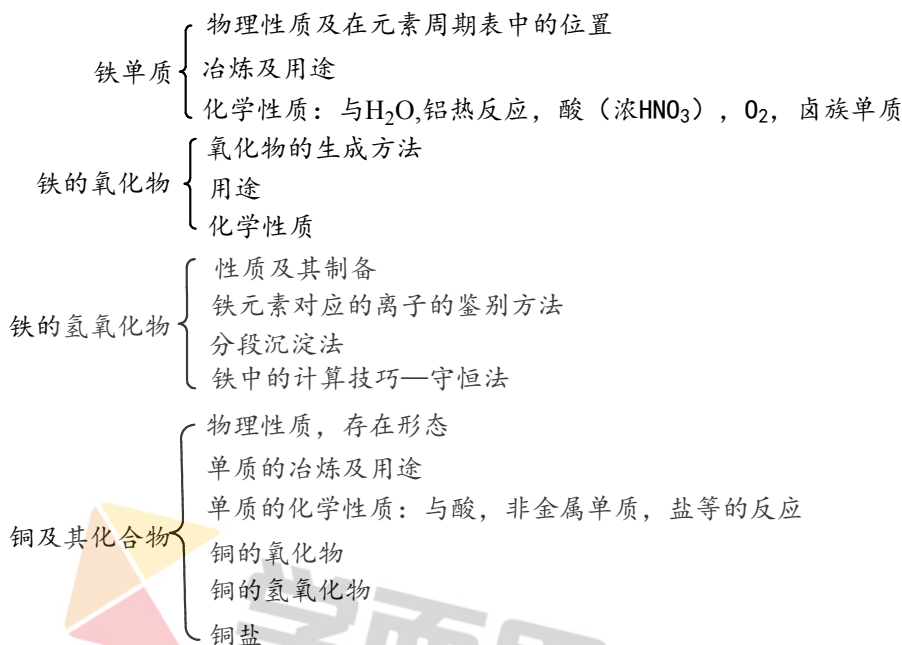




铁、铜及其化合物

◎ 高考怎么考



📌 自检自查必考点

铁单质:

一. 物理性质: 银白色, 具金属光泽; 质地较软, 良好的导电、延展性。密度 7.86 g/cm^3 , 熔沸点较高。

位 置: 第四周期Ⅷ族, 原子序数 26

二. 化学性质:

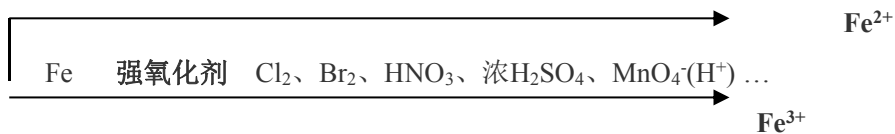
1. 冶 炼: 热还原赤铁矿



2. 与非金属单质反应



弱氧化剂 Fe^{3+} 、 H^+ 、 I_2 、 S 、铁后的金属阳离子 (置换) ...



3. 与水反应



【注意】铁在常温下不会和水发生反应，但在水和空气中 O_2 和 CO_2 的共同作用下，铁却很容易被腐蚀(生锈/电化学腐蚀)

4.与酸反应

1) 与非氧化性酸反应 $Fe + 2H^+ \rightleftharpoons Fe^{2+} + H_2 \uparrow$

2) 与氧化性酸反应

a) 常温下，铁在冷浓硫酸，浓硝酸中发生钝化

b) 与浓硫酸反应： $2Fe + 6H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\Delta} Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2 \uparrow + 6H_2O$

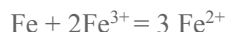
c) 与稀硝酸反应：①当 Fe 少量时，离子方程式为： $Fe + 4H^+ + NO_3^- \rightleftharpoons Fe^{3+} + NO \uparrow + 2H_2O$

②当 Fe 过量时，离子方程式为： $3Fe + 8H^+ + 2NO_3^- \rightleftharpoons 3Fe^{2+} + 2NO \uparrow + 4H_2O$

③当 $1:4 < n(Fe) : n(HNO_3) < 3:8$ 时，此情况下， Fe^{3+} 和 Fe^{2+} 共存。

d) 与浓硝酸在加热下的反应： $Fe + 4HNO_3(浓) \xrightarrow{\Delta} Fe(NO_3)_3 + NO_2 \uparrow + 2H_2O$

5.与盐溶液反应 $2Fe^{3+} + Cu = 2Fe^{2+} + Cu^{2+}$ (腐蚀电路图)



例题讲解

【例 1】某稀硝酸溶液中，加入 5.6g 铁粉充分反应后，铁粉全部溶解，放出 NO 气体，溶液质量增加 3.2g，所得溶液中 $Fe(NO_3)_2$ 和 $Fe(NO_3)_3$ 物质的量之比是

A. 1:1

B. 2:1

C. 3:2

D. 4:1

【解析】设 Fe^{2+} 的物质的量为 x， Fe^{3+} 的物质的量为 y，则：

$$\begin{cases} x + y = \frac{5.6}{56} = 0.1 (\text{铁原子守恒}) \\ 2x + 3y = \frac{5.6 - 3.2}{30} \times (\text{得失电子数守恒}) \end{cases}$$

$$\text{解得} \begin{cases} x = 0.06 \text{ mol} \\ y = 0.04 \text{ mol} \end{cases} \text{ 所以 } x:y = 3:2$$

【答案】C

【例 2】下列叙述正确的是

A. 锥形瓶可用作加热的反应器

B. 室温下，不能将浓硫酸盛放在铁桶中

C. 配制溶液定容时，俯视容量瓶刻度会使溶液浓度偏高

D. 用蒸馏水润湿的试纸测溶液的 pH，一定会使结果偏低

【来源】2014 大纲卷

【答案】C



自检自查必考点

铁的化合物：

1、铁的氧化物

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
颜色	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
制备	钢水中通 O ₂	$2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	$3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Fe}_3\text{O}_4$
用途	—	用作红色油漆和涂料；赤铁矿是炼铁原料	磁性材料
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	$\text{Fe}_x\text{O}_y + y\text{CO} \xrightarrow{\text{高温}} x\text{Fe} + y\text{CO}_2$		

2、铁的氢氧化物

Fe(OH)₂ 与 Fe(OH)₃ 的比较

	Fe(OH) ₂	Fe(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 Fe(OH) ₃ ，空气中加热得不到 FeO（白色逐渐变成灰绿色，最终变成红褐色）	$2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
与酸的反应	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

(1) Fe(OH)₂ 的制备

实验: FeSO₄ 溶液中加 NaOH

①现象：生成白色沉淀，后又迅速转变为灰绿色，最后生成红褐色

②Fe²⁺ 容易被氧化, 所以 FeSO₄ 溶液要新配制.

③为了防止滴加 NaOH 时带入空气, 可将吸收 NaOH 的长滴管伸入 FeSO₄ 溶液液面下, 再挤出 NaOH 溶液.

④为了防止 Fe²⁺ 被氧化, 还可以向盛有 FeSO₄ 溶液的试管中加入少量煤油或其它密度比水小但不溶于水的有机物以隔绝空气.

化学方程式: $\text{FeSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow$ (白色)

$4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ (红褐色)

(白色→灰绿色→红褐色)

【注意】(1) FeSO_4 晶体中不能有 Fe^{3+} ;

(2) 配制后的 FeSO_4 溶液中要加入少量铁粉;

(3) 配制溶液的蒸馏水以及所用 NaOH 溶液均须煮沸以除去其中溶解的氧气;

(2) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的制备

实验: FeCl_3 溶液中加入 NaOH 溶液.

①现象: 生成红褐色沉淀

②化学方程式: $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaCl}$ $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ (红褐色)

③热稳性: $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 对热不稳定, 受热能失去水生成红棕色的 Fe_2O_3 粉末.

化学方程式: $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

[小结] 难溶性或微溶性的碱受热不稳定, 容易分解: 生成相应的氧化物和水 (一水合氨除外)

(3) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体的制备

饱和的 FeCl_3 溶液加入沸腾的蒸馏水中, 待出现红褐色时, 停止加热, 便可得到 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体.

【注意】(1) 不可长时间加热, 因为加热会使胶体凝聚;

(2) 不能用自来水, 因为自来水中的电解质也可使胶体凝聚.

3、 Fe^{2+} 与 Fe^{3+} 的鉴别方法

(1) Fe^{3+} 的检验:

1. Fe^{3+} 盐溶液中滴加 KSCN 溶液: 溶液变红色, $\text{FeCl}_3 + 3\text{KSCN} = \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3\text{KCl}$

2. 向 Fe^{3+} 盐溶液中滴加 NaOH 溶液: 产生红褐色沉淀, $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ (红褐色) + 3NaCl

3. 向 Fe^{3+} 盐溶液中滴加苯酚溶液: 溶液变为紫色, 则证明溶液中含有 Fe^{3+} .

(2) Fe^{2+} 的检验:

① 向 Fe^{2+} 盐溶液中滴加 KSCN 溶液, 再滴加氯水 (硝酸、 H_2O_2 等): 先无现象, 加氯水后溶液呈红色,
 $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$ $\text{FeCl}_3 + 3\text{KSCN} = \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3\text{KCl}$

② 向 Fe^{2+} 盐溶液中滴加 NaOH 溶液. 产生白色沉淀迅速转变为灰绿色, 最后变成红褐色沉淀

$\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$ $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ (红褐色)

③ 向 Fe^{2+} 盐溶液中滴加 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (铁氰化钾), 出现蓝色沉淀

$\text{Fe}^{2+} + \text{K}^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$

(3) Fe^{3+} 的氧化性、 Fe^{2+} 的还原性

① Fe^{3+} 的氧化性: 向 FeCl_3 溶液中加入铁粉, 现象是溶液由棕黄色变为浅绿色

2Fe^{3+} (棕黄色) + $\text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ (浅绿色)

Fe^{3+} 还可以与 Cu 、 HI 、 H_2S 等反应

$2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$; $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$; $2\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{S} = 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{S} \downarrow$

② Fe^{2+} 的还原性: Fe^{2+} 在较强的氧化剂的作用下会被氧化为 Fe^{3+}

向 FeCl_2 溶液中通入氯气, 现象是溶液由浅绿色变为棕黄色

$2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$

除杂: $\text{FeCl}_3(\text{FeCl}_2)$ 滴加氯水 $\text{FeCl}_2(\text{FeCl}_3)$ 加入铁粉

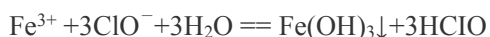
(4) 亚铁盐、铁盐溶液的保存

a、 FeCl_2 、 FeSO_4 等亚铁盐溶液保存时，要加入少量铁屑（防止 Fe^{2+} 被氧化）和滴入少量相应的酸溶液（抑制 Fe^{2+} 水解）。

b、 FeCl_3 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 等铁盐溶液保存时，要加少量相应的酸溶液（抑制 Fe^{3+} 水解）。

(5) Fe^{3+} 盐的水解

Fe^{3+} 为典型的弱碱阳离子，通常情况下，在水溶液中只有少部分发生水解。但在一定条件（如加热，遇 AlO_2^- 、 CO_3^{2-} 、 ClO^- 等）下，水解程度会增大，甚至会发生彻底的水解。



(6) FeCl_3 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 晶体的制备

①在干燥的 HCl 气体中加热并蒸干 FeCl_3 的水溶液。

②加热并蒸干 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 的水溶液，由于 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 水解产生的 H_2SO_4 难挥发，加热不会使平衡不断右移，只能使水份减少，酸度增强，最后仍留下 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

(7) 钢铁的腐蚀：钢铁的电化学腐蚀以吸氧腐蚀为主。

钢铁在潮湿的空气中发生电化腐蚀时，负极为铁，正极为碳，电解质溶液为溶有 O_2 或 CO_2 等气体的水膜。

当水膜呈弱碱性或中性时发生吸氧腐蚀，负极反应为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ ，

正极反应为 $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ ；

当水膜呈酸性时发生析氢腐蚀，负极反应为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ ，

正极反应为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\uparrow$ 。

铁锈的形成： $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow$ ， $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，红褐色的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 失去部分水便得到铁锈 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。也可表示成 $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 + n\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。

4、铁的计算技巧

灵活运用质量守恒关系

电荷守恒关系

电子守恒关系

5、分段沉淀法

大多数金属氢氧化物是难溶的，但它们的溶解度千差万别，因此，控制溶液的 pH，可以使它们有的沉淀，有的溶解，常用于分离。

金属离子	K _{sp}	离子浓度 c/mol·L ⁻¹					
			10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵ (完全沉淀)
Fe ³⁺	4.0×10 ⁻³⁸	pH	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2
Al ³⁺	1.3×10 ⁻³³		3.4	3.7	4.0	4.4	4.7
Cr ³⁺	6.0×10 ⁻³¹		4.3	4.6	4.9	5.3	5.6
Cu ²⁺	2.2×10 ⁻²⁰		4.7	5.2	5.7	6.2	6.7
Fe ²⁺	8.0×10 ⁻¹⁶		7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
Mg ²⁺	1.8×10 ⁻¹¹		9.1	9.6	10.1	10.6	11.1

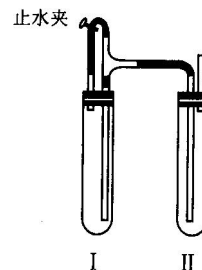
例题讲解

【例3】用下面两种方法可以制得白色的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀。

方法一：用不含 Fe^{3+} 的 FeSO_4 溶液与用不含 O_2 的蒸馏水配制的 NaOH 溶液反应制备。

- (1) 用硫酸亚铁晶体配制上述 FeSO_4 溶液时还需加入_____。
- (2) 除去蒸馏水中溶解的 O_2 常采用_____的方法。
- (3) 生成白色 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀的操作是用长滴管吸取不含 O_2 的 NaOH 溶液，插入 FeSO_4 溶液液面下，再挤出 NaOH 溶液。这样操作的理由是_____。

方法二：在如图装置中，用 NaOH 溶液、铁屑、稀 H_2SO_4 等试剂制备。



- (1) 在试管 I 里加入的试剂是_____。
- (2) 在试管 II 里加入的试剂是_____。
- (3) 为了制得白色 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀，在试管 I 和 II 中加入试剂，打开止水夹，塞紧塞子后的实验步骤是_____。
- (4) 这样生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀能较长时间保持白色，其理由是_____。

【答案】方法一：(1) 稀 H_2SO_4 、铁屑 (2) 煮沸 (3) 避免生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀接触 O_2

方法二：(1) 稀 H_2SO_4 、铁屑 (2) NaOH 溶液 (3) 检验试管 II 出口处排出的氢气的纯度。当排出的 H_2 纯净时，再夹紧止水夹 (4) 试管 I 中反应生成的 H_2 充满了试管 I 和试管 II，且外界空气不容易进入。

【例4】下列有关 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液的叙述正确的是

- 该溶液中， K^+ 、 Fe^{2+} 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 、 Br^- 可以大量共存
- 和 KI 溶液反应的离子方程式： $\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = \text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$
- 和 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应的离子方程式： $\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{BaSO}_4 \downarrow$
- 1L 0.1 mol·L⁻¹ 该溶液和足量的 Zn 充分反应，生成 11.2g Fe

【来源】2014 安徽卷

【答案】D

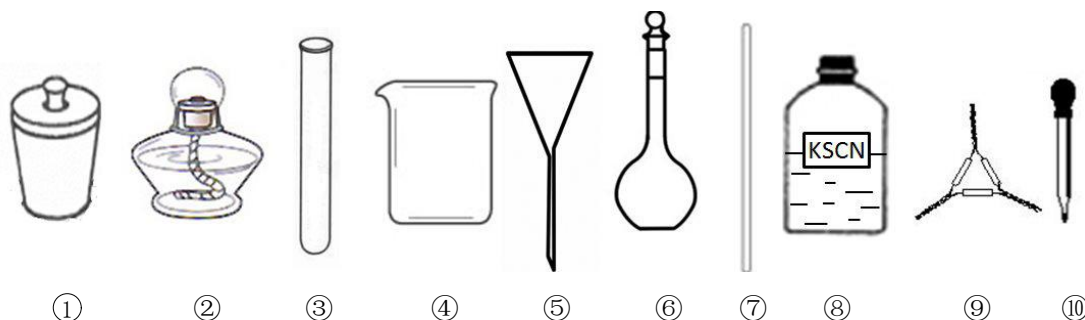
【解析】A、 Fe^{3+} 遇苯酚显紫色，显色反应不可以共存；

B、没有配平，电荷不守恒， $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ ；

C、不符合配比关系，错误， $2\text{Fe}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 3\text{Ba}^{2+} + 6\text{OH}^- = 3\text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ ；

D、 $3\text{Zn} + 2\text{Fe}^{3+} = 2\text{Fe} + 3\text{Zn}^{2+}$ ， Zn 是足量的，0.1mol $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 有 0.2mol Fe^{3+} ，所以生成 0.2mol Fe，11.2g Fe。

【例5】茶叶中的铁元素的检验可经以下四个步骤完成，各步骤中选用的实验用品不能都用到的是



- A. 将茶叶灼烧灰化，选用①、②和⑨

B. 用浓硝酸溶解茶叶灰并加蒸馏水稀释, 选用④、⑥和⑦

C. 过滤得到滤液, 选用④、⑤和⑦

D. 检验滤液中的 Fe^{3+} , 选用③、⑧和⑩

【来源】2014 重庆卷

【答案】B

【解析】A. 灼烧固体需要在坩埚中进行, 还需要酒精灯和泥三角, 故正确

B. 稀释只需要用玻璃棒、烧杯即可, 故 B 错误

C. 过滤需要用到的仪器是玻璃棒、漏斗和烧杯, 故正确

D. 检验溶液中的 Fe^{3+} , 需要试管、胶头滴管和 KSCN 溶液, 故正确

【例 6】把 22.4 g 铁粉完全溶解于某浓度的硝酸中, 如反应只收集到 0.3 mol NO_2 和 0.2 mol NO , 下列说法正确的是

A. 反应后生成的盐只为 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$

B. 反应后生成的盐只为 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$

C. 反应后生成的盐为 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 和 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, 其物质的量之比为 1 : 3

D. 反应后生成的盐为 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 和 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, 其物质的量之比为 3 : 1

【解析】由于铁的物质的量为 $\frac{22.4 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.4 \text{ mol}$, 所以在反应的过程中它失去的电子数

应介于 0.8 mol(此时只产生 Fe^{2+})和 1.2 mol(此时只产生 Fe^{3+})之间, 又产生 0.3 mol NO_2 和 0.2 mol NO , 即反应过程中硝酸得到的电子数为 $0.3 \text{ mol} \times (5-4) + 0.2 \text{ mol} \times (5-2) = 0.9 \text{ mol}$, 所以对应的产物既有 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 又有 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, 设前者的物质的量为 x , 后者的物质的量为 y , 则由铁守恒可得 $x+y=0.4$, 由得失电子守恒得 $3x+2y=0.9 \text{ mol}$, 解得 $x=0.1 \text{ mol}$, $y=0.3 \text{ mol}$ 。

【答案】C

【例 7】水溶液中能大量共存的一组离子是

A. Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}

B. Fe^{2+} 、 H^+ 、 SO_3^{2-} 、 ClO^-

C. Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}

D. K^+ 、 Fe^{3+} 、 NO_3^- 、 SCN^-

【来源】2014 广东卷

【答案】C

【例 8】下列实验操作、现象和结论均正确的是

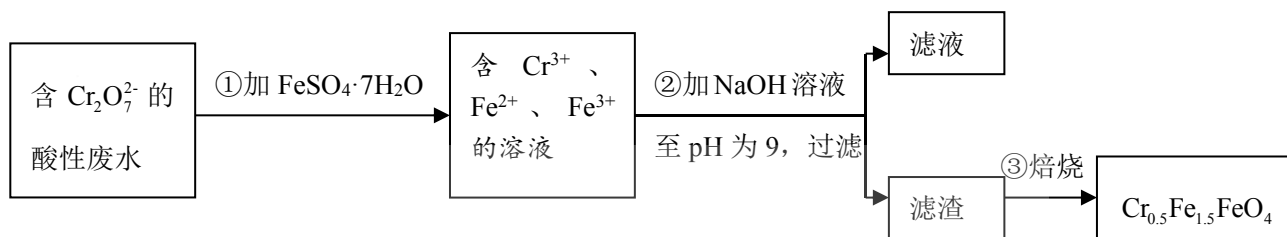
选项	实验操作	现象	结论
A	向苏打和小苏打溶液中分别加入盐酸	均冒气泡	两者均能与盐酸反应
B	向 AgNO_3 溶液中滴加过量氨水	溶液澄清	Ag^+ 与 $\text{NH}_3\text{H}_2\text{O}$ 能大量共存
C	将可调高度的铜丝伸入到稀 HNO_3 中	溶液变蓝	Cu 与稀 HNO_3 发生置换反应

D	将 KI 和 FeCl ₃ 溶液在试管中混合后，加入 CCl ₄ ，振荡，静置	下层溶液显紫红色	氧化性：Fe ³⁺ >I ₂
---	---	----------	--------------------------------------

【来源】2014 广东卷

【答案】AD

【例 9】某厂废水中含 $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ，其毒性较大。某研究性学习小组为了变废为宝，将废水处理得到磁性材料 $\text{Cr}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{FeO}_4$ （Fe 的化合价依次为 +3、+2），设计了如下实验流程



- 第①步反应的离子方程式是_____
- 第②步中用 pH 试纸测定溶液 pH 的操作是：_____
- 第②步过滤得到的滤渣中主要成分除 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 外，还有_____
- 欲使 1L 该废水中的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 完全转化为 $\text{Cr}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{FeO}_4$ 。理论上需要加入_____g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。

【答案】(1) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$;

(2) 将一小块 pH 试纸放在表面皿上，用玻璃棒蘸取少量待测液，点在 pH 试纸上，再与标准比色卡对照。

(3) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$;

(4) 13.9



自检自查必考点

铜单质：

1、原子结构：原子序数为 29，位于元素周期表中第 4 周期、第 IB 族，最外层有 1 个电子，常见化合价有 +1、+2 价。

2、物理性质：纯净的铜为紫红色，属有色金属，密度较大，熔沸点较高，具有良好的导电、导热性。焰色反应呈绿色。铜与其他金属能够形成合金，铜合金的主要种类有：Cu~Sn 合金称青铜，青铜是我国最早使用的合金；Cu~Zn 合金称黄铜；Cu~Ni 合金称白铜。

铜在自然界中存在游离单质但很少，主要以化合态，常见的铜矿有辉铜矿 (Cu_2S)、黄铜矿 (CuFeS_2)、铜蓝矿 (CuS)、赤铜矿 (Cu_2O) 和孔雀石 ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) 等，铜主要从黄铜矿中提炼。

3、冶炼

“湿法炼铜” $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$

焦炭法 $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\Delta} 2\text{CuO} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

$\text{C} + 2\text{CuO} \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2\uparrow + 2\text{Cu}$

铜的精炼

4、化学性质：铜是一种较不活泼的金属，位于金属活动性顺序表中氢原子之后。

(1) 与 O_2 的反应

在空气中或 O_2 中加热表面变黑： $2Cu + O_2 \xrightarrow{\Delta} 2CuO$ ，

除去混在 H_2 、 CO 中的少量 O_2 可用 Na_2S 或 Na_2SO_4 。

(2) 与 O_2 、 CO_2 、 H_2O 的作用

在潮湿的空气中铜可生成铜绿， $2Cu + O_2 + CO_2 + H_2O = Cu_2(OH)_2CO_3$ 。

【延伸】由铜单质形成铜盐，必须同时满足酸性及氧化性环境。

(3) 与其他非金属的反应

Cu 在 Cl_2 中燃烧生成棕黄色烟： $Cu + Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} CuCl_2$ ；（注意溶于水的情况分析）

在硫蒸气里燃烧生成黑色固体： $2Cu + S \xrightarrow{\Delta} Cu_2S$ （不溶于酸）

(4) 与酸的反应

①与稀盐酸、稀 H_2SO_4 不反应；

但是在电解条件下，铜和硫酸可以放出 H_2 和生成 $CuSO_4$

②与浓 H_2SO_4 反应： $Cu + 2H_2SO_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} CuSO_4 + SO_2 \uparrow + H_2O$

③与硝酸反应：

$Cu + 4HNO_3(\text{浓}) = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O$

$3Cu + 8HNO_3(\text{稀}) = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO \uparrow + 4H_2O$

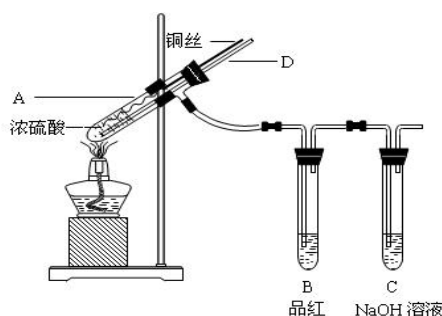
(5) 与盐溶液反应：

$Cu + 2Ag^+ = Cu^{2+} + 2Ag$

$Cu + 2Fe^{3+} = Cu^{2+} + 2Fe^{2+}$

例题讲解

【例 10】 某实验小组同学为了探究铜与浓硫酸的反应，进行了如下系列实验。



【实验 1】铜与浓硫酸反应，实验装置下图所示。

实验步骤：

- ①先连接好装置，检验气密性，加入试剂；
- ②加热 A 试管直到 B 中品红褪色，熄灭酒精灯；
- ③将 Cu 丝上提离开液面。

(1)装置 A 中发生反应的化学方程式为_____。

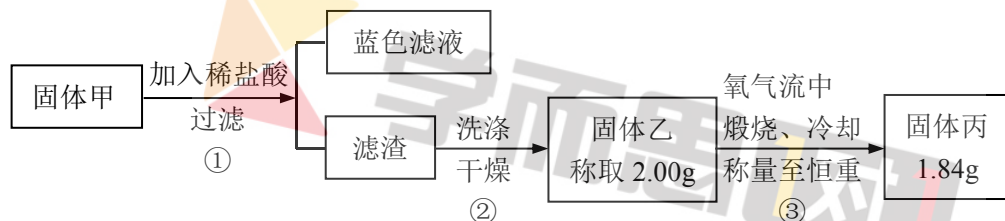
(2)熄灭酒精灯后，因为有导管 D 的存在，B 中的液体不会倒吸，其原因是_____。

(3)拆除装置前，不需打开胶塞，就可使装置中残留气体完全被吸收，应当采取的操作是_____。

【实验 2】实验中发现试管内除了产生白色固体外，在铜丝表面还产生黑色固体甲，其中可能含有氧化铜、硫化铜、硫化亚铜，以及被掩蔽的氧化亚铜。查阅资料：

- ①氧化亚铜在酸性环境下会发生自身氧化还原反应生成 Cu^{2+} 和铜单质，在氧气流中煅烧，可以转化为氧化铜。
- ②硫化铜和硫化亚铜常温下都不溶于稀盐酸，在氧气流中煅烧，硫化铜和硫化亚铜都转化为氧化铜和二氧化硫。

为了研究甲的成分，该小组同学在收集到足够量的固体甲后，进行了下图的实验：



- (4) ②中检验滤渣是否洗涤干净的实验方法是_____。
- (5) ③中在煅烧过程中一定发生的反应的化学方程式为_____。
- (6) 下列对于固体甲的成分的判断中，正确的是（填字母选项）_____。

A. 固体甲中，CuS 和 Cu_2S 不能同时存在
B. 固体甲中，CuO 和 Cu_2O 至少有一种

C. 固体甲中若没有 Cu_2O ，则一定有 Cu_2S
D. 固体甲中若存在 Cu_2O ，也可能有 Cu_2S

【答案】(1) $2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{Cu} \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) 试管 A 中气体压强减小，空气从 D 导管进入试管 A 中

(3) 从 D 管口向 A 中大量鼓气

(4) 取最后一次洗涤后所得液体于试管中，滴加硝酸银溶液，若无白色沉淀产生，则说明沉淀洗涤干净；若有白色沉淀生成，则说明未洗干净

(5) $2\text{CuS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{CuO} + 2\text{SO}_2$ （条件也可为“煅烧”） (6) BCD



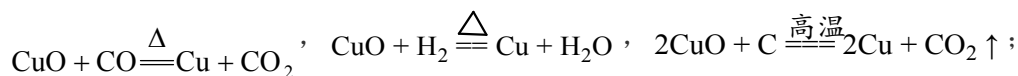
自检自查必考点

铜的化合物：

1、氧化物

CuO: 不溶于水的碱性氧化物, 具有较强的氧化性,

a、氧化性: 在加热时能被 CO、H₂、C 等还原:



b、可与酸反应: $\text{CuO} + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ 。

Cu₂O: 呈砖红色, 可用于制红色玻璃, Cu₂O 本身较稳定, 但在酸液中易发生歧化反应生成 Cu 和 Cu²⁺。

2、Cu(OH)₂

(1) 难溶性碱, 可与酸反应: $\text{Cu(OH)}_2 + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 受热易分解: $\text{Cu(OH)}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$

(3) 有弱氧化性, 新制的 Cu(OH)₂ 悬浊液能氧化醛基化合物, 本身被还原为 Cu₂O, 常用于醛基化合

物的检验: $\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{Cu(OH)}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 制备: 可溶性铜盐与强碱反应: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu(OH)}_2 \downarrow$ (蓝色絮状沉淀)。

3、铜盐

常见的铜盐有铜绿: (不稳定; 碱式盐; 有毒; 组成可变) CuCl₂、CuSO₄、Cu(NO₃)₂ 等。

(1) 颜色: 无水 CuCl₂ 呈棕黄色, 硫酸铜晶体 (CuSO₄ · 5H₂O, 又称胆矾或蓝矾) 呈蓝色, 其浓溶液

呈绿色, 无水硫酸铜呈白色, Cu(NO₃)₂ 及其溶液呈蓝色。常用无水硫酸铜白色粉末检验水蒸气或水的存在。

(2) 化学性质: ①水解性, 其水溶液显弱酸性: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu(OH)}_2 + 2\text{H}^+$ 。

②氧化性, 与金属单质反应: $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$ 。

③与强碱反应: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu(OH)}_2 \downarrow$ 。

④胆矾受热可失去结晶水变成白色粉末, 过热时, CuSO₄ 会进一步分解出 CuO。

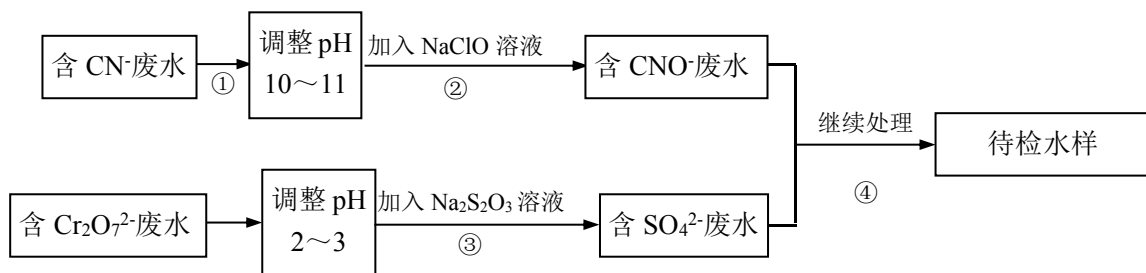
注意补充硫酸铜晶体结晶水含量的测定

⑤可溶性铜盐能与 H₂S 或 S²⁻ 反应生成黑色的 CuS 沉淀, 它难溶于强酸, 常用于 Cu²⁺ 的检验。

⑥ Cu²⁺ 易与 NH₃ 形成 [Cu(NH₃)₄]²⁺ 络离子。

例题讲解

【例 11】 某电镀铜厂有两种废水需要处理，一种废水中含有 CN^- 离子，另一种废水中含有 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 离子。该厂拟定下图所示的废水处理流程。



回答以下问题：

- (1) 上述处理废水的流程中主要使用的方法是_____。
- (2) ②中使用的 NaClO 溶液呈碱性，用离子方程式解释原因_____。
- (3) ②中反应后无气体放出，该反应的离子方程式为_____。
- (4) ③中反应时，每 $0.4 \text{ mol Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 转移 2.4 mol e^- ，该反应的离子方程式为_____。
- (5) 取少量待检水样于试管中，先加入 NaOH 溶液，观察到有蓝色沉淀生成，继续加入 NaOH 溶液，直到不再产生蓝色沉淀为止，再加入 Na_2S 溶液，有黑色沉淀生成，且蓝色沉淀逐渐减少。请你使用化学用语，结合必要的文字解释其原因_____。

【答案】 (1) 氧化还原法 (2) $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$ (3) $\text{CN}^- + \text{ClO}^- \rightleftharpoons \text{CNO}^- + \text{Cl}^-$
 (4) $3\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 4\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 26\text{H}^+ \rightleftharpoons 6\text{SO}_4^{2-} + 8\text{Cr}^{3+} + 13\text{H}_2\text{O}$
 (5) 待检水样中还有 Cu^{2+} $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$
 $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{S}^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CuS}(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
 (1分，未标状态给分，或 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^-$ ； $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightleftharpoons \text{CuS} \downarrow$ 给分)
 CuS 比 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 更难溶 (1分，或溶解度更小)