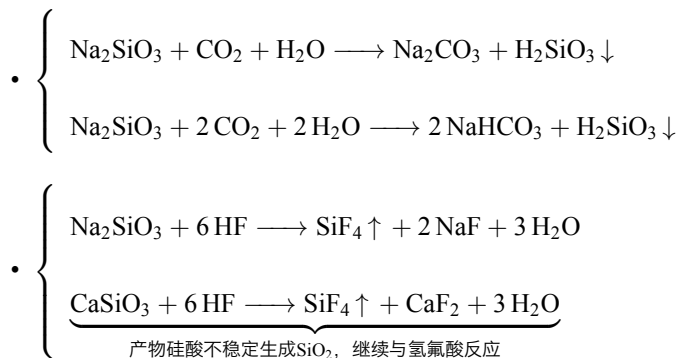


## 5.4 硅酸盐

### 5.4.1 物理性质

$\text{K}_2\text{SiO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  溶于水，其余硅酸盐微溶于水。

### 5.4.2 化学性质



### 5.4.3 硅酸盐的拆分



- $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ :  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$
- $\text{CaSiO}_3$ :  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
- $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ :  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

## 5.5 用途与俗称

### 5.5.1 用途

- Si (不透明): 硅芯片、太阳能电池板
- $\text{SiO}_2$  (透明): 玻璃、石英玻璃、硅胶 ( $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , 干燥剂)、光导纤维
- $\text{SiO}_3^{2-}$  盐: 水泥、陶瓷、防火材料等无机非金属材料
- $\text{H}_2\text{SiO}_3$ : 制硅胶

### 5.5.2 俗称

- $\text{SiO}_2$ : 水晶、玛瑙、石英
- $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  水溶液: 水玻璃
- $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ : 泡花碱

## 6 Cl

### 氯相关

#### 6.0.1 含氯酸

从上至下，酸性递增，氧化性递减。

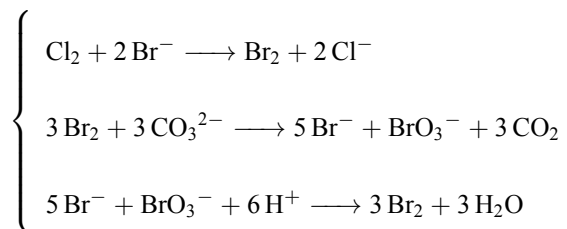
- HClO: 次氯酸
- HClO<sub>2</sub>: 亚氯酸
- HClO<sub>3</sub>: 氯酸
- HClO<sub>4</sub>: 高氯酸

#### 6.0.2 卤素

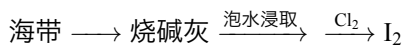
- F: 无正价，氧化性最强的单质
- Cl: 黄绿色气体
- Br: 常温下唯一液态非金属单质，保存液溴需水封，海水元素
- I: 易升华
- AgF: 可溶于水
- AgCl: 白色沉淀
- AgBr: 淡黄色沉淀
- AgI: 黄色沉淀，用于人工降雨

### 海水提溴

海水  $\xrightarrow{\text{晒盐}}$  盐卤  $\xrightarrow{\text{通入Cl}_2}$  Br<sub>2</sub>(aq)  $\xrightarrow{\text{吹热空气或水蒸气}}$  Br<sub>2</sub>(g)  $\xrightarrow{\text{热饱和纯碱}}$  溴酸盐和溴盐溶液  $\xrightarrow{\text{稀硫酸酸化}}$  Br<sub>2</sub>



## 海带提碘



拟卤素    CN、SCN、OCN  
            氰      硫氰     氧氰

## 6.1 盐酸

### 6.1.1 物理性质

无色、有刺激性气味液体。

### 6.1.2 化学性质

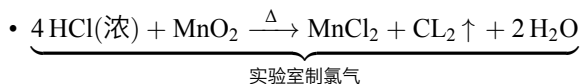
**酸性**    产物中有盐

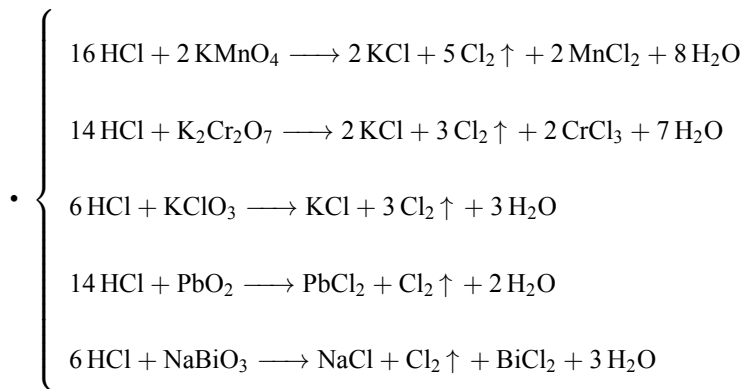
- $2\text{H}^+ + \text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$
- $\text{H}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $2\text{H}^+ + \text{CaO} \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \longrightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

**氧化性**    盐酸的氧化性由 $\text{H}^+$  体现

- $2\text{H}^+ + \text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$

**还原性**





### 6.1.3 制备

#### 工业

1.  $2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2 \text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$
2.  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2 \text{HCl}$

#### 实验室

- $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{NaHSO}_4 + \text{HCl} \uparrow$
- $2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCl} \uparrow$

## 6.2 氯气

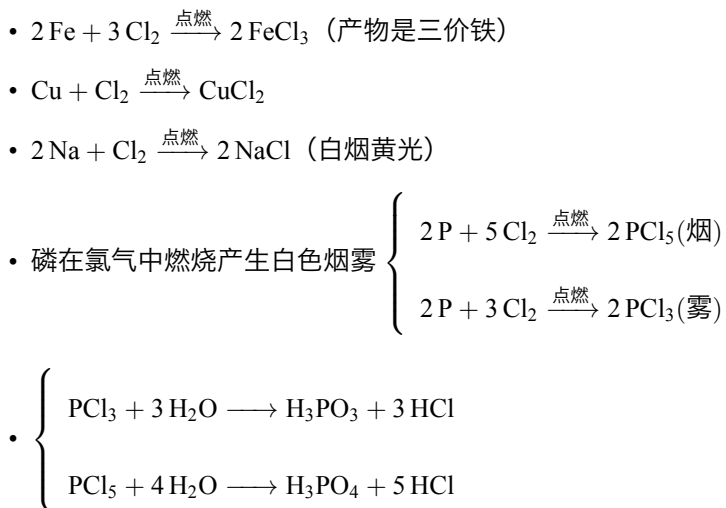
### 6.2.1 物理性质

- 黄绿色气体
- 密度大于空气，加压易液化
- 难溶于饱和食盐水，可溶于水，易溶于 $\text{CCl}_4$ 。

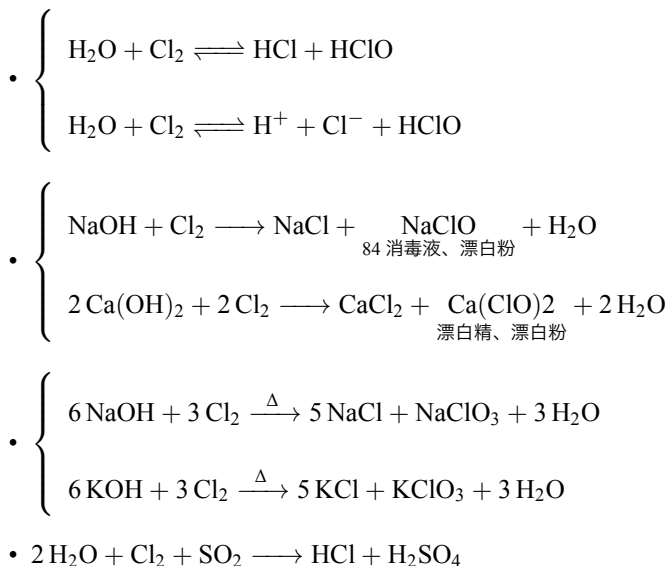
### 6.2.2 化学性质

#### 助燃性 强氧化性

- $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2 \text{HCl}$ （苍白色火焰）

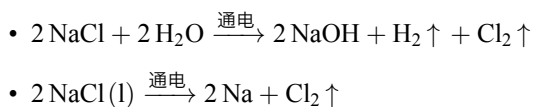


## 氧化性和还原性

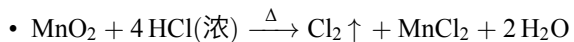


## 6.2.3 制备

### 工业



## 实验室



### 6.2.4 除杂

- $\text{Cl}_2$  ( $\text{HCl}$ ): 饱和食盐水 (溶液度:  $\text{HCl} > \text{NaCl} > \text{Cl}_2$ )
- $\text{HCl}$  ( $\text{Cl}_2$ ):  $\text{CCl}_4$
- $\text{CO}_2$  ( $\text{HCl}$ ): 饱和 $\text{NaHCO}_3$  溶液

### 6.2.5 氯水

#### 成分

- 分子:  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HClO}$
- 离子:  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{ClO}^-$ 、 $\text{OH}^-$

#### 检验

- $\text{Cl}_2$ :  $\text{FeCl}_2$  溶液由浅绿色变为棕黄色
- $\text{Cl}^-$ : 加入硝酸酸化的 $\text{AgNO}_3$  溶液, 产生白色沉淀
- $\text{HClO}$ : 有色布条褪色
- $\text{H}^+$ : pH 试纸先变红, 再褪色

### 6.2.6 鉴别

湿润淀粉碘化钾试纸变为蓝色  $\text{Cl}_2 + 2\text{KI} \longrightarrow 2\text{KCl} + \text{I}_2$

## 6.3 次氯酸

化学式  $\text{HClO}$

### 6.3.1 化学性质

见光分解  $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$

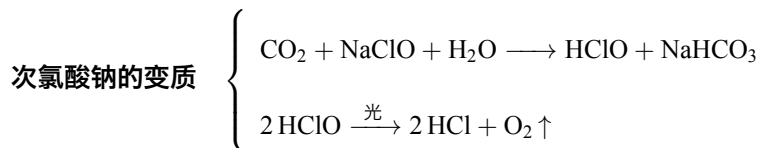


酸性  $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HClO} > \text{HCO}_3^-$

氧化性  $\text{HClO} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$

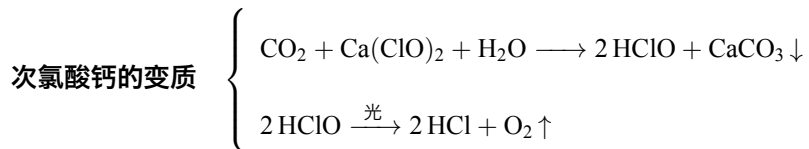
## 6.4 含氯酸盐

### 6.4.1 NaClO



$\text{SO}_2$  通入  $\text{NaClO}_3$  溶液  $\text{ClO}^- + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$

### 6.4.2 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$



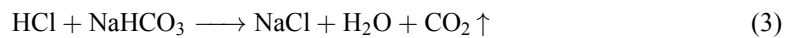
$\text{SO}_2$  通入  $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$  溶液  $\text{Ca}^{2+} + \text{ClO}^- + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ + \text{CaSO}_4 \downarrow$

### 6.4.3 $\text{Cl}_2$ 逐渐通入 $\text{FeI}_2$ 和 $\text{FeBr}_2$ 混合溶液

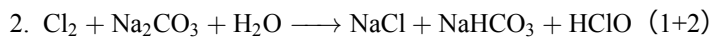
1.  $\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$
2.  $\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}^{2+} \longrightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+}$
3.  $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^- + \text{Br}_2 \uparrow$
4.  $5\text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 \longrightarrow 12\text{H}^+ + 2\text{IO}_3^- + 10\text{Cl}^-$

### 6.4.4 $\text{Cl}_2$ 逐渐通入 $\text{Na}_2\text{CO}$ 溶液





注意HClO 和NaHCO<sub>3</sub> 不反应。



## 7 S

### 7.1 硫化氢

#### 7.1.1 物理性质

- 无色、有刺激性气味（臭鸡蛋味）、有毒气体
- 能溶于水
- $\text{H}_2\text{S}$  水溶液俗称氢硫酸，有毒
  - 碘酸：HIO
  - 碘化氢：HI
  - 氢碘酸：HI 水溶液

#### 7.1.2 化学性质

##### 弱酸性

与碱生成对应酸式/正盐

与一些盐反应

- $\text{H}_2\text{S} + \text{CuSO}_4 \longrightarrow \text{CuS} \downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4$ （强酸置弱酸）
- $\text{PbAc}_2 + \text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{PbS} \downarrow + 2 \text{HAc}$ （鉴别硫化氢： $\text{PbAc}_2$  试纸变黑）  
醋酸铅

不稳定性 高温易分解

##### 可燃性

- $2 \text{H}_2\text{S} + 3 \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2 \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2 \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$

## 强还原性

- $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \longrightarrow 3\text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{S} + \text{X}_2 \longrightarrow 2\text{HX} + \text{S}\downarrow$
- $$\begin{cases} \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{S}\downarrow \\ \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \end{cases}$$

### 7.1.3 制备

向上双管排气法收集除杂: NaOH

- $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{FeSO}_4$
- $\text{ZnS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{ZnSO}_4$

## 7.2 硫单质

### 7.2.1 物理性质

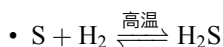
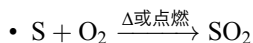
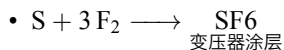
- 黄色硫固体/淡黄色硫粉/白色纳米尺度的硫
- 难溶于水、微溶于酒精、易溶于二硫化碳
- 熔沸点低, 存在多种同素异形体

### 7.2.2 化学性质

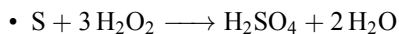
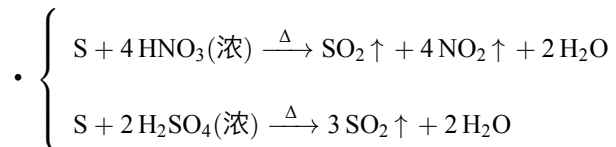
与金属反应 主要生成低价化合物

- $\text{S} + \text{Fe} \xrightarrow{\Delta} \text{FeS}$
- $\text{S} + 2\text{Cu} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu}_2\text{S}$   
硫化亚铜
- $\underbrace{3\text{S} + 2\text{Al} \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{S}_3}_{\text{高中唯一制Al}_2\text{S}_3 \text{ 的方法}}$
- $\underbrace{\text{S} + \text{Hg} \longrightarrow \text{HgS}}_{\text{除汞}}$

## 与非金属反应

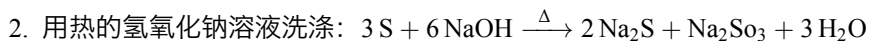


## 还原性

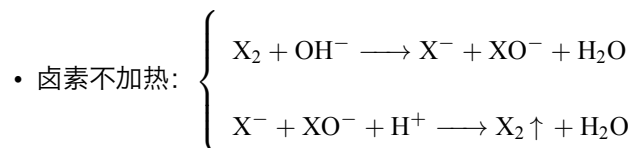
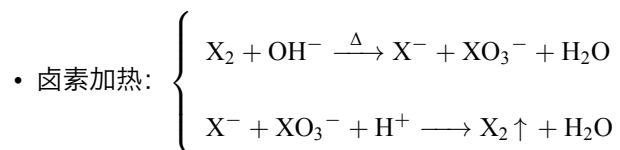
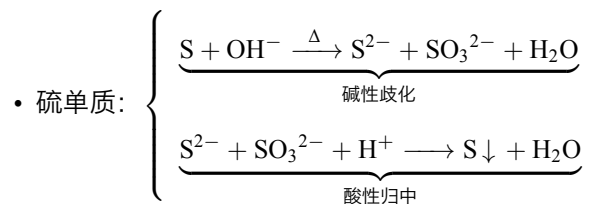


## 除硫粉

1. 用 $\text{CS}_2$ 洗涤



## 歧化和归中



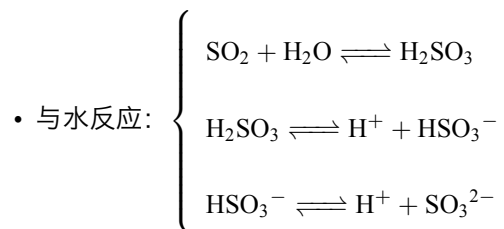
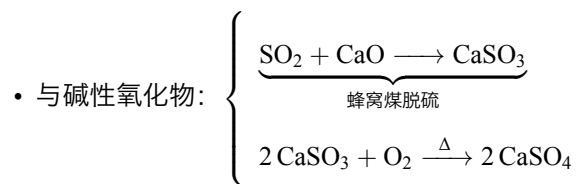
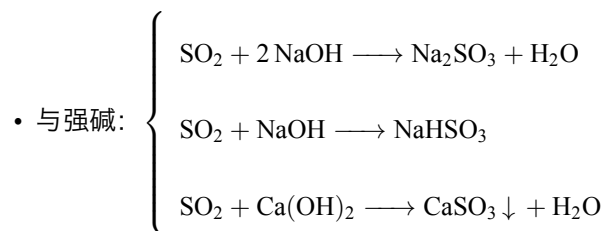
## 7.3 二氧化硫

### 7.3.1 物理性质

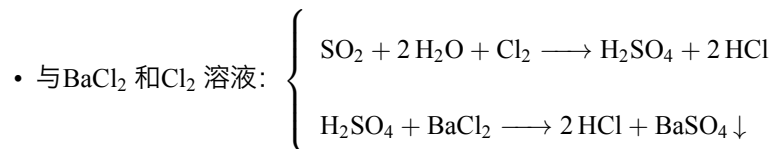
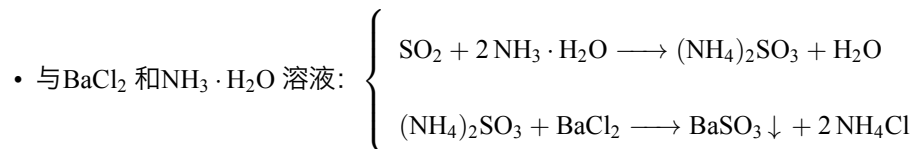
- 无色、刺激性气味、有毒气体
- 易溶于水

### 7.3.2 化学性质

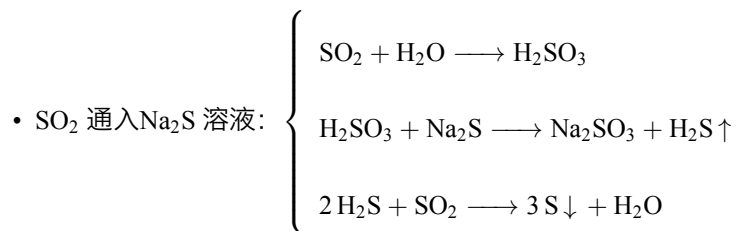
#### 酸性



- 酸性比盐酸弱：不与BaCl<sub>2</sub> 溶液反应生成沉淀



**氧化性**  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \longrightarrow 3\text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$  (仅此一个反应能体现氧化性)



**还原性**

- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{SO}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$
- $5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$
- $\text{SO}_2 + \text{HClO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$
- $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{NO} + \text{SO}_3$
- $\begin{cases} \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{X}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HX} \\ \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl} \end{cases}$

**漂白性**  $\text{SO}_2$  使**品红溶液**褪色，加热后红色复现。原理：与特定有机染料结合，生成无色或浅色物质；加热可逆

- $\text{SO}_2$  通入酸性高锰酸钾溶液褪色：还原性
- $\text{SO}_2$  通入品红溶液褪色：漂白性

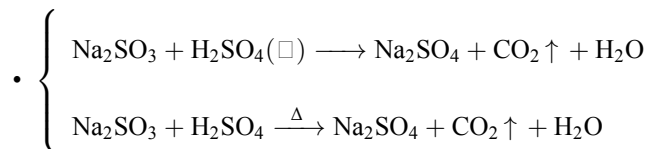
### 7.3.3 硫酸型酸雨

- $\text{SO}_2 \longrightarrow \text{SO}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{SO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

### 7.3.4 除杂

- $\text{SO}_2$  ( $\text{CO}_2$ ):  $\text{NaHSO}_3$  溶液
- $\text{CO}_2$  ( $\text{SO}_2$ ):  $\text{NaHCO}_3$  溶液或酸性高锰酸钾溶液
- $\text{SO}_2$  ( $\text{HCl}$ ):  $\text{NaHSO}_3$  溶液
- $\text{SO}_2$  ( $\text{Cl}_2$ ): 无法分开

### 7.3.5 制备



- 装置：固液加热，含沸石
- 除杂（水）：浓硫酸或无水氯化钙
- 收集：向上排空气（易溶于水，不能用排水法）
- 验满：湿润的蓝色石蕊试纸（酸性）或品红试纸（漂白性）
- 尾气处理：氢氧化钠溶液、放倒吸（工业用氨水，产物可做化肥）

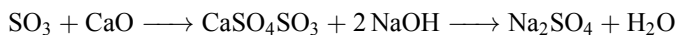
## 7.4 三氧化硫

### 7.4.1 物理性质

- 无色
- 常温液体、标况固体
- 溶于浓硫酸

### 7.4.2 化学性质

酸性氧化物，与水反应生成硫酸，放热。





### 7.4.3 除杂

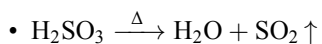
弱酸气体混有强酸气体杂质时，用弱酸的酸式盐溶液除杂。也可以利用杂质的氧化性或还原性除杂。

- $\text{CO}_2$  ( $\text{SO}_2$ )：酸性高锰酸钾溶液、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液、 $\text{NaHCO}_3$  溶液
- $\text{H}_2\text{S}$  ( $\text{HCl}$ )：饱和 $\text{NaHS}$  溶液
- $\text{CO}_2$  ( $\text{H}_2\text{S}$ )：酸性高锰酸钾溶液、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液、 $\text{CuSO}_4$  溶液

## 7.5 亚硫酸

### 7.5.1 化学性质

#### 不稳定性



#### 还原性

- $2 \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCl}$
- $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

#### 酸性 亚硫酸是中强酸

- $\text{NaHCO}_3$ ：显碱性
- $\text{NaHSO}_3$ ：显酸性

## 7.6 硫酸

### 7.6.1 物理性质

- 无色粘稠状液体、不易挥发
- 吸水性
- 溶于水放热

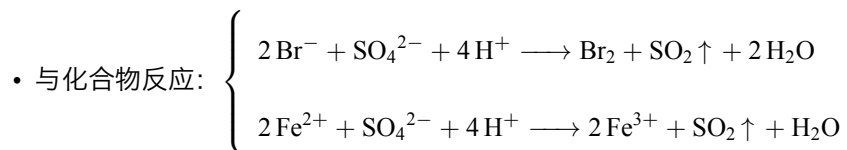
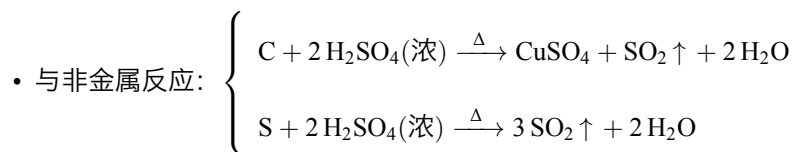
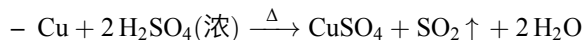
## 7.6.2 化学性质

### 酸性

脱水性（注意区分吸水性） 酸性干燥剂

### 强氧化性

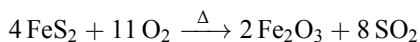
- 与金属反应：可与金属活动顺序表中铜及之前的物质反应，常温下使铁、铝钝化。



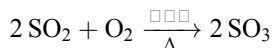
## 7.6.3 制备

### 工业

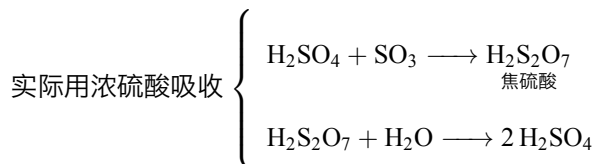
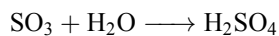
沸腾炉 煅烧黄铁矿



接触室  $\text{V}_2\text{O}_5$  附着于网上

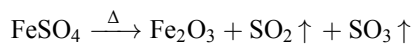


吸收塔

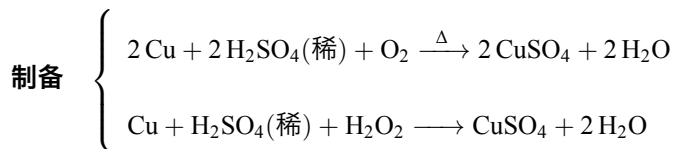
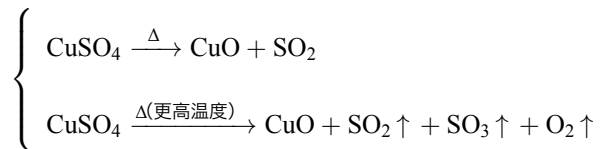


## 7.7 含硫酸盐

### 7.7.1 FeSO<sub>4</sub>



### 7.7.2 CuSO<sub>4</sub>



### 7.7.3 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

- 无法在酸性条件下存在： $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2 \text{HCl} \longrightarrow 2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow + \text{S} \downarrow$
- 生成： $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \longrightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- 除氯剂： $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4 \text{Cl}_2 + 10 \text{NaOH} \longrightarrow 8 \text{NaCl} + 2 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}$
- 测定空气中I<sub>2</sub> 含量： $2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \longrightarrow \text{B}=\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2 \text{NaI}$

## 8 N

### 8.1 氨气

#### 8.1.1 物理性质

- 无色、刺激性气体
- 极易溶于水
- 加压易液化（制冷剂）

#### 8.1.2 尾气处理防倒吸

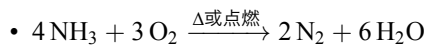
$\text{NH}_3$  或  $\text{HCl}$  等气体极易溶于水，直接通入水中会使水倒吸。在水层下放  $\text{CCl}_4$  层并将气体通入，可以防止倒吸。（ $\text{NH}_3$  和  $\text{HCl}$  不溶于  $\text{CCl}_4$ ）

#### 8.1.3 喷泉实验

气体	液体
$\text{NH}_3$	水或稀 $\text{H}_2\text{SO}_4$
$\text{HCl}$	水或 $\text{NaOH}$ 溶液
$\text{Cl}_2$	$\text{NaOH}$ 溶液
$\text{CO}_2$	
$\text{SO}_2$	
$\text{H}_2\text{S}$	

#### 8.1.4 化学性质

##### 可燃性

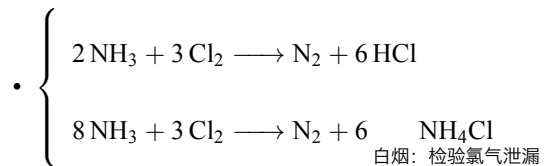


**碱性** 唯一的碱性气体

- $\text{NH}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \underset{\text{白烟}}{\text{NH}_4\text{Cl}}$
- $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

**还原性**

- 催化氧化:  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{Pt}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$



- $2\text{NH}_3 + \text{CuO} \xrightarrow{\Delta} 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

### 8.1.5 检验与验满

- 检验:  $\text{NH}_3$  能使湿润红色石蕊试纸变蓝 (没有紫色石蕊试纸)。
- 验满: 沾取少量浓盐酸, 置于瓶口, 出现白烟。

### 8.1.6 制备

- $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

### 8.1.7 用途

制硝酸、氮肥、制冷剂

## 8.2 氮气

### 8.2.1 物理性质

- 无色无味气体、难溶于水

### 8.2.2 化学性质

氮气常温下不活泼（氮氮三键）、高温下（氮原子）活泼。

- $\text{N}_2 + 3 \text{Mg} \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$   
淡黄色
- $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2 \text{NH}_3$
- $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2 \text{NO}$

### 8.2.3 制备

- $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O}$

## 8.3 氮的氧化物

### 8.3.1 物理性质

- NO：无色气体、有毒、难溶于水
- NO<sub>2</sub>：红棕色气体、有毒、与水反应
- N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>：无色气体、有毒、与水反应、化学性质类似NO<sub>2</sub>、标况非气体

### 8.3.2 化学性质

#### 一些实际发生的反应

- $2 \text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_2$ （迅速转变为红棕色）
- $3 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{HNO}_3 + \text{NO}$ （歧化）
- $2 \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$
- $2 \text{NO}_2 + 2 \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2 \text{NaOH} \longrightarrow 2 \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

### 推导反应（只能用于计算）

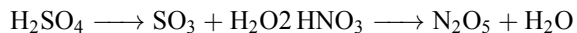
- $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$
- $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{HNO}_3$
- $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{HNO}_3$

### 与氮的氢化物反应

- $6\text{NO} + 4\text{NH}_3 \xrightarrow{\Delta} 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- $6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \xrightarrow{\Delta} 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$
- $\underbrace{\text{N}_2\text{O}_4 + 3\text{N}_2\text{H}_4 \xrightarrow{\Delta} 3\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}}_{\text{火箭推进}}$

### 8.3.3 酸酐

将可电离的 $\text{H}^+$  配合O 分解。



**化学性质** 与碱反应生成盐和水

**与酸性氧化物的关系** 酸酐是酸性氧化物或非氧化物，酸性氧化物一定是酸酐。

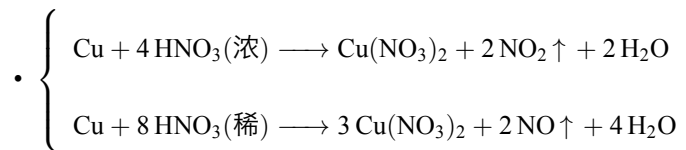
## 8.4 硝酸

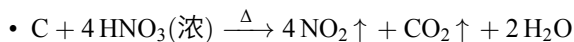
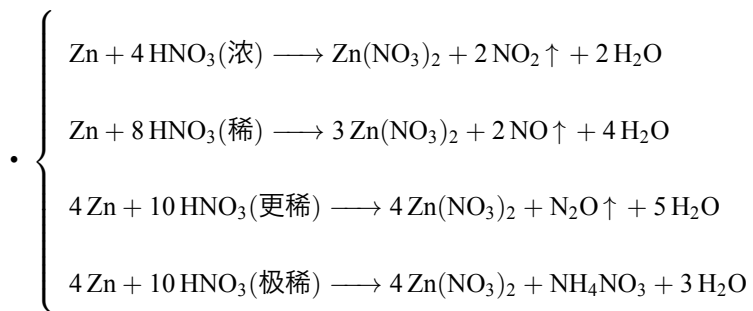
### 8.4.1 物理性质

- 无色、有刺激性气味

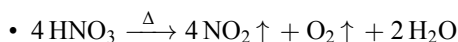
### 8.4.2 化学性质

**氧化性** 活泼金属与硝酸反应时不生成氢气。



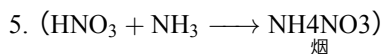
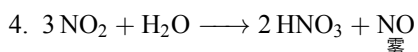
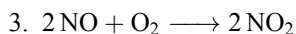
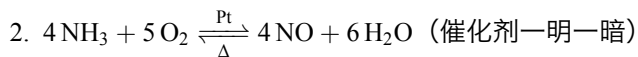
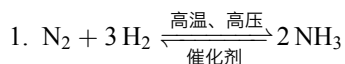


### 不稳定性



**漂白性** 浓硝酸可以漂白石蕊溶液

### 8.4.3 制备



装置：硬质石英玻璃

现象：催化剂一明一暗，有红棕色气体和白色烟雾生成。

### 8.4.4 固氮

**固氮** 将游离态的氮（氮气）转化为化合态的氮

**自然固氮**



## 高能固氮 雷雨发庄稼

1.  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$
2.  $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2$
3.  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

## 生物固氮 大豆根瘤菌

## 人工固氮 合成氨

## 8.5 盐

### 8.5.1 硝酸盐分解规律

- K 到 Mg: 亚硝酸盐和氧气 ( $2\text{NaNO}_3 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$ )
- Al 到 Cu: 金属氧化物、二氧化氮和氧气 ( $2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{PbO} + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ )
- Hg 到 Ag: 金属单质、二氧化氮和氧气 ( $2\text{AgNO}_3 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$ )

### 8.5.2 铵盐分解规律

- $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2\text{O} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2\text{O} \uparrow + \text{HCl} \uparrow$
- $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2 \uparrow + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$