

卤素及其化合物

一、氯气的性质及用途

1. 物理性质：常温下，氯气是黄绿色、有刺激性、能溶于水、比空气重、易液化的有毒气体。

2. 化学性质：氯气的化学性质很活泼的非金属单质。

(1) 与金属反应（与变价金属反应，均是金属氧化成高价态）

如：① $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{NaCl}$ （产生白烟）

② $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CuCl}_2$ （产生棕黄色的烟）

③ $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{FeCl}_3$ （产生棕色的烟）

注：常温下干燥的氯气或液氯不与铁反应，所以液氯通常储存在钢瓶中。

(2) 与非金属反应

如：① $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$ （发出苍白色火焰，有白雾生成）——可用于工业制盐酸

$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl}$ （会发生爆炸）——不可用于工业制盐酸

② $2\text{P} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{PCl}_3$ （氯气不足；产生白雾）

$2\text{P} + 5\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{PCl}_5$ （氯气充足；产生白烟）

(3) 与水反应： $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$

(4) 与碱反应

$\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ （用于除去多余的氯气）

$2\text{Cl}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ （用于制漂粉精）

$\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$ （漂粉精的漂白原理）

(5) 与某些还原性物质反应

如：① $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$

② $2\text{KI} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{I}_2$ （使湿润的淀粉-KI 试纸变蓝色，用于氯气的检验）

③ $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$

(6) 与某些有机物反应

如：① $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光照}} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ （取代反应）

② $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$ （加成反应）

3. 氯水的成分及性质

氯气溶于水得黄绿色的溶液——氯水。在氯水中有少部分氯分子与水反应， $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$ （次氯酸），大部分是以 Cl_2 分子状态存在于水中。

注意：(1) 在新制的氯水中存在的微粒有： H_2O 、 Cl_2 、 HClO 、 H^+ 、 Cl^- 、 ClO^- 、 OH^- ；久置氯水则几乎是盐酸溶液

- (2) HClO 的基本性质
- ① 一元弱酸，比 H_2CO_3 弱
 - ② 不稳定， $2\text{HClO} \rightleftharpoons 2\text{HCl} + \text{O}_2\uparrow$
 - ③ 强氧化性；
 - ④ 漂白、杀菌能力，使色布、品红溶液等褪色。

(3) 几种漂白剂的比较

漂白剂	HClO	$\text{Na}_2\text{O}_2 (\text{H}_2\text{O}_2)$	SO_2	活性炭
漂白原理	氧化漂白	氧化漂白	化合漂白	吸附漂白
品红溶液	褪色	褪色	褪色	褪色
紫色石蕊	先变红后褪色	褪色	只变红不褪色	褪色
稳定性	稳定	稳定	不稳定	——

4. 氯气的制法

(1) 实验室制法

药品及原理： $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} (\text{浓}) \xrightarrow{\text{加热}} \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2\uparrow$

强调： MnO_2 跟浓盐酸在共热的条件下才反应生成 Cl_2 ，稀盐酸不与 MnO_2 反应。

仪器装置：发生装置---收集装置---吸收装置

实验步骤：检密—装药—固定—加热—收集

收集方法：向上排空气法（或排饱和食盐水法）

净化装置：用饱和食盐水除去 HCl，用浓硫酸干燥

尾气处理：用碱液吸收

(2) 氯气的工业制法：（氯碱工业）

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

二、氯化氢的性质和实验室制法

1. 物理性质：无色、有刺激性气味的气体；极易溶于水 (1:500) 其水溶液为盐酸。

2. 盐酸的化学性质：(挥发性强酸的通性)

3. 氯化氢的实验室制法

(1) 药品及反应原理：

$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}\uparrow$ (不加热或微热)

$\text{NaHSO}_4 + \text{NaCl} \xrightarrow{\text{加热}} \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}\uparrow$ (加热到 500°C — 600°C)

总反应式： $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{加热}} \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}\uparrow$

(2) 装置：与制氯气的装置相似

(3) 收集方法：向上排空气法

(4) 检验方法：用湿润的蓝色石蕊试纸是否变红或用玻璃棒蘸浓氨水靠近是否有白烟产生

(5) 尾气处理：用水吸收(倒扣漏斗)

三、卤族元素

1. 卤素及化合物的性质比较：

		氟	氯	溴	碘
单质物	状态	气	气（易液化）	液（易挥发）	固（易升华）

理性质	熔、沸点	熔、沸点逐渐升高			
	颜色	淡黄绿色	黄绿色	红棕色	紫黑色
	密度	密度逐渐增大			
X ₂ 与H ₂ 化合	条件	冷暗处	光照	加热	持续加热
	程度	剧烈爆炸	爆炸	缓慢	化合同时分解
X ₂ 与H ₂ O化合	反应	2F ₂ +2H ₂ O=4HF+O ₂	X ₂ + H ₂ O = HX + HXO		
	程度	剧烈	缓慢	微弱	极弱
水溶性		反应生成氢氟酸	水溶性依次减小，有机溶剂中溶解性依次增大		
化合价		只有-1价	有-1、+1、+3、+5、+7等		
含氧酸	化学式	无含氧酸	有HXO、HXO ₂ 、HXO ₃ 、HXO ₄ 等		
	强弱程度		同一价态的酸性依次减弱		
卤化银	颜色	AgF（白）	AgCl（白）	AgBr（淡黄）	AgI（黄）
	水溶性	易溶	均难溶，且溶解度依次减小		
	感光性	难分解	见光均易分解，且感光性逐渐增强		

2. 卤素元素的有关特性:

(1) F₂遇水发生置换反应，生成HF并放出O₂。

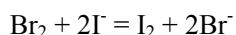
(2) HF是弱酸、剧毒，但能腐蚀玻璃 4HF + SiO₂ == SiF₄↑ + 2H₂O；HF由于形成分子间氢键相互缔合，沸点反常的高。

(3) 溴是唯一的液态非金属，易挥发，少量的液溴保存要用水封。

(4) 碘易升华，遇淀粉显蓝色；碘的氧化性较弱，它与变价金属反应时生成低价化合物。

(5) AgX中只有AgF溶于水，且不具有感光性；CaF₂中只有CaF₂难溶。

3. 卤素间的置换反应及X⁻离子的检验:

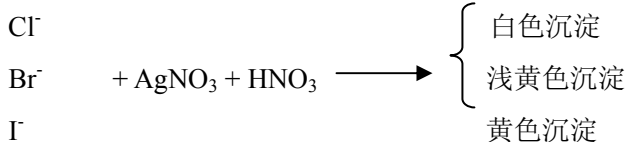


结论：氧化性：Cl₂ > Br₂ > I₂；还原性：I⁻ > Br⁻ > Cl⁻

(2) 溴和碘在不同溶剂中所生成溶液（由稀到浓）的颜色变化

溶剂 \ 溶质	水	苯	汽油	四氯化碳
Br ₂	黄 → 橙	橙 → 橙红	橙 → 橙红	橙 → 橙红
I ₂	深黄 → 褐	淡紫 → 紫红	淡紫 → 紫红	紫 → 深紫
密度	——	比水轻	比水轻	比水重

(3) X⁻离子的检验



硫及其硫的化合物

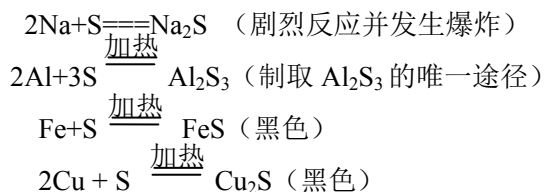
一、硫及其重要化合物的主要性质及用途

1. 硫

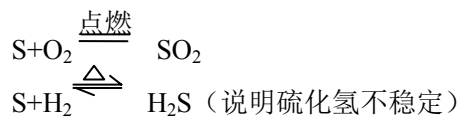
(1) 物理性质：硫为淡黄色固体；不溶于水，微溶于酒精，易溶于 CS_2 （用于洗去试管壁上的硫）；硫有多种同素异形体：如单斜硫、斜方硫、弹性硫等。

(2) 化学性质：硫原子最外层 6 个电子，较易得电子，表现较强的氧化性。

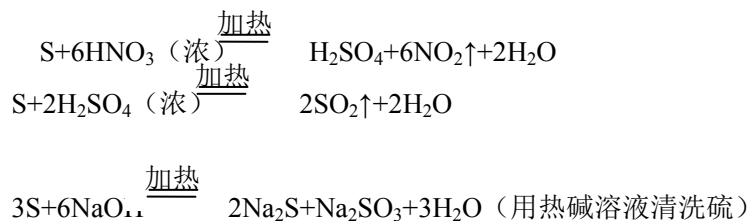
①与金属反应（与变价金属反应，均是金属氧化成低价态）



②与非金属反应



③与化合物的反应



(3) 用途：大量用于制造硫酸、硫化天然橡胶，也用于制药和黑火药。

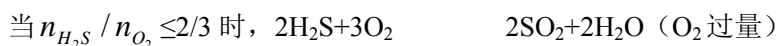
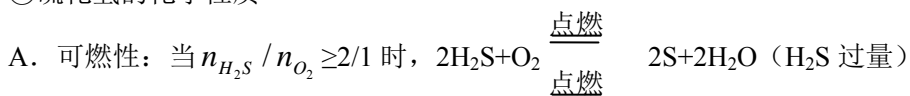
2. 硫的氢化物

①硫化氢的制取：



—— H_2S 是无色、有臭鸡蛋气味的有毒气体；能溶于水，密度比空气略大。

②硫化氢的化学性质



B. 强还原性：常见氧化剂 Cl_2 、 Br_2 、 Fe^{3+} 、 HNO_3 、 KMnO_4 等，甚至 SO_2 均可将 H_2S 氧化。

C. 不稳定性：300℃ 以上易受热分解

③ H_2S 的水溶液叫氢硫酸，是二元弱酸。

3. 硫的氧化物

(1) 二氧化硫：

① SO_2 是无色而有刺激性气味的有毒气体，密度比空气大，容易液化，易溶于水。

②SO₂ 是酸性氧化物，能跟水反应生成亚硫酸，亚硫酸是中强酸。

③SO₂ 有强还原性 常见氧化剂（见上）均可与 SO₂ 发生氧化一还原反应

如：SO₂ + Cl₂ + 2H₂O == H₂SO₄ + 2HCl

④SO₂ 也有一定的氧化性 2H₂S + SO₂ == 3S↓ + 2H₂O

⑤SO₂ 具有漂白性，能跟有色有机化合物生成无色物质（可逆、非氧化还原反应）

⑥实验室制法：Na₂SO₃ + H₂SO₄(浓) == Na₂SO₄ + H₂O + SO₂↑

或 Cu + 2H₂SO₄(浓) == CuSO₄ + 2H₂O + SO₂↑

（2）三氧化硫：是一种没有颜色易挥发的晶体；具有酸性氧化物的通性，遇水剧烈反应生成硫酸并放出大量的热。

（3）比较 SO₂ 与 CO₂、SO₃

	SO ₂	CO ₂	SO ₃
主要物性	无色、有刺激性气体、易液化易溶于水 (1:40)	无色、无气味气体能溶于水 (1:1)	无色固体·熔点 (16.8℃)
与水反应	SO ₂ + H ₂ O ⇌ H ₂ SO ₃ 中强酸	CO ₂ + H ₂ O ⇌ H ₂ CO ₃ 弱酸	SO ₃ + H ₂ O == H ₂ SO ₄ (强酸)
与碱反应	Ca(OH) ₂ $\xrightarrow{SO_2}$ CaSO ₃ ↓ Ca(HSO ₃) ₂ 清液 白 清液	Ca(OH) ₂ $\xrightarrow{CO_2}$ CaCO ₃ ↓ Ca(HCO ₃) ₂ 清液 白↓ 清液	SO ₃ + Ca(OH) ₂ == CaSO ₄ (微溶)
紫色石蕊	变红	变红	变红
品红	褪色	不褪色	不褪色
鉴定存在	能使品红褪色 又能使清石灰变浑浊	不能使品红褪色 但能使清石灰水变浑浊	
氧化性	SO ₂ + 2H ₂ S = 2S↓ + 2H ₂ O	CO ₂ + 2Mg = 2MgO + C CO ₂ + C = 2CO	
还原性	有	无	
与 Na ₂ O ₂ 作用	Na ₂ O ₂ + SO ₂ == Na ₂ SO ₄	2Na ₂ O ₂ + 2CO ₂ == 2Na ₂ CO ₃ + O ₂	2Na ₂ O ₂ + 2SO ₃ == 2Na ₂ SO ₄ + O ₂ ↑

（4）酸雨的形成和防治

酸雨的形成是一个十分复杂的大气化学和大气物理过程。酸雨中含有硫酸和硝酸等酸性物质，其中又以硫酸为主。从污染源排放出来的 SO₂、NO_x（NO、NO₂）是酸雨形成的主要起始物，因为大气中的 SO₂ 在光照、烟尘中的金属氧化物等的作用下，经氧化、溶于水等方式形成 H₂SO₄，而 NO 被空气中氧气氧化为 NO₂，NO₂ 直接溶于水形成 HNO₃，造成了雨水 pH 值降低，便形成了酸雨。

硫酸型酸雨的形成过程为：气相反应：2SO₂ + O₂ = 2SO₃、SO₃ + H₂O = H₂SO₄；液相反应：SO₂ + H₂O = H₂SO₃、2H₂SO₃ + O₂ = 2H₂SO₄。总反应：2SO₂ + 2H₂O + O₂ $\xrightarrow{Mn^{2+}, Fe^{3+}, Cu^{2+}, V^{5+}}$ 2H₂SO₄

硝酸型酸雨的形成过程为：2NO + O₂ = 2NO₂、3NO₂ + H₂O = 2HNO₃ + NO。

引起硫酸型酸雨的 SO_2 人为排放主要是化石燃料的燃烧、工业尾气的排放、土法炼硫等。引起硝酸型酸雨的 NO_x 人为排放主要是机动车尾气排放。

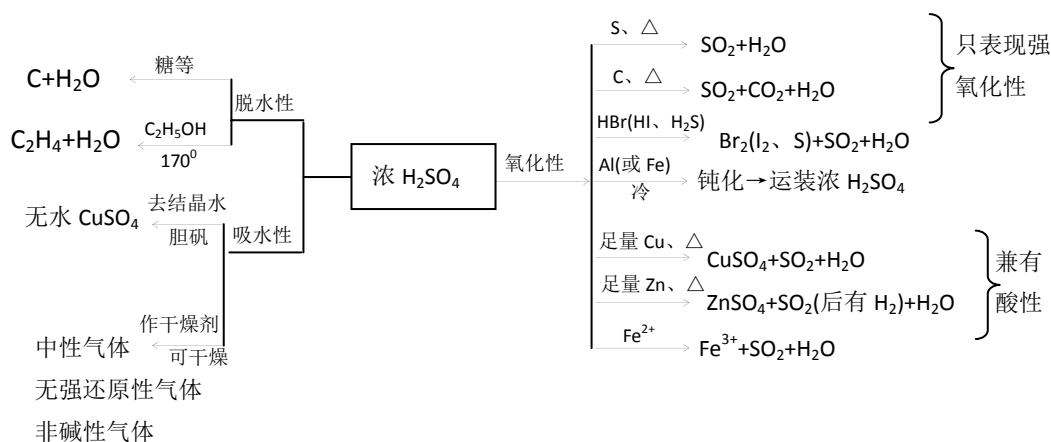
酸雨危害：①直接引起人的呼吸系统疾病；②使土壤酸化，损坏森林；③腐蚀建筑结构、工业装备，电信电缆等。

酸雨防治与各种脱硫技术：要防治酸雨的污染，最根本的途径是减少人为的污染物排放。因此研究煤炭中硫资源的综合开发与利用、采取排烟脱硫技术回收二氧化硫、寻找替代能源、城市煤气化、提高燃煤效率等都是防止和治理酸雨的有效途径。目前比较成熟的方法是各种脱硫技术的应用。

在含硫矿物燃料中加生石灰，及时吸收燃烧过程中产生的 SO_2 ，这种方法称为“钙基固硫”，其反应方程式为： $\text{SO}_2 + \text{CaO} = \text{CaSO}_3$ ， $2\text{CaSO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{CaSO}_4$ ；也可采用烟气脱硫技术，用石灰浆液或石灰石在烟气吸收塔内循环，吸收烟气中的 SO_2 ，其反应方程式为： $\text{SO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ， $\text{SO}_2 + \text{CaCO}_3 = \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2$ ， $2\text{CaSO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{CaSO}_4$ 。在冶金工业的烟道废气中，常混有大量的 SO_2 和 CO ，它们都是大气的污染物，在 773 K 和催化剂(铝矾土)的作用下，使二者反应可收回大量的硫黄，其反应原理为： $\text{SO}_2 + 2\text{CO} = \text{S} + \text{CO}_2$

4. 硫酸

①稀 H_2SO_4 具有酸的一般通性，而浓 H_2SO_4 具有酸的通性外还具有三大特性：



② SO_4^{2-} 的鉴定 (干扰离子可能有： CO_3^{2-} 、 SO_3^{2-} 、 SiO_3^{2-} 、 Ag^+ 、 PO_4^{3-} 等)：

待测液 $\xrightarrow{\text{加过量盐酸酸化}}$ 澄清液 $\xrightarrow{\text{加氯化钡溶液}}$ 白色沉淀 (说明待测液中含有 SO_4^{2-} 离子)

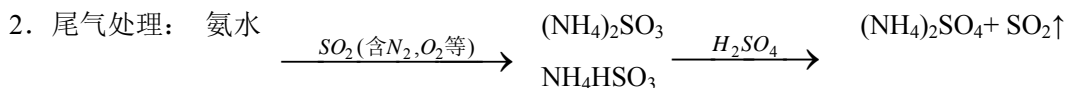
③硫酸的用途：制过磷酸钙、硫酸铵、硫酸铜、硫酸亚铁、医药、炸药，用于铅蓄电池，作干燥剂、制挥发性酸、作脱水剂和催化剂等。

二、硫酸的工业制法——接触法

1. 生产过程：

三阶段	SO_2 制取和净化	SO_2 转化为 SO_3	SO_3 吸收和 H_2SO_4 的生成
三方程	$4\text{FeS}_2(\text{s}) + 11\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 8\text{SO}_2(\text{g})$; $\Delta H = -3412 \text{ kJ/mol}$	$2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$; $\Delta H = -196.6 \text{ kJ/mol}$	$\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$; $\Delta H = -130.3 \text{ kJ/mol}$
三设备	沸腾炉	接触室	吸收塔
有	矿石粉碎,以增大矿石与	逆流原理(热交换器)目的:	逆流原理(98.3%的浓硫酸

关 原 理	空气的接触面, 加快反应速率	冷热气体流向相反, 冷的 SO_2 、 O_2 、 N_2 被预热, 而热的 SO_3 、 SO_2 、 O_2 、 N_2 被冷却.	从塔顶淋下, 气体由下往上, 流向相反, 充分接触, 吸收更完全)
设 备 中 排 出 的 气 体	炉气: SO_2 、 N_2 、 O_2 、矿尘(除尘). 砷硒化合物(洗涤). H_2O 气(干燥)..... 净化气: SO_2 、 N_2 、 O_2	SO_2 、 O_2 、 N_2 、 SO_3	尾气: SO_2 及 N_2 、 O_2 不能直接排入大气中
说 明	矿尘. 杂质: 易使催化剂“中毒” H_2O 气: 腐蚀设备、影响生产	反应条件—— 理论需要: 低温、高压、催化剂; 实际应用: $400^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 、常压、催化剂	实际用 98.3% 的浓硫酸吸收 SO_3 , 以免形成酸雾不利于气体三氧化硫被进一步吸收



三、氧族元素

1. 氧族元素比较:

原子半径 $\text{O} < \text{S} < \text{Se} < \text{Te}$

单质氧化性 $\text{O}_2 > \text{S} > \text{Se} > \text{Te}$

单质颜色 无色 淡黄色 灰色 银白色

单质状态 气体 固体 固体 固体

氢化物稳定性 $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{Se} > \text{H}_2\text{Te}$

最高价含氧酸酸性 $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_2\text{SeSO}_4 > \text{H}_2\text{TeO}_4$

2. O_2 和 O_3 比较

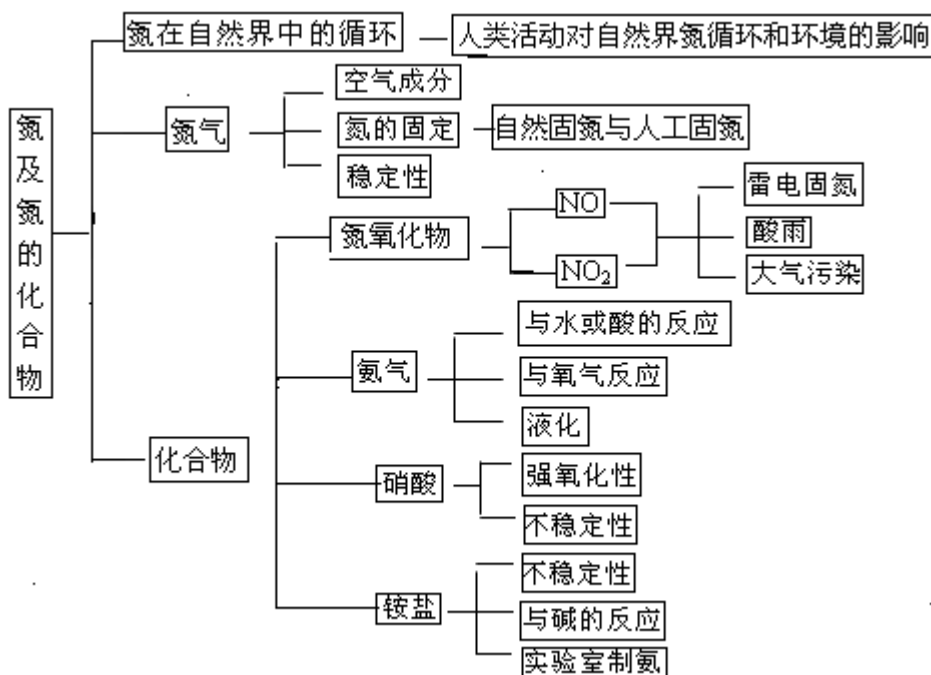
	O_2	O_3
颜色	无色	气态—淡蓝色
气味	无	刺激性特殊臭味
水溶性	臭氧密度比氧气的大	
密度	臭氧比氧气易溶于水	
氧化性	强 (不易氧化 Ag、Hg 等)	极强 ($\text{O}_3 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{I}_2 + \text{O}_2$) (易氧化 Ag、Hg 等不活泼金属)
漂白性	无	有 (极强氧化性—作消毒剂和脱色剂)
稳定性	$3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高压放电}} 2\text{O}_3 \quad 2\text{O}_3 \rightleftharpoons 3\text{O}_2 \left\{ \begin{array}{l} \text{常温: 缓慢} \\ \text{加热: 迅速} \end{array} \right.$	
相互关系	臭氧和氧气是氧的同素异形体	

3. 比较 H₂O 和 H₂O₂

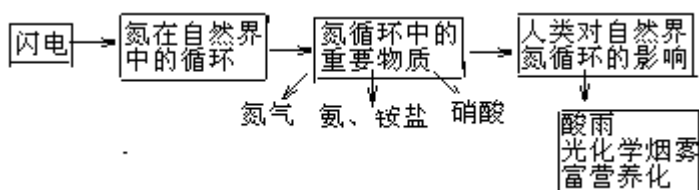
	H ₂ O	H ₂ O ₂
电子式		
化学键	极性键	极性键和非极性键
分子极性	有	有
稳定性	稳定 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$	不稳定 $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow$
氧化性	较弱（遇强还原剂反应） $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$	较强（遇还原剂反应） $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$
还原性	较弱 （遇极强氧化剂反应） $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HF} + \text{O}_2$	较强 （遇较强氧化剂反应） $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{O}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
作用	饮用、溶剂等	氧化剂、漂白剂、消毒剂、脱氯剂等

氮及其氮的化合物

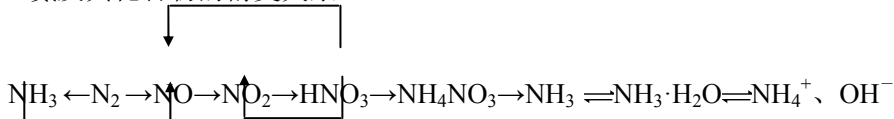
1. 本考点知识结构



2. 氮的循环:



3. 氮及其化合物的衍变关系:



4. 氮氧化物

①各种价态氮氧化物: $\overset{+1}{\text{N}}$ (N_2O)、 $\overset{+2}{\text{N}}$ (NO)、 $\overset{+3}{\text{N}}$ (N_2O_3)、 $\overset{+4}{\text{N}}$ (NO_2 、 N_2O_4)、 $\overset{+5}{\text{N}}$ (N_2O_5)，其中 N_2O_3 和 N_2O_5 分别是 HNO_2 和 HNO_3 的酸酐。气态的氮氧化物几乎都是剧毒性物质，在太阳辐射下还会与碳氢化物反应形成光化学烟雾。

②NO 和 NO_2 性质比较

NO: 一种无色气体，难溶于水，不成盐氧化物。常温下，极易被氧化为 NO_2 : $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$

NO_2 : 一种有刺激性气味的红棕色气体，溶于水后与水反应: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

③氮氧化物溶于水计算方法

涉及的可能相关化学反应方程式分别为: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 、 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 、 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 、 $\text{NO}_2 + \text{NO} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3$ 。

NO 与 NO_2 混合气体溶于水: 反应最后得到的气体是 NO，其体积 = $V(\text{NO}) + 1/3V(\text{NO}_2)$

NO 与 O_2 的混合气体溶于水:

若 $V(\text{NO}) : V(\text{O}_2) = 4 : 3$ ，则容器内无气体剩余，水可充满容器。

若 $V(\text{NO}) : V(\text{O}_2) > 4 : 3$ ，则容器内剩余气体为过量的 NO。

若 $V(\text{NO}) : V(\text{O}_2) < 4 : 3$ ，则容器内剩余气体为过量的 O_2 。

NO_2 与 O_2 的混合气体溶于水:

若 $V(\text{NO}_2) : V(\text{O}_2) = 4 : 1$ ，则容器内无气体剩余，水可充满容器。

若 $V(\text{NO}_2) : V(\text{O}_2) > 4 : 1$ ，则 NO_2 过量，容器内剩余气体为 NO，体积为过量的 NO_2 的 $1/3$ 。

若 $V(\text{NO}_2) : V(\text{O}_2) < 4 : 1$ ，则 O_2 过量，容器内剩余气体为过量的 O_2 。

NO_2 、NO 与 O_2 三种气体溶于水:

若 $V(\text{NO}_2) : V(\text{NO}) : V(\text{O}_2) = 1 : 1 : 1$ ，则容器内无气体剩余，水可充满容器。

若按 $1 : 1 : 1$ 反应后，仍有某两种或一种气体多余可按前面思路进行判断。

5. 硝酸的重要特性: 强氧化性

①浓、稀硝酸在与活泼或不活泼金属发生反应时，硝酸中 $\overset{+5}{\text{N}}$ 被还原，一般不产生氢气。

②浓、稀硝酸与活泼金属反应时， $\overset{+5}{\text{N}}$ 被还原，所得产物可以是 $\overset{+4}{\text{N}}$ (NO_2)、 $\overset{+2}{\text{N}}$ (NO)、 $\overset{+1}{\text{N}}$ (N_2O)、 $\overset{0}{\text{N}}$ (N_2) 或 $\overset{-3}{\text{N}}$ (NH_3)，鉴于反应复杂，中学对活泼金属与浓、稀硝酸的反应不做要求。

③浓、稀硝酸与金属铜的反应: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。以上反应中，硝酸表现出氧化性同时还表现出酸性。其他不活泼金属类似于铜与浓、稀硝酸反应。注意: 一定量的浓硝酸与足量的铜发生反应时，硝酸会由浓变稀，往往得到的是 NO 和 NO_2 的混合气体。

④浓硝酸与碳的反应： $C+4HNO_3(浓)\xrightarrow{\Delta}CO_2\uparrow+NO_2\uparrow+2H_2O$ 。硝酸只表现出氧化性。

⑤在浓硝酸中滴加几滴石蕊试液、微热，先变红、后褪色，说明浓硝酸的酸性及氧化性。

⑥冷的浓硝酸在常温下使铁、铝等活泼金属发生钝化(在其表面因氧化生成一层致密的氧化膜)。常温时，常把浓硝酸存放在铁质、铝质密闭容器里。但若加热，则会剧烈反应。

⑦王水：浓硝酸与浓盐酸的混合物，其体积比为 1:3。可溶解金、铂、钛等金属。

6.氨、液氨、氨水、铵之间的区别：

氨：无色有刺激性气味的气体，比空气轻。氨分子是一种呈三角锥形的极性分子，极易溶于水，易液化。液氨是氨气液化的产物，仍然是氨分子，属纯净物。

氨水是氨气的水溶液，是混合物： $NH_3+H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O\rightleftharpoons NH_4^++OH^-$ 。氨水中微粒有： NH_3 、 H_2O 、 $NH_3\cdot H_2O$ 、 NH_4^+ 、 OH^- 、极少量的 H^+ 。氨水浓度越大，密度越小。

铵(NH_4^+)是带一个单位正电荷的离子，不能单独存在，只能在铵盐或氨水中与阴离子共存。凡是含 NH_4^+ 的盐叫铵盐，铵盐易溶于水。铵盐不稳定，加热易分解。

氨与铵可相互转化： $NH_3\overset{+H^+}{\rightleftharpoons}NH_4^+$ ， NH_4^+ 与强碱反应放出 NH_3 ， $\overset{+OH^-}{\rightleftharpoons}$

7. NH_4^+ 的检验方法：

①检验固态铵盐不必加热，只需取少量晶体与石灰拌和有氨的特殊气味即可；

②若是铵盐溶液，为了使更多的 NH_3 放出使湿润的红色石蕊试纸变蓝，则必须加热。

③铵盐溶液与强碱溶液反应的离子方程式有三种写法：

a、浓溶液不加热写成： $NH_4^++OH^-=NH_3+H_2O$ ；b、稀溶液不加热写成 $NH_4^++OH^-=NH_3\cdot H_2O$ ；c、不论浓、稀，只要加热则写成： $NH_4^++OH^-\xrightarrow{\Delta}NH_3\uparrow+H_2O$ 。

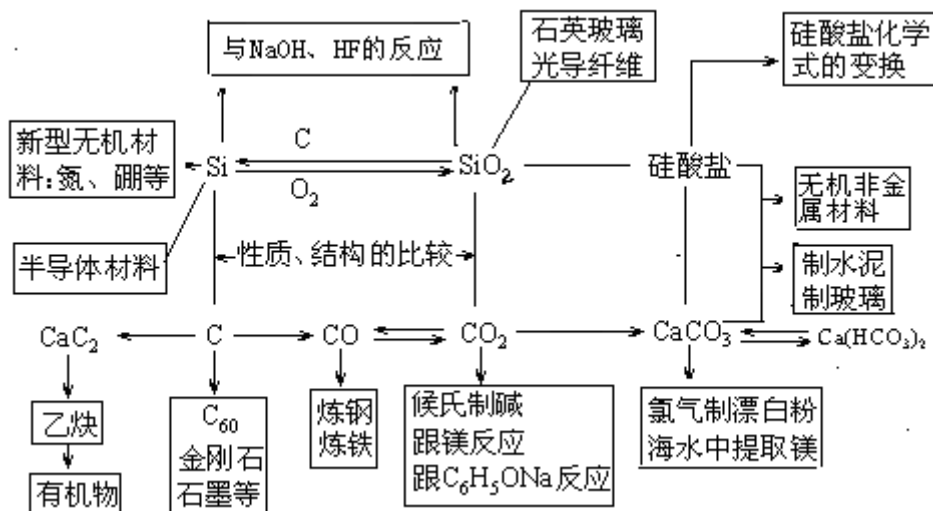
铵盐与碱共热都能产生氨气： $(NH_4)_2SO_4+NaOH\xrightarrow{\Delta}Na_2SO_4+2NH_3\uparrow+2H_2O$ 。实验室常用加热铵盐和碱的混合物制取氨气，反应生成的氨气用湿润的红色石蕊试纸检验。

8.光化学烟雾

氮氧化物(NO_x)和碳氢化合物(HC)在大气环境中受到强烈的太阳紫外线照射后，发生复杂的化学反应，主要生成光化学氧化剂(主在是 O_3)及其他多种复杂的化合物，这是一种新的二次污染物，统称为光化学烟雾。光化学烟雾主要发生在阳光强烈的夏、秋季节。

碳族元素

1. 本考点知识结构



2. 碳族元素

①碳族元素的特征：碳族元素原子最外层电子数为4，既不容易失去电子，又不容易得到电子，易形成共价键，难形成离子键。碳族元素形成的单质在同周期中硬度最大，熔沸点最高(如金刚石、晶体硅)。

②碳族元素的化合价：碳族元素的主要化合价有+2，+4，其中铅+2价稳定，其余元素+4价稳定。

③碳族元素的递变规律：从上到下电子层数增多，原子半径增大，原子核对最外层电子的吸引能力减弱，失电子的能力增强，从上到下由非金属递变为金属的变化非常典型。其中碳是非金属，锡、铅是金属，硅、锗是半导体材料。

④碳族元素在自然界里的存在：自然界里碳有游离态和化合态两种；硅在地壳里无游离态，主要以含氧化合物的形式存在。

⑤几种同素异形体：碳：金刚石、石墨、C₆₀、C₇₀等；硅：晶体硅，无定形硅。

3. 碳

在常温下碳很稳定，只在高温下能发生反应，通常表现为还原性。

①燃烧反应

②与某些氧化物的反应： $C + CO_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2CO$ ； $C + 2CuO \xrightarrow{\Delta} CO_2\uparrow + 2Cu$ ；

$C + H_2O \xrightarrow{\text{高温}} CO + H_2$ (CO、H₂的混合气体叫水煤气)；

$2C + SiO_2 \xrightarrow{\text{电炉}} Si + 2CO\uparrow$

③与氧化性酸反应： $C + 2H_2SO_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} CO_2\uparrow + 2SO_2\uparrow + 2H_2O$ ；

$C + 4HNO_3(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} CO_2\uparrow + 4NO_2\uparrow + 2H_2O$

4. CO

不溶于水，有毒(CO和血红蛋白结合，使血红蛋白无法和O₂结合，而使细胞缺氧引起中毒)，但由于CO无色无味因此具有更大的危险性。

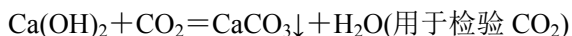
①可燃性

②还原性： $CO + CuO \xrightarrow{\Delta} CO_2 + Cu$ ， $CO + H_2O(g) \xrightleftharpoons[\text{氧化剂}]{\Delta} CO_2 + H_2$

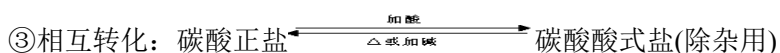
5. CO₂

直线型 (O=C=O) 非极性分子, 无色能溶于水, 密度大于空气, 可倾倒, 易液化。固态 CO₂ 俗称干冰, 能升华, 常用于人工降雨。实验室制法: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

① 酸性氧化物——酸酐



6. 碳酸盐



7. 硅

① 硅在地壳中只有化合态, 没有游离态。其含量在地壳中居第二, 仅次于氧, 是构成矿物和岩石的主要成分。

② 晶体硅是灰黑色, 有金属光泽, 硬而脆的固体, 是半导体, 具有较高的硬度和熔点。

③ 硅的化学性质不活泼, 常温下, 只能与氟气、氢氟酸及强碱溶液反应: $\text{Si} + 2\text{F}_2 = \text{SiF}_4$ 、 $\text{Si} + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\uparrow$ 、 $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\uparrow$; 在加热条件下, 能与氧气、氯气等少数非金属单质化合: $\text{Si} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{SiO}_2$ 。

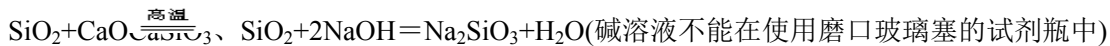
④ 制备: 在电炉里用碳还原二氧化硅先制得粗硅: $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO}\uparrow$, 将制得的粗硅, 再与 Cl₂ 反应后, 蒸馏出 SiCl₄, 然后用 H₂ 还原 SiCl₄ 可得到纯硅。有关的反应为: $\text{Si} + 2\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 4\text{HCl}$ 。

⑤ 硅在高新技术中的应用: 高纯硅可作半导体材料, 晶体硅还可做光电转换材料及制作 DNA 芯片为代表的生物工程芯片。

8. SiO₂

① SiO₂ 为原子晶体, 是一种坚硬难熔的固体, 硬度、熔点都很高。而 CO₂ 通常状况下是气体, 固体熔点很低。其差别在于晶体类型不同。CO₂ 是分子晶体, 故熔点很低。

② 二氧化硅的化学性质很稳定, 不能跟酸(氢氟酸除外)发生反应。由于它是一种酸性氧化物, 所以能跟碱性氧化物或强碱反应。



③ 二氧化硅是一种特殊的酸性氧化物。

a. 酸性氧化物大都能直接跟水化合生成酸, 但二氧化硅却不能直接跟水化合, 它的对应水化物(硅酸)只能用相应的可溶性硅酸盐跟盐酸作用制得: 首先让 SiO₂ 和 NaOH (或 Na₂CO₃) 在熔化条件下反应生成相应的硅酸钠: $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\text{熔化}} \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{熔化}} \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2\uparrow$, 然后用酸与硅酸钠作用制得硅酸: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{SiO}_3 + 2\text{NaCl}$ 。

b. 酸性氧化物一般不跟酸作用, 但二氧化硅却能跟氢氟酸起反应: $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (氢氟酸不能盛放在玻璃容器中)。

④ 光导纤维: 从高纯度的 SiO₂ 或石英玻璃熔融体中, 拉出的直径约 100μm 的细丝, 称为石英玻璃纤

维,这种纤维称为光导纤维。光纤通信是一种新技术,它将光信号在光导纤维中进行全反射传播,取代了电信号在铜线中的传播,达到两地通信的目的。光纤通信优点:信息传输量大,每根光缆可同时通过 10 亿路电话;原料来源广;质量轻,每千米 27 克;不怕腐蚀,铺设方便;抗电磁干扰,保密性好。

⑤石英、水晶及其压电效应

石英的主要成分是 SiO_2 , 可用来制造石英玻璃。石英晶体中有时含有其他元素的化合物, 它们以溶解状态存在于石英中, 呈各种颜色。。纯净的 SiO_2 晶体叫做水晶, 它是六方柱状的透明晶体, 是较贵重的宝石。水晶或石英在受压时能产生一定的电场, 这种现象被称为“压电效应”。后来这种“压电效应”被应用在电子工业及钟表工业和超声技术上。。

9. 硅酸和硅胶

①硅酸: 硅酸有多种形式, 如 H_4SiO_4 、 H_2SiO_3 、 $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ 等。一般用通式 $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ 表示, 由于“ H_2SiO_3 ”分子式最简单, 习惯采用 H_2SiO_3 作为硅酸的代代表。

②硅酸酸性比碳酸还弱, 由下列反应可证明: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3$

③硅胶: 刚制得的硅酸是单个小分子, 能溶于水, 在存放过程中, 它会逐渐失水聚合, 形成各种多硅酸, 接着就形成不溶于水, 但又暂不从水中沉淀出来的“硅溶胶”。如果向硅溶胶中加入电解质, 则它会失水转为“硅凝胶”。把硅凝胶烘干可得到“硅胶”。烘干的硅胶是一种多孔性物质, 具有良好的吸水性。而且吸水后还能烘干重复使用, 所以在实验室中常把硅胶作为干燥剂。

10. 硅及其化合物的“反常”

①Si 的还原性大于 C, 但 C 却能在高温下还原出 Si: $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$

②非金属单质跟碱液作用一般无 H_2 放出, 但 Si 却放出 H_2 : $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2 \uparrow$

③非金属单质一般不跟非氧化性酸作用, 但 Si 能与 HF 作用: $\text{Si} + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2 \uparrow$

④非金属单质大多为非导体, 但 Si 为半导体。

⑤ SiO_2 是 H_2SiO_3 的酸酐, 但它不溶于水, 不能直接将它与水作用制备 H_2SiO_3 。

⑥酸性氧化物一般不与酸作用, 但 SiO_2 能跟 HF 作用: $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

⑦无机酸一般易溶于水, 但 H_2SiO_3 难溶于水。

⑧因 H_2CO_3 的酸性大于 H_2SiO_3 , 所以在 Na_2SiO_3 溶液中通入 CO_2 能发生下列反应: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3$, 但在高温下 $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow$ 也能发生。

⑨ Na_2SiO_3 的水溶液称水玻璃, 但它与玻璃的成分大不相同, 硅酸钠水溶液(即水玻璃)称泡花碱, 但它却是盐的溶液, 并不是碱溶液。

11. 硅酸盐

①硅酸盐是构成地壳岩石的主要成分, 其结构复杂, 组成可用氧化物的形式表示。例如: 硅酸钠 $\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2)$; 镁橄榄石 $\text{Mg}_2\text{SiO}_4(2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2)$; 高岭石 $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$

②云母、滑石、石棉、高岭石等, 它们都属于天然的硅酸盐。

③人造硅酸盐: 主要有玻璃、水泥、各种陶瓷、砖瓦、耐火砖、水玻璃以及某些分子筛等。

④硅酸盐制品性质稳定, 熔点较高, 难溶于水, 有很广泛的用途。最简单硅酸盐是硅酸钠, 其水溶液俗称水玻璃, 是一种矿物胶, 可作粘合剂, 防腐剂。

12. 水泥、玻璃、陶瓷

①普通水泥的主要成分是硅酸三钙 ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)、硅酸二钙 ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) 和铝酸三钙 ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$)，水泥具有水硬性，水泥、沙子和碎石的混合物叫混凝土。

②制玻璃的主要原料是纯碱、石灰石和石英，主要反应是： $\text{SiO}_2+\text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Na}_2\text{SiO}_3+\text{CO}_2\uparrow$ 、 $\text{SiO}_2+\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaSiO}_3+\text{CO}_2\uparrow$ ，玻璃是无固定熔点的混合物。加入氧化钴后的玻璃呈蓝色，加入氧化亚铜后的玻璃呈红色，普通玻璃一般呈淡绿色，这是因为原料中混有二价铁的缘故。

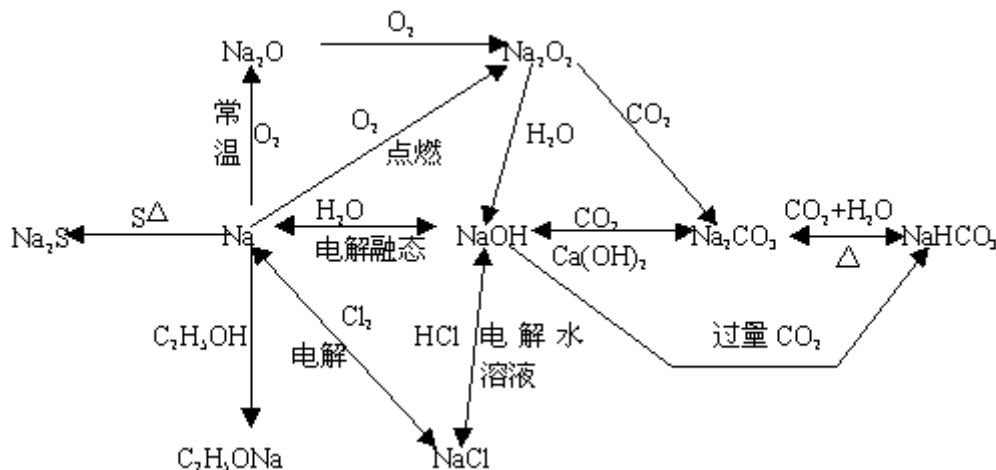
③制造陶瓷的主要原料是黏土，黏土的主要成分： $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

13.无机非金属材料

无机非金属材料包含除传统陶瓷外的各种性能优异的精细陶瓷：耐高温的二氧化锆 (ZrO_2) 陶瓷、高熔点的氮化硅 (Si_3N_4) 和碳化硅 (SiC) 陶瓷；透明的氧化铝、砷化镓 (GaAs)、硫化锌 (ZnS)、硒化锌 (ZnSe)、氟化镁 (MgF_2)、氟化钙 (CaF_2) 等氧化物或非氧化物陶瓷；生物陶瓷；超细微粉体粒子制造的纳米陶瓷等。

碱金属元素

一.本章知识结构体系及要注意的几点问题



1. Na_2O 的稳定性要小于 Na_2O_2 ，所以 Na_2O 在加热情况下与 O_2 反应变成 Na_2O_2

* 2. NaHCO_3 溶解度 Na_2CO_3 溶解度，所以向饱和 Na_2CO_3 溶液中通 CO_2 会析出 NaHCO_3 晶体

3. NaHCO_3 受热易分解， Na_2CO_3 则不易

4. 有时向 Na_2O_2 固体上滴加酚酞试液，开始变红，后来褪色，那是因为 Na_2O_2 的强氧化性和漂白作用

5. 将 Na_2CO_3 溶液逐滴加入稀盐酸中，马上就会释放出气体。

$\text{Na}_2\text{CO}_3+2\text{HCl}=2\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2\uparrow$ ，而将稀盐酸逐滴加入 Na_2CO_3 溶液中则开始无气泡，后来产生气泡。 $\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{HCl}=\text{NaHCO}_3+\text{NaCl}$ $\text{NaHCO}_3+\text{HCl}=\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2\uparrow$ 可利用这种正反滴加来鉴别盐酸与 Na_2CO_3

6. NaOH 与 NaHCO₃ 不能共存，无论混溶于水或加热，首先考虑二者之间的反应
 $\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

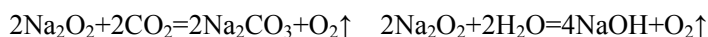
7. 向 Na₂CO₃ 与 NaOH 的混合溶液中逐滴滴加稀盐酸，首先考虑 $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ 再考虑 5

8. 碱金属从 Li→Rb 熔沸点逐渐降低

9. 焰色反应为物理变化而不是化学变化，它体现了元素的性质

10. 将 Na₂CO₃ 转变为 NaHCO₃，可采取持续不断的通入 CO₂ 气体的方法 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3$ ，
 NaHCO₃ 转变为 Na₂CO₃ 可采取加热的方法，也可以采取滴加适量 NaOH 的方法
 $\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

11. Na₂O₂ 的电子式 $\text{Na}^+[:\text{O}:\text{O}:]^{2-}\text{Na}^+$ 其中 O 的化合价为 -1 价



均为自身的氧化还原反应，而 $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4$ 则为 Na₂O₂ 与 SO₂ 间的氧化还原反应

12. 将 NaHCO₃ 加热时，固体质量的减少并不单为 CO₂，而为 CO₂ 与 H₂O 的质量之和，所以可

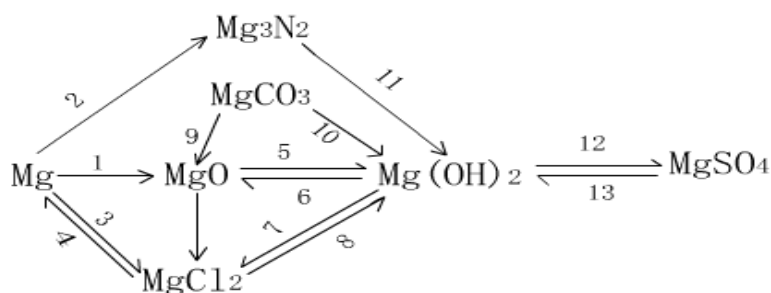
利用 $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

168	106	62
m_1	m_2	Δm

对应成比例来解决具体问题.

镁和铝

1. 镁的知识主线

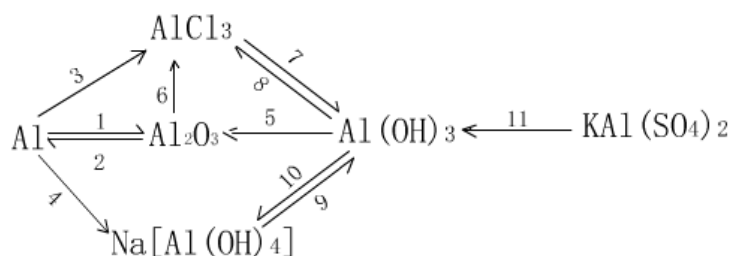


上图的 1~13 中的有关化学方程式如下：

- ① $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$
点燃
- ② $3\text{Mg} + \text{N}_2 = \text{Mg}_3\text{N}_2$
点燃
- ③ $\text{Mg} + \text{Cl}_2 = \text{MgCl}_2$ 、 $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$
熔融

- ④ $\text{MgCl}_2 \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$
- ⑤ $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Mg(OH)}_2$
- ⑥ $\text{Mg(OH)}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$
- ⑦ $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- ⑧ $\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mg(OH)}_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$
- ⑨ $\text{MgCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{MgO} + \text{CO}_2 \uparrow$
- ⑩ $\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg(OH)}_2 + \text{CO}_2 \uparrow$
- $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow$
- $\text{Mg(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{MgSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Mg(OH)}_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$

2. 铝的知识主线



上图 1~12 的有关化学方程式如下:

- ① $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{熔融}} 2\text{Al}_2\text{O}_3$
- ② $2\text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{电解}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2 \uparrow$
- ③ $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$
- ④ $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na[Al(OH)}_4\text{]} + 3\text{H}_2 \uparrow$
- ⑤ $2\text{Al(OH)}_3 \xrightarrow{\text{加热}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- ⑥ $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- ⑦ $\text{AlCl}_3 + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Al(OH)}_3 \downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$
- ⑧ $\text{Al(OH)}_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- ⑨ $\text{Na[Al(OH)}_4\text{]} + \text{CO}_2 = \text{Al(OH)}_3 \downarrow + \text{NaHCO}_3$
- ⑩ $\text{Al(OH)}_3 + \text{NaOH} = \text{Na[Al(OH)}_4\text{]}$
- $2\text{KAl(SO}_4\text{)}_2 + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Al(OH)}_3 \downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

铁和铜

1. 铁的氧化物的比较

化学式	FeO	Fe ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄
俗称	—	铁红	磁性氧化铁
色态	黑色粉末	红棕色粉末	黑色晶体
价态	+2	+3	1/3 正 2 价, 2/3 正 3 价
水溶性	不溶	不溶	不溶
与酸的反应	$\text{FeO} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ 遇氧化性酸生成 Fe^{3+} 盐	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$
与 CO 的反应	高温 $\text{Fe}_x\text{O}_y + y\text{CO} \rightleftharpoons x\text{Fe} + y\text{CO}_2$		

2. Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的比较

	Fe^{2+}	Fe^{3+}
水合离子颜色	浅绿色	棕黄色
氧化还原性	既有氧化性, 又有还原性	只有氧化性
水解性	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$
与碱的反应	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$

3. $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 与 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的比较

	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
颜色状态	白色固体	红褐色固体
水溶性	不溶	不溶
稳定性	易氧化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 空气中加热得不到 FeO	较稳定: Δ $\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
与酸的反应	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
制法	在隔绝 O_2 的条件下 Fe^{2+} 与碱反应	Fe^{3+} 与碱反应

4. 铁三角:

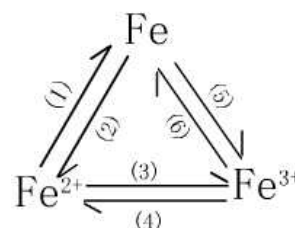
注: (1) 一般是指 Zn, Al, CO, H_2 等还原剂。

(2) 是指 H^+ , S, I_2 , Cu^{2+} , Fe^{3+} 等氧化剂。

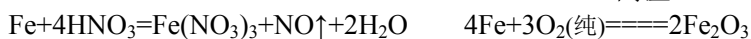
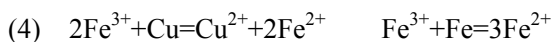
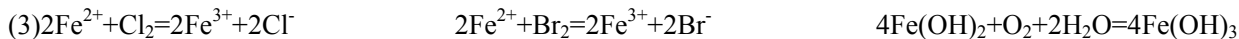
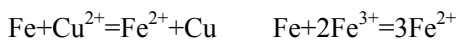
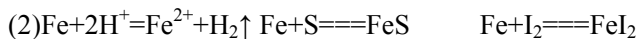
(3) (5) 是指 Cl_2 , Br_2 , O_2 , HNO_3 , KMnO_4 等氧化剂。

(4) 一般是指 Fe, Cu, HI, H_2S 等还原剂。

(6) 是指 Zn, Al, CO, H_2 等还原剂。



根据铁三角有关 (1)---(6) 的化学方程式如下。



5. 检验 Fe^{3+} 常用方法有:

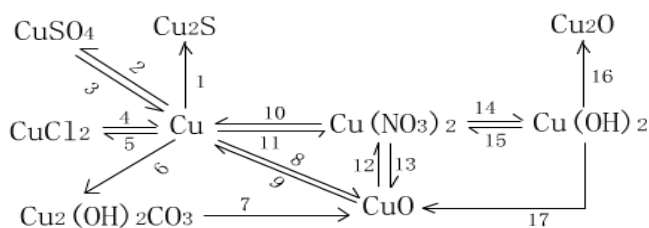
(1) 向未知溶液滴入少量 KSCN 溶液呈血红色。

(2) 向未知溶液滴入少量苯酚溶液呈紫色。

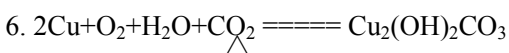
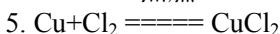
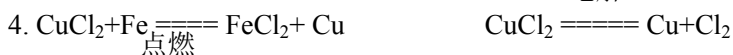
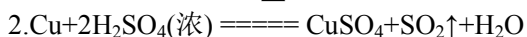
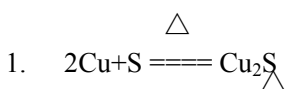
(3) 向未知溶液中滴入少量 NaOH 溶液呈红褐色。

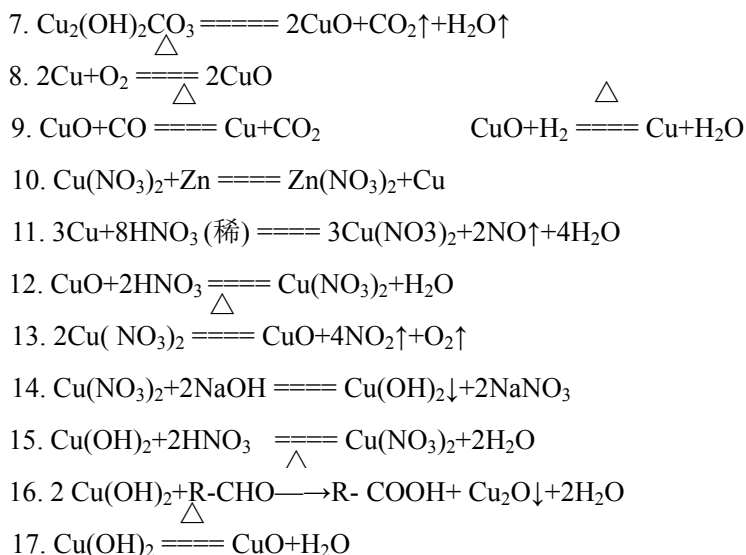
6. 检验 Fe^{+} 是向未知溶液滴入少量 KSCN 溶液呈无色, 继续滴入少量氯水呈血红色。

7. 下列是铜及化合物的知识网络



有关 1~17 的化学方程式如下:





1. 常见金属的冶炼:

①加热分解法: 如: $2\text{HgO} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Hg} + \text{O}_2\uparrow$

②加热还原法: 如: $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

又如: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$

③电解法: 如: $2\text{NaCl} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2\uparrow$

又如: $2\text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{电解}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2\uparrow$

2010 年

- 1, 下列各组物质中, 阴离子不相同的是 ()
- (A) 纯碱 苏打 大苏打 (B) 明矾 蓝矾 绿矾 (C) 方解石 大理石 石灰石 (D) 石膏 芒硝 重晶石
- 2, 盛有 NaOH 溶液的试剂瓶, 其瓶口通常可以看到有白色固体生成, 此固体是 ()
- (A) NaOH (B) Na_2O (C) NaHCO_3 (D) Na_2CO_3
- 3, 焰色反应成红色的离子是 ()
- (A) Cu^{2+} (B) Na^+ (C) Sr^{2+} (D) K^+
- 5, 暂时硬水煮沸后的水垢主要是 ()
- (A) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (B) MgCO_3 (C) CaCO_3 (D) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 CaCO_3
- 6, 下列各组中的物质互相反应时, 不会放出气体的是 ()
- (A) 亚硫酸钠和盐酸 (B) 锌和稀硫酸 (C) 碳酸氢钠溶液和氢氧化钠溶液 (D) 乙醇和钠

2009 年

- 15、下列叙述错误的是
- (A) 工业盐酸显黄色是因为其中含有少量氯气
- (B) 久置的碘化钾溶液显黄色是因为碘离子被氧化成碘分子
- (C) 久置的氢氧化钠溶液中含有碳酸根离子是因为溶液吸收了二氧化碳
- (D) 浓硝酸显黄色是因为硝酸分解生成的二氧化氮溶于硝酸中
- 17、将下列的物质的溶液滴加到碘化钾淀粉试纸上, 能使试纸变蓝的是
- (A) 氯化氢 (B) 溴化钠 (C) 硝酸银 (D) 三氯化铁
- 18、在下列溶液中分别加入少量二氧化锰, 能产生气体的是
- (A) $3\%\text{H}_2\text{O}_2$ (B) 1mol/L HNO_3 (C) 1mol/L KClO_3 (D) 1mol/L HCl

2008 年

2. 下列物质暴露空气中不会变质的是
- (A) 氢氧化钠 (B) 硫酸钠 (C) 苯酚 (D) 漂白粉
10. 叶绿素分子中所含的金属元素 是
- (A) Na (B) Mg (C) Al (D) Fe
14. 下列各组中, 两种物质的溶液混合后不会发生反应的是
- (A) AgNO_3 、 NaCl (B) H_2SO_4 、 NaOH (C) Na_2CO_3 、 HCl (D) KCl 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
16. 下列各组中, 两种物质互相反应时不会放出气体的是
- (A) NaHSO_3 、稀盐酸 (B) Zn 、稀硫酸
- (C) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、金属钠 (D) NaHCO_3 、氢氧化钠溶液

2007 年

3 下列试剂的贮存方法正确的是

- (A) 少量白磷贮存在二硫化碳中 (B) 氢氧化钠贮存在带玻璃塞的试剂瓶中
(C) 少量的钠贮存在酒精中 (D) 硝酸银贮存在棕色试剂瓶中

2006 年

3. 下列物质可导致酸雨产生的是

- (A) 一氧化碳 (B) 臭氧 (C) 二氧化碳 (D) 二氧化硫

6. 能证明硫酸是一种强酸的实验是

- (A) 浓硫酸与蔗糖反应, 生成黑色海绵状的炭
(B) 浓硫酸与固体 NaCl 共热, 生成 HCl 气体
(C) 浓硫酸与乙醇共热, 生成 C_2H_4 气体
(D) 配制 $0.05\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液, 测得其 pH 等于 1

12. 下列溶液不和氯水发生反应的是

- (A) HBr (B) AgNO_3 (C) FeCl_3 (D) FeCl_2

13. 下列三种物质的酸性由强至弱的顺序是

- (A) 醋酸 碳酸 石炭酸 (B) 石炭酸 碳酸 醋酸
(C) 醋酸 石炭酸 碳酸 (D) 碳酸 醋酸 石炭酸

2005 年

1. 大气中二氧化碳含量不断增加产生的不良后果主要是

- (A) 增强温室效应 (B) 破坏臭氧层
(C) 产生酸雨 (D) 毒害农作物

14. 下列物质放置在空气中不是因氧化还原反应而变质的是

- (A) 过氧化钠 (B) 氢氧化钠 (C) 浓硝酸 (D) 苯酚

2004 年

1. 下列各组物质的俗名和化学式属同一种物质的是

- (A) 纯碱 NaOH (B) 熟石膏 $2\text{CaSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$
(C) 小苏打 Na_2CO_3 (D) 胆矾 CuSO_4

2003 年

7. 下列气体通过浓硫酸时, 会被浓硫酸氧化的是

- (A) Cl_2 (B) H_2S (C) N_2 (D) SO_2

13. 下列说法不正确的是

- (A) 炼铁的主要设备是高炉 (B) 在高炉中铁矿石主要是发生氧化反应
(C) 炼钢的主要原料是生铁和废钢 (D) 生铁和钢都是铁的合金

16. 要配制 1:3 的硫酸溶液, 正确的取量是

- (A) 1 体积蒸馏水与 3 体积浓硫酸
(B) 1 体积浓硫酸与 3 体积蒸馏水
(C) 浓硫酸与蒸馏水的摩尔比 (物质的量之比) 为 1:3
(D) 浓硫酸与蒸馏水的质量比为 1:3

2002 年

1. 下列四种物质都属于空气质量报告范畴的是

- (A) 酸雨、 CO_2 、 Cl_2 、 N_2 (B) 粉尘、 NH_3 、 CO_2 、 NO
(C) 烟雾、 HCl 、 O_3 、 SO_2 (D) 可吸入颗粒物、 SO_2 、 NO_2 、 CO

2. 在相同条件下, 对环境污染程度最小的燃料是

- (A) 柴油 (B) 天然气 (C) 煤 (D) 木柴

3. 通常所说的白色污染是指

- (A) 聚乙烯等塑料垃圾 (B) 冶炼厂的白色烟雾
(C) 建筑行业的白色废料 (D) 石灰窑的白色烟尘

4. 下列物质中, 可用来治疗胃酸过多的是

- (A) 硫酸钡 (B) 碳酸钡 (C) 碳酸氢钠 (D) 氧化钙

6. 卤化物跟浓硫酸在烧瓶中共热, 可制得纯净卤化氢气体的是

- (A) 氟化钠 (B) 氯化钠 (C) 溴化钠 (D) 碘化钠

7. 下列实验操作过程中, 观察不到明显现象的是

- (A) 二氧化氮通入稀氢氧化钠溶液中
(B) 二氧化碳通入浓氯化钙溶液中
(C) 稀氢氧化钠溶液滴加到氯化铝溶液中
(D) 稀氨水滴加到硫酸铜溶液中

20. (6 分) 将一块缺角的明矾晶体悬挂在一瓶恒温、密闭的饱和明矾溶液中, 一段时间后, 这块明矾晶体完整无缺了, 这时明矾晶体的质量_____, 明矾溶液的质量_____, 溶液中铝离子的摩尔浓度_____。(填变大、变小或不变)

2001 年

1. 下列现象不涉及化学变化的是

- (A) 自来水管冻裂 (B) 森林火灾
(C) 铁器生锈 (D) 炸药爆炸

2000 年

2. 下列试剂中, 可用带橡皮塞的无色玻璃瓶保存的是

- (A) 碳酸钠溶液 (B) 液溴
(C) 氢氟酸 (D) 硝酸银溶液

6. 下列物质中, 不能用金属和酸直接反应来制备的是

- (A) $MgCl_2$ (B) $Al_2(SO_4)_3$ (C) $Fe(NO_3)_3$ (D) $CuCl_2$

11. 下列物质在存放过程中, 因吸收空气中的二氧化碳而变质的是

- (A) 硫酸亚铁溶液 (B) 硝酸银溶液
(C) 硅酸钠溶液 (D) 浓硝酸

13. 实验室里制取的 CO_2 中常混有少许的水蒸气、 HCl 、 H_2S 等杂质, 把此混合气体按下列顺序通过三种试剂, 其中能得到纯净、干燥的 CO_2 的最佳方法是

- (A) 硫酸铜溶液、碳酸氢钠饱和溶液、浓硫酸
(B) 硫酸铜溶液、浓硫酸、碳酸氢钠饱和溶液
(C) 浓硫酸、硫酸铜溶液、碳酸氢钠饱和溶液
(D) 碳酸氢钠饱和溶液、硫酸铜溶液、浓硫酸

23. (8 分) 为了消除含氯废气对环境的污染, 可将废气通过混有过量铁粉的氯化亚铁溶液。在此除氯过程中, $FeCl_2$ 的作用是_____;

Fe 的作用是_____ (均用化学反应方程式表示)。