

Title/标题 IVB 族(Ti)和 IVA 族(Si、C、Sn)元素性质的比较 8 班 12 号

Name/姓名 王天一 Student ID/学号 2023511044 Date/日期 2024/11/01 页码 1

一、预习思考题

1、请总结四价钛化合物的性质。

①. 两性性 可与强酸、强碱在加热反应条件下生成钛酸盐或钛盐 ② 氧化性 $Ti(IV)$ 可被还原为 $Ti(III)$
③. $Ti(IV)$ 与过氧化氢形成稳定的过氧钛酸根离子, 呈现棕红色 ④. 难溶性. TiO_2 不溶于酸.

2、为什么不能用磨口玻璃瓶盛装碱性溶液?

磨口玻璃瓶的磨口部分含有大量的 SiO_2 , 碱性溶液会与 SiO_2 发生反应, 生成硅酸盐, 导致磨口处粘连, 瓶塞难以打开.

二、仪器与试剂

仪器: 离心机, 塑料离心管, 试管, 烧杯, 玻璃棒, 表面皿, pH 试纸

试剂: 碳酸钠 (Na_2CO_3 , A.R.), 碳酸氢钠 ($NaHCO_3$, A.R.), 硅酸钠 (Na_2SiO_3 , A.R.), 氯化铵 (NH_4Cl , A.R.), 三氯化铁 ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$, A.R.), 氯化铜 ($CuCl_2$, A.R.), 氢氧化钙 ($Ca(OH)_2$, A.R.), 过氧化氢 (H_2O_2 , A.R.), 硫酸氧钛 ($TiOSO_4 \cdot xH_2SO_4 \cdot xH_2O$, A.R.), 硫酸 (H_2SO_4 , A.R.), 氨水 ($NH_3 \cdot H_2O$, A.R.), 硅酸四乙酯 ($Si(OCH_2CH_3)_4$, A.R.), 乙醇 (CH_3CH_2OH , A.R.), 氯化亚锡 ($SnCl_2$, A.R.), 碳酸二乙酯 ($CH_3CH_2OCOOCH_2CH_3$, C.P.), 锌粒 (Zn , A.R.), 钛酸四乙酯 ($Ti(OCH_2CH_3)_4$, C.P.)

溶液: 0.5 mol/L 硫酸氧钛溶液, 6% 过氧化氢溶液, 6 mol/L 氨水溶液, 0.2 mol/L 碳酸钠溶液, 0.2 mol/L 碳酸氢钠溶液, 0.1 mol/L 氯化铜溶液, 0.1 mol/L 氯化铁溶液, 20% 硅酸钠水溶液, 饱和氯化铵溶液, 6 mol/L 盐酸溶液, 0.1 mol/L 氯化亚锡, 饱和氢氧化钙溶液

三、实验内容及步骤 (请补充试剂用量等其他实验条件)

实验内容	现象	解释 (方程式)
(一) 硅酸盐、碳酸盐性质比较		
1、湿润的 pH 试纸测定 20% Na_2SiO_3 酸碱性	试纸呈深蓝色	$Na_2SiO_3 + H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2SiO_3$
1 滴管 20% Na_2SiO_3 + 2 滴饱和 NH_4Cl	溶液中出现白色胶状沉淀	$Na_2SiO_3 + 2NH_4Cl + H_2O \rightarrow H_2SiO_3 \downarrow + 2NaCl$
观察沉淀的生成 + pH 试纸检验气体	试纸呈蓝色	$+ 2NH_4^+ + H_2O$
1 滴管 20% Na_2SiO_3 + 数滴 mol/L HCl	溶液中出现白色沉淀	$Na_2SiO_3 + 2HCl \rightarrow H_2SiO_3 \downarrow + 2NaCl$
2、pH 试纸测定 0.2 mol/L Na_2CO_3	试纸呈蓝色	$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$
pH 试纸测定 0.2 mol/L $NaHCO_3$	试纸呈浅蓝色	$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$
8 滴 0.1 mol/L $CuCl_2$ + 15 滴 0.2 mol/L Na_2CO_3	生成蓝绿色沉淀	$Cu^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CuCO_3 \downarrow$
离心分离 ↓ 数滴 6 mol/L HCl	沉淀溶解, 溶液呈浅蓝色	$CuCO_3 + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + CO_2 \uparrow + H_2O$
8 滴 0.1 mol/L $FeCl_3$ + 15 滴 0.2 mol/L Na_2CO_3	生成红褐色沉淀有气泡产生	$2Fe^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow$
离心分离 ↓ 数滴 6 mol/L HCl	沉淀溶解	$Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$

实验内容 (续)	现象	解释 (方程式)
根据实验, 总结碳酸盐与金属盐类的反应规律: 碳酸盐与大多数金属离子反应, 生成难溶的碳酸盐沉淀, 当金属离子易水解 (如 Fe^{3+}) 时, 会形成对应的氢氧化物沉淀, 伴随 CO_2 释放		
(二) 钛酸酯、硅酸酯和碳酸酯的水解		
1、中性条件下的水解		
① 3滴 钛酸四乙酯 + 3滴 H_2O + 3滴 CH_3CH_2OH	溶液中产生白色沉淀	$Ti(OC_2H_5)_4 + 3H_2O \rightarrow TiO(OH)_4 + 4C_2H_5OH$
② 3滴 硅酸四乙酯 + 3滴 H_2O + 3滴 CH_3CH_2OH	无明显变化	$Si(OC_2H_5)_4 + 3H_2O \rightarrow H_2SiO_3 \downarrow + 4C_2H_5OH$
③ 3滴 碳酸二乙酯 + 3滴 H_2O + 3滴 CH_3CH_2OH	无明显变化	$C_2H_5OC(=O)C_2H_5 + H_2O \rightarrow 2C_2H_5OH + CO_2 \uparrow$
②③ 45°C 水浴加热 10 min + 5滴饱和 $Ca(OH)_2$	②中出现少量沉淀, ③中溶解了少许沉淀	②中 $H_2SiO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSiO_3 \downarrow + H_2O$ ③中 $CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$
2、碱性条件下的水解		
3滴 硅酸四乙酯 + 3滴 6 mol/L $NH_3 \cdot H_2O$ + 3滴 CH_3CH_2OH	形成白色沉淀 (加热后)	$Si(OC_2H_5)_4 + 3H_2O \rightarrow H_2SiO_3 \downarrow + 4C_2H_5OH$
3滴 碳酸二乙酯 + 3滴 6 mol/L $NH_3 \cdot H_2O$ + 3滴 CH_3CH_2OH	无明显变化	$C_2H_5OC(=O)C_2H_5 + H_2O \rightarrow 2C_2H_5OH + CO_2 \uparrow$
45°C 水浴加热 10 min + 5滴饱和 $Ca(OH)_2$	③中溶解了少许沉淀	$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$
3、酸性条件下的水解		
3滴 硅酸四乙酯 + 3滴 6 mol/L HCl + 3滴 CH_3CH_2OH	无明显现象	$Si(OC_2H_5)_4 + 3H_2O \rightarrow H_2SiO_3 \downarrow + 4C_2H_5OH$
45°C 水浴加热 10 min	形成白色胶状沉淀	酸性条件下硅酸四乙酯水解生成硅酸
(三) Ti(III)化合物的生成及 Ti(III)、Sn(II)的还原性		
1、Ti(III)化合物的生成和还原性		
* 1小粒 Zn 粒 + 20滴 $TiOSO_4$ 0.5 M	溶液变为紫色 有气泡产生	$2TiO^{2+} + Zn + 4H^+ \rightarrow 2Ti^{3+} + Zn^{2+} + 2H_2O$ $Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2 \uparrow$
* 上层液 + 0.1 mol/L $FeCl_3$	溶液颜色变浅至无色	$Ti^{3+} + Fe^{3+} \rightarrow Ti^{4+} + Fe^{2+}$
* 上层液 + 0.1 mol/L $CuCl_2$	溶液变为白色	$2Ti^{3+} + Cu^{2+} \rightarrow 2Ti^{4+} + Cu \downarrow$
结论: $Ti(III)$ 具有强还原性, 能将 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 还原。		
2、Sn(II)的还原性		
10滴 0.1 mol/L $SnCl_2$ + 10滴 0.1 mol/L $FeCl_3$	溶液由黄色变为浅绿色	$Sn^{2+} + 2Fe^{3+} \rightarrow Sn^{4+} + 2Fe^{2+}$
结论 $Sn(II)$ 具有还原性, 能将 Fe^{3+} 还原		

(四) Ti(IV)的鉴定及过氧钛酸的生成

1、Ti(IV)的鉴定		
2滴 0.5 mol/L $TiOSO_4$ + 1滴 6% H_2O_2	溶液变为棕红色	$TiO^{2+} + H_2O_2 \rightarrow TiO_2^{2+} + H_2O$
振荡 + 1~2滴 6 mol/L $NH_3 \cdot H_2O$	产生白色沉淀	$TiO_2^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O \rightarrow H_2Ti(OH)_4 \downarrow + 2NH_4^+$

SIGNATURE/签字

DATE/日期

Title/标题 实验八 IVB 族(Ti)和 IVA 族(Si、C、Sn)元素性质的比较

8 班 12 号

Name/姓名 王天一 Student ID/学号 2023511044 Date/日期 2024/11/01 页码 3

四、思考题

1、比较钛酸酯、硅酸酯和碳酸酯的水解规律。

钛酸酯在水中就能迅速水解,即使在中性条件下,也能发生明显的水解反应:

硅酸酯在中性条件下水解较小,需要在加热和碱性,酸性条件下才能加速水解。

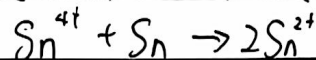
碳酸酯水解反应要求最为苛刻,主要在强酸性条件下水解才有所加快。

2、根据氯化亚锡的性质,请简述配制氯化亚锡的过程、解释原因并写出相应的方程式。

①.将金属锡放入适量的稀盐酸(HCl)中,加热使其充分反应,生成氯化亚锡溶液: $\text{Sn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{SnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$

②.在溶液中加入少量的浓盐酸,原因: Sn^{2+} 离子具有较强的还原性,容易被氧化成 Sn^{4+} ,加入过量的 Cl^- 可与 Sn^{2+} 形成稳定的配合物 SnCl_4^{2-} ,降低其被氧化的可能性。 $\text{Sn}^{2+} + 4\text{Cl}^- \rightarrow \text{SnCl}_4^{2-}$

③.将溶液冷却后,过滤除去未溶解的杂质,为进一步防止氧化,可以在溶液中加入少量的金属锡粒,并将溶液储存在密封的棕色瓶中避光保存。原因:金属锡可以作为还原剂,将可能生成的 Sn^{4+} 还原为 Sn^{2+} ,维持溶液的稳定性。方程式: $2\text{Sn}^{2+} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Sn}^{4+} + 4\text{OH}^-$;



五、讨论

在实验(三)中,将含 Ti(IV) 的溶液与氯化铜混合时,期望现象为有红色物质(Cu)析出,但此现象并未在实验中被观察到,反而可明显观察到溶液变白,原因分析如下:

Ti(IV) 溶液与 CuCl_2 混合时, Cu(II) 先被还原为 Cu(I) ,而 Cu(I) 在溶液中不稳定,特别是在含有 Cl^- 的溶液中,会发生反应: $\text{Cu}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{CuCl} \downarrow$,而 CuCl 是白色不溶性的沉淀。

即:在高氯离子环境中,比起被进一步还原为铜单质(或发生自身的歧化反应), Cu(I) 更倾向于和 Cl^- 结合,成为白色的 CuCl 沉淀,使溶液呈现白色乳浊状。

若想观察到铜单质的析出,可以选择改用其它铜盐(如 CuSO_4)或降低所用的氯离子浓度。