

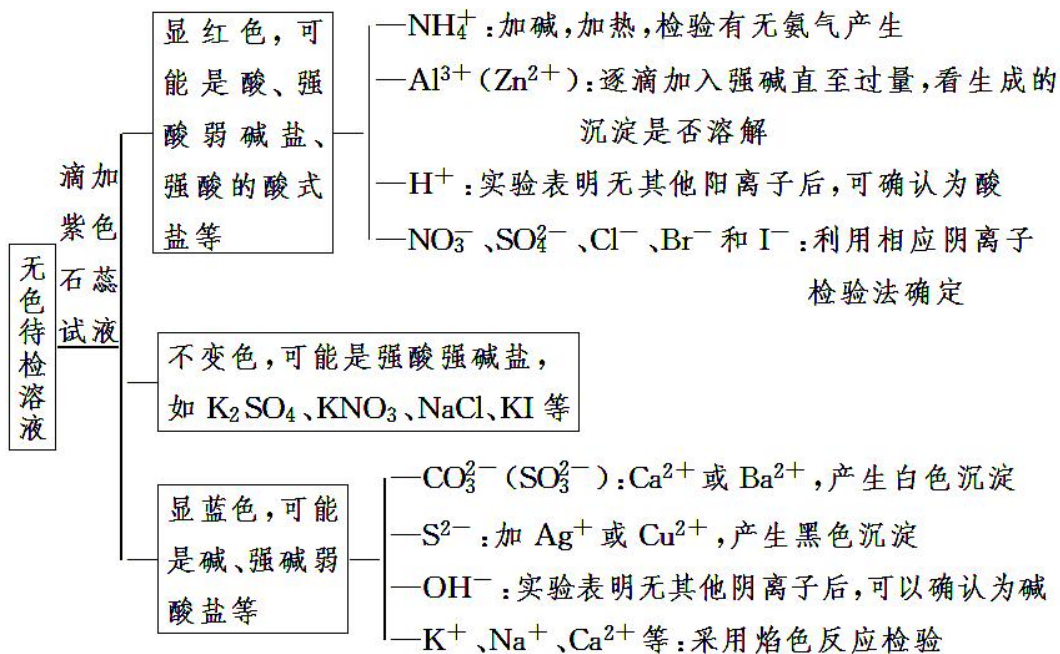


## 离子检验

日期: \_\_\_\_\_ 时间: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_ Time: \_\_\_\_\_ Name: \_\_\_\_\_



### 初露锋芒



<b>学习目标</b> & <b>重难点</b>	1、理解常见的阴、阳离子的鉴定原理、方法, 学会阴阳离子的鉴定操作。 2、学会单一盐类物质的鉴定方法和操作。 3、学会多种物质的鉴别方法和操作。
	1、常见阴阳离子的鉴定原理和方法。 2、多种物质的鉴别方法和操作。



## 根深蒂固

### 一、常见离子的检验方法

根据离子性质不同而在实验中所表现出的现象不同，可把检验离子的方法归纳为三种类型：①生成沉淀；②生成气体；③显现特殊颜色。

#### 1. 阳离子

离子	试剂	现象	化学方程式(或离子方程式)
H <sup>+</sup>	①紫色石蕊试液 ②pH 试纸 ③锌片	①石蕊变红 ②pH<7 ③有无色无味气体产生	$\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$
K <sup>+</sup>	铂丝(或镍铬丝代替)	在无色火焰上灼烧，火焰呈 _____ (透过蓝色钴玻璃)	
Na <sup>+</sup>	铂丝(或镍铬丝代替)	在无色火焰上灼烧，火焰呈 _____	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
Ag <sup>+</sup>	盐酸或可溶性盐酸溶液，稀硝酸	有白色沉淀生成，该沉淀不溶于稀硝酸	$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$
Ba <sup>2+</sup>			
Fe <sup>3+</sup>			
Fe <sup>2+</sup>			
Al <sup>3+</sup>			
Mg <sup>2+</sup>	氢氧化钠溶液	产生白色沉淀，此沉淀不溶于过量的氢氧化钠沉淀	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$
Cu <sup>2+</sup>	氢氧化钠溶液	生成蓝色絮状沉淀	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$

【答案】浅紫色 黄色  $\text{NH}_4^+$ : 浓氢氧化钠溶液和湿润的红色石蕊试纸 加热后有刺激性气味的气体逸出, 能使石蕊试纸变蓝  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

$\text{Ba}^{2+}$ : 稀硫酸或可溶性硫酸盐溶液, 稀硝酸 有白色沉淀生成, 该沉淀不溶于稀硝酸  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$

$\text{Fe}^{3+}$ : 硫氰化钾溶液 溶液呈红色  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$

$\text{Fe}^{2+}$ : 氢氧化钠溶液 生成白色絮状沉淀, 此沉淀迅速变为灰绿色, 最后变成红褐色



$\text{Al}^{3+}$ : 氢氧化钠溶液 氢氧化钠溶液较少时产生白色沉淀, 过量后沉淀消失



## 2. 阴离子

离子	试剂	现象	离子方程式 (或化学方程式)
$\text{OH}^-$	①无色酚酞试液 ②pH 试纸 ③紫色石蕊试液	①酚酞试液变红 ②pH>7 ③石蕊变蓝	
$\text{Cl}^-$	硝酸银溶液, 稀硝酸	白色沉淀, 不溶于稀硝酸	$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$
$\text{Br}^-$			
$\text{I}^-$			
$\text{S}^{2-}$			
$\text{NO}_3^-$			
$\text{SO}_4^{2-}$	盐酸, 氯化钡溶液	加盐酸时无明显现象, 再加氯化钡溶液后产生白色沉淀	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$
$\text{SO}_3^{2-}$			
$\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$	盐酸, 澄清石灰水	产生能使澄清石灰水变浑浊的无色无味的气体	$2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3\downarrow$

【答案】Br<sup>-</sup>: ①硝酸银溶液, 稀硝酸

②氯水、四氯化碳

①淡黄色沉淀, 不溶于稀硝酸

②分层, 四氯化碳层呈棕红色



I<sup>-</sup>: ①硝酸银溶液, 稀硝酸

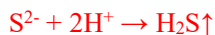
②淀粉溶液, 氯水

①黄色沉淀, 不溶于稀硝酸

②溶液呈蓝色

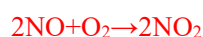
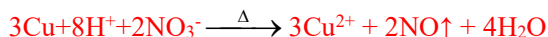


S<sup>2-</sup>: 稀硫酸, 湿润的醋酸铅试纸 有无色臭鸡蛋气味的气体逸出, 能使醋酸铅试纸变黑色



NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 浓硫酸和铜片

加热后试管口生成红棕色有刺激性气味的气体, 溶液呈蓝色



SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>: 稀硫酸, 品红溶液

产生能使品红溶液褪色的气体, 加热后红色恢复



【思考 1】向某溶液中, 加入 BaCl<sub>2</sub> 溶液后生成白色沉淀, 再加入稀盐酸沉淀不消失, 能否判断 溶液中存在 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>?

答案: 不能, 若溶液中存在 Ag<sup>+</sup>, 也有相同的现象发生。

【思考 2】向某溶液中滴入 BaCl<sub>2</sub> 溶液, 产生白色沉淀, 再加入稀 HNO<sub>3</sub>, 白色沉淀不溶解, 能否确定溶液中一定存在 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>?

答案: 不能, 若溶液中存在 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>和 Ag<sup>+</sup>, 也有相同现象。

【思考 3】向某溶液中加入 Ca(OH)<sub>2</sub> 溶液, 有白色沉淀生成, 能否判断溶液中一定存在 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>?

答案: 不能, 若溶液中存在 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 也有相同的现象。

【思考 4】向某溶液中滴入稀盐酸, 产生能使澄清石灰水变浑浊的气体, 能否判断溶液中一定 存在 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>?

答案: 不能, 若溶液中存在 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 也有相同的现象。

【思考 5】向某溶液中加入稀 NaOH 溶液, 把湿润无色酚酞试纸放在试管口, 试纸不变红, 则 溶液中一定不存在 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 该判断是否正确? 为什么?

答案: 判断错误, 检验 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>时, 应加入浓 NaOH 溶液, 并加热, 且用湿润的红色石蕊试纸。

【思考 6】向某溶液中滴加氯水, 再加入 KSCN 溶液, 溶液变红色, 则溶液中一定存在 Fe<sup>2+</sup>, 该判断是否正确? 为什么?

答案: 判断错误, 检验 Fe<sup>2+</sup>时, 应先加 KSCN, 再加氯水, 否则, Fe<sup>3+</sup>干扰结果的判断。

## 二、方法总结

### 1. 限用一种试剂鉴别物质的题目的一般思路是：

若待测物质的酸碱性不同时，可考虑选用酸碱指示剂或 pH 试纸法；若要鉴别含有相同阴离子的多种物质，常用碱液法；若要鉴别含有相同阳离子的多种物质，常用酸液法；若要鉴别不同阳离子、阴离子的多种物质，可用盐溶液法。

①用酸碱指示剂鉴别时，一般用于不超过三种物质的鉴别，且它们的酸碱性不同。

②用碱液法鉴别的多种阳离子： $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^+$ 等。

③用酸液法鉴别的多种阴离子： $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 等

④用盐溶液法，通常选用的盐溶液是： $\text{Na}_2\text{S}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{AgNO}_3$ 等

### 2. 不另用试剂鉴别物质的题目的解题方法一般有如下四种：

#### (1) 分步鉴别法：

根据待检物质中的显著外观特征（如颜色）做第一步鉴别，先识别一种物质，然后再利用此物质做试剂鉴别其余的几种待测物质。

#### (2) 两两混合法：

当待检物质无法从外观特征识别时，则各取少量溶液逐一地两两混合，根据相互反应的现象，经过分析综合，推断出鉴别的结果。

【练一练】（双选）下列各组溶液，不用其他试剂就可以将它们区分开来的是（      ）

- A. 盐酸、氢氧化钠溶液、碳酸钠溶液、硫酸钠溶液
- B. 盐酸、硝酸银溶液、氢氧化钠溶液、硝酸钠溶液
- C. 氢氧化钠溶液、硫酸镁溶液、碳酸钠溶液、硫酸氢钠溶液
- D. 氯化钡溶液、硫酸钠溶液、氯化钙溶液、硝酸钙溶液

【答案】BC

#### (3) 加热法：

根据被鉴别物质加热后不同的现象加以鉴别。

#### (4) 相互滴加法：

利用两种物质之间量的关系不同呈现不同现象加以鉴别。例鉴别  $\text{AlCl}_3$  和  $\text{NaOH}$  两种无色溶液时，即可采用互相滴加法进行判断。

【练一练】只用胶头滴管和试管，不用其他试剂就可以区别的溶液(浓度均为  $0.1\text{mol/L}$ )是 ( )

- A.  $\text{NaCl}_2$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$                       B. 稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$   
C.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  和  $\text{NaHCO}_3$                   D.  $\text{NaAlO}_2$  和 盐酸

【答案】BD

3. 在推断混合溶液中肯定存在或肯定不存在的离子时，要注意以下几点：

(1) 溶液是否有颜色。

某些离子在溶液中有特殊的颜色： $\text{Fe}^{3+}$ -\_\_\_\_\_； $\text{Fe}^{2+}$ -\_\_\_\_\_；  
 $\text{Cu}^{2+}$ -\_\_\_\_\_； $\text{MnO}_4^-$ -\_\_\_\_\_

(2) 溶液的酸碱性。

从溶液的酸碱性情况可以判断某些离子是否存在。

强酸溶液中不可能大量存在的离子有：\_\_\_\_\_等离子。

强碱溶液中不可能大量存在的离子有：\_\_\_\_\_等离子。

(3) 在判断肯定存在的离子后，再排除跟该离子在溶液中不可能共存的离子。

【答案】棕黄色      浅绿色      蓝色      紫红色

$\text{S}^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 和  $\text{AlO}_2^-$

$\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$



## 枝繁叶茂

## 知识点 1: 排除干扰, 确定离子

【例 1】关于某无色溶液中所含离子的鉴别, 下列判断正确的是 ( )

- A. 加入  $\text{AgNO}_3$  溶液, 生成白色沉淀, 加稀盐酸沉淀不溶解时, 可确定有  $\text{Cl}^-$  存在  
B. 通入  $\text{Cl}_2$  后, 溶液变为深黄色, 加入淀粉溶液后溶液变蓝, 可确定有  $\text{I}^-$  存在  
C. 加入  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液, 生成白色沉淀, 加稀盐酸后沉淀不溶解时, 可确定有  $\text{SO}_4^{2-}$  存在  
D. 加入稀盐酸, 生成的气体能使澄清石灰水变浑浊, 可确定有  $\text{CO}_3^{2-}$  存在

【难度】★【答案】B

【解析】盐酸中  $\text{Cl}^-$  能与  $\text{Ag}^+$  形成不溶于稀盐酸的白色沉淀, A 错;  $\text{I}_2$  遇淀粉变蓝, 通入  $\text{Cl}_2$  后, 溶液变为深黄色, 加入淀粉溶液后溶液变蓝, 则溶液中有  $\text{I}^-$  存在, B 对;  $\text{SO}_3^{2-}$  与  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  反应形成  $\text{BaSO}_3$  沉淀, 加入稀盐酸后在  $\text{H}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$  的作用下可转化为  $\text{BaSO}_4$  沉淀, C 错; 能使澄清石灰水变浑浊的气体是  $\text{CO}_2$  或  $\text{SO}_2$ , 原溶液中可能存在的离子是  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$  或  $\text{HSO}_3^-$ , D 错。

变式 1: 向四支试管中分别加入少量不同的无色溶液进行如下操作, 结论正确的是 ( )

	操作	现象	结论
A	滴加 $\text{BaCl}_2$ 溶液	生成白色沉淀	原溶液中有 $\text{SO}_4^{2-}$
B	滴加氯水和 $\text{CCl}_4$ , 振荡、静置	下层溶液显紫色	原溶液中有 $\text{I}^-$
C	用洁净铂丝蘸取溶液进行焰色反应	火焰呈黄色	原溶液中有 $\text{Na}^+$ , 无 $\text{K}^+$
D	滴加稀 $\text{NaOH}$ 溶液, 将湿润红色石蕊试纸置于试管口	试纸不变蓝	原溶液中无 $\text{NH}_4^+$

【难度】★★【答案】B

【解析】本题主要考查常见离子的鉴别, 意在考查学生的实验能力。A 项加入  $\text{BaCl}_2$  溶液得到白色沉淀, 原溶液中可能含有  $\text{SO}_4^{2-}$  或  $\text{SO}_3^{2-}$  或  $\text{Ag}^+$ ; B 项溶于  $\text{CCl}_4$  呈紫色的为  $\text{I}_2$ , 即原溶液中含有  $\text{I}^-$ ; C 项观察  $\text{K}^+$  的焰色反应应透过蓝色钴玻璃, 排除  $\text{Na}^+$  的干扰; D 项应加入浓  $\text{NaOH}$  溶液, 且需要加热, 故无法确定是否含有  $\text{NH}_4^+$ 。

变式 2: 下列叙述中正确的是 ( )

- ①能使润湿的淀粉-KI 试纸变成蓝色的物质一定是  $\text{Cl}_2$   
②某溶液加入  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CCl}_4$  层显紫色, 证明原溶液中存在  $\text{I}^-$   
③某溶液加入  $\text{BaCl}_2$  溶液, 产生不溶于稀硝酸的白色沉淀, 该溶液一定含有  $\text{Ag}^+$
- A. ①②③                      B. ①②                      C. ②③                      D. 无

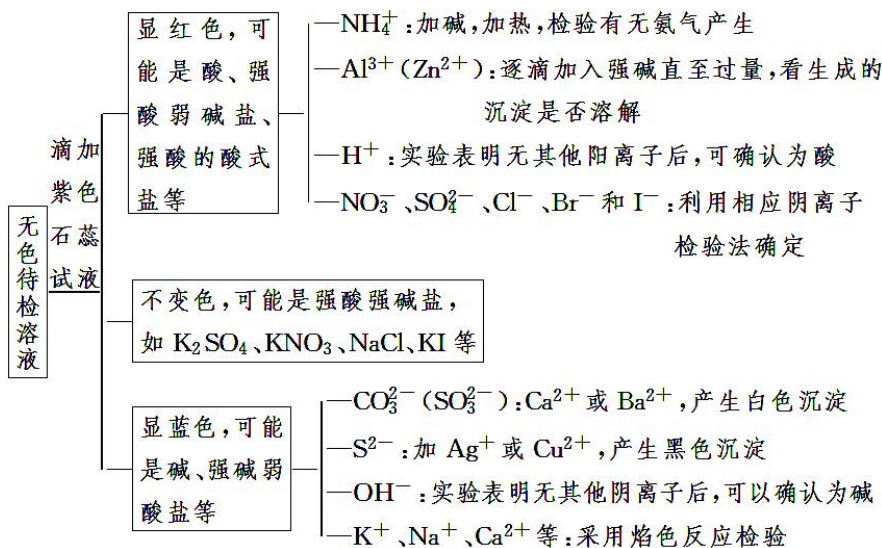
【难度】★★【答案】D

【解析】①其他物质如  $\text{NO}_2$ 、 $\text{Br}_2$  也可以把  $\text{I}^-$  氧化成  $\text{I}_2$ 。②能使  $\text{CCl}_4$  层显紫色的物质是  $\text{I}_2$ , 不一定是  $\text{I}^-$ 。③ $\text{SO}_4^{2-}$  干扰  $\text{Ag}^+$  的检验。



## 【方法提炼】

无色溶液中离子检验的一般思路：



## 知识点 2：离子组成推断题

【例 2】某无色溶液中只可能含有①Na<sup>+</sup>、②Ba<sup>2+</sup>、③Cl<sup>-</sup>、④Br<sup>-</sup>、⑤SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、⑥SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>中的若干种(忽略水电离出的 H<sup>+</sup>、OH<sup>-</sup>)，依次进行下列实验，且每步所加试剂均过量，观察到的现象如下：

步骤	操作	现象
(1)	用 pH 试纸检验	溶液的 pH 大于 7
(2)	向溶液中滴加氯水，再加入 CCl <sub>4</sub> 振荡，静置	CCl <sub>4</sub> 层呈橙色
(3)	向所得水溶液中加入 Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 溶液和稀 HNO <sub>3</sub>	有白色沉淀产生
(4)	过滤，向滤液中加入 AgNO <sub>3</sub> 溶液和稀 HNO <sub>3</sub>	有白色沉淀产生

下列结论正确的是 ( )

- A. 肯定含有的离子是③④⑤      B. 肯定没有的离子是②⑤  
C. 可能含有的离子是①⑥      D. 不能确定的离子是③⑥

【难度】★★【答案】D

变式 1：某溶液中可能含有 Na<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Ba<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、I<sup>-</sup>、S<sup>2-</sup>。分别取样：①用 pH 计测试，溶液显弱酸性；②加氯水和淀粉无明显现象。为确定该溶液的组成，还需检验的离子是 ( )

- A. Na<sup>+</sup>      B. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>      C. Ba<sup>2+</sup>      D. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

【难度】★★【答案】A

【解析】因为样品溶液显弱酸性，说明原溶液中含有 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>，NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 水解显酸性，NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + H<sub>2</sub>O ⇌ NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O + H<sup>+</sup>；样品中加入氯水和淀粉无明显现象，说明原溶液中不含 I<sup>-</sup> 和 S<sup>2-</sup>，则溶液中的阴离子含有 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>，无 Ba<sup>2+</sup>，不能确定的是 Na<sup>+</sup>。



**变式 2:** 某透明溶液中可能含有  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{I}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  ( $\text{H}^+$ 、 $\text{OH}^-$  没有列出) 中的一种或几种, 为了确认溶液中离子的存在情况, 分别取等量的试液装入 5 支试管里, 做如下实验:

- ①测定溶液 pH,  $\text{pH}=2$ ;
- ②向溶液中滴加过量氢氧化钠溶液, 过滤、洗涤、灼烧、称重, 得固体质量为 3.2 g;
- ③向溶液中加入过量浓氢氧化钠溶液, 加热, 收集到气体 1.12 L(标准状况);
- ④向溶液中加入足量的氯化钡溶液, 过滤、洗涤、干燥、称重, 得固体 2.33 g;
- ⑤向溶液中加入适量浓硫酸, 再加入铜粉, 振荡溶液, 产生红棕色气体。

下列对实验结论的分析合理的是 ( )

- A. 可能存在  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$   
B. 只存在  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$   
C. 一定不存在  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{I}^-$   
D. 可能存在  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cl}^-$

【难度】★★★

【答案】D

【解析】由①⑤实验知, 溶液中一定存在大量的  $\text{H}^+$  和  $\text{NO}_3^-$ , 所以该溶液中一定不存在  $\text{I}^-$  和  $\text{Fe}^{2+}$ ; 由②知, 一定含有  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $n(\text{Fe}^{3+}) = 2 \times 3.2 \text{ g} / 160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.04 \text{ mol}$ ; 由③知,  $n(\text{NH}_4^+) = 0.05 \text{ mol}$ ; 由④知,  $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0.01 \text{ mol}$ 。根据实验现象不能确定  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cl}^-$  是否存在。根据电荷守恒原理仍然无法判断  $\text{Al}^{3+}$  和  $\text{Cl}^-$  是否存在。

#### 【方法提炼】

##### 1. 坚持“四项基本原则”, 破解离子推断题

- (1) 肯定性原则: 根据实验现象推出溶液中肯定存在或肯定不存在的离子;
- (2) 互斥性原则: 在肯定某些离子的同时, 结合离子共存规律, 否定一些离子的存在; (要注意题目中的隐含条件, 如: 酸性、碱性、指示剂的变化、与铝反应产生  $\text{H}_2$ 、水的电离情况等)
- (3) 电中性原则: 溶液呈电中性, 一定既有阳离子, 又有阴离子, 且溶液中正电荷总数与负电荷总数相等; (这一原则可帮助我们确定一些隐含的离子)
- (4) 进出性原则: 通常是在实验过程中使用, 是指在实验过程中反应生成的离子或引入的离子对后续实验的干扰。

##### 2. 电荷守恒在离子反应定量推断试题中的应用

解与离子反应有关的定量推断类试题, 需要掌握定量推断最后一种离子存在的方法: 如果多种离子共存, 且只有一种离子的物质的量未知, 可以用电荷守恒来确定最后一种离子是否存在, 即阳离子所带的正电荷总数等于阴离子所带的负电荷总数。

### 知识点 3：离子推断相关实验

【例 3】有一无色透明溶液，欲确定是否含有下列离子： $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Al^{3+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Ba^{2+}$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^-$ 、 $I^-$ 、 $HCO_3^-$ ，实验如下：

实验步骤	实验现象
(1)用玻璃棒蘸取少量该溶液，点在 pH 试纸中部	试纸变为红色
(2)取少量该溶液，加入 Cu 片和浓硫酸，加热	有无色气体产生，气体遇空气可以变成红棕色
(3)取少量该溶液，加入 $BaCl_2$ 溶液	有白色沉淀生成
(4)取(3)中反应后的上层清液，加入 $AgNO_3$ 溶液	有稳定的白色沉淀生成，且不溶于稀硝酸
(5)取少量该溶液，加入 NaOH 溶液	有白色沉淀生成，当 NaOH 过量时，沉淀部分溶解

由此判断：

(1)溶液中一定存在的离子是\_\_\_\_\_；溶液中肯定不存在的离子是\_\_\_\_\_。

(2)为了进一步确定其他离子，应该补充的实验及对应欲检验离子的名称(如为溶液反应，说明使用试剂的名称，不必写详细步骤)

\_\_\_\_\_。

【难度】★★

【答案】(1) $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Al^{3+}$   $Fe^{2+}$ 、 $HCO_3^-$ 、 $I^-$ 、 $Ba^{2+}$

(2) $K^+$ 的检验可以用焰色反应； $Cl^-$ 的检验：向溶液中加入足量的  $Ba(NO_3)_2$  溶液，过滤后向滤液中加入  $AgNO_3$  溶液，再加稀硝酸，白色沉淀不溶解，可证明有  $Cl^-$  存在

【解析】(1)pH 试纸变红，说明溶液显酸性， $HCO_3^-$  不能大量存在；(2)步说明有  $NO_3^-$ ，在酸性条件下  $NO_3^-$  有强氧化性，因此还原性的离子  $Fe^{2+}$ 、 $I^-$  就不能大量存在；(3)步说明有  $SO_4^{2-}$ ， $Ba^{2+}$  就不能大量存在；(4)步不能说明有  $Cl^-$ ，因为(3)中引入了  $Cl^-$ ；(5)步说明有  $Mg^{2+}$  和  $Al^{3+}$ 。

**变式 1:** 有 M、N 两种溶液, 经测定这两种溶液中含有下列 12 种离子:  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{AlO}_2^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{H}^+$ 。

(1) 完成下列表格中实验①的结论和实验②的实验内容以及现象:

实验内容以及现象	结论
①取少量 N 溶液滴加足量的硝酸钡溶液, 无沉淀产生	
②	确定 M 溶液中含有 $\text{Na}^+$ , 不含 $\text{K}^+$
③用 pH 试纸检测 M 溶液, pH 试纸呈蓝色	

(2) 根据(1)中的实验回答:

$\text{NO}_3^-$  存在于 \_\_\_\_\_ 溶液中, 理由是 \_\_\_\_\_;

$\text{Cl}^-$  存在于 \_\_\_\_\_ 溶液中, 理由是 \_\_\_\_\_。

(3) 根据(1)中的实验确定, M 溶液中含有的离子为 \_\_\_\_\_。

【难度】★★★

【答案】(1)①N 溶液中不含  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  或 M 溶液中一定含有  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$

②取 M 溶液进行焰色反应, 焰色为黄色, 再透过蓝色钴玻璃观察火焰颜色, 不呈紫色

(2)M N 溶液中含有  $\text{H}^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ , 由于 N 溶液为酸性, 又含有  $\text{Fe}^{2+}$ , 所以 N 溶液中不含  $\text{NO}_3^-$

N 根据溶液呈电中性原则, 可以确定  $\text{Cl}^-$  存在于 N 溶液中

(3) $\text{OH}^-$ 、 $\text{AlO}_2^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$

【解析】少量 N 溶液中滴加足量的硝酸钡溶液, 无沉淀产生, 说明 N 溶液中不含  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ , 那么 M 溶液中一定含有  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 。取 M 溶液进行焰色反应, 焰色为黄色, 证明含有  $\text{Na}^+$ , 再透过蓝色钴玻璃观察火焰颜色, 不呈紫色, 说明 M 中不含  $\text{K}^+$ ; 用 pH 试纸检测 M 溶液, pH 试纸呈蓝色, 说明 M 溶液显碱性, 含有大量的  $\text{OH}^-$ , 那么 N 溶液中含有大量的  $\text{H}^+$ 。 $\text{AlO}_2^-$  不可能存在于酸性溶液中,  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$  不可能存在于碱性溶液中, 所以判断 M 溶液中有  $\text{OH}^-$ 、 $\text{AlO}_2^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 。N 溶液中含有  $\text{H}^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 。由于 N 溶液为酸性, 又含有  $\text{Fe}^{2+}$ , 所以 N 溶液中不含  $\text{NO}_3^-$ , 根据溶液呈电中性原则, 可以确定  $\text{Cl}^-$  存在于 N 溶液中。

【方法提炼】

离子检验实验操作的答题模板

操作  $\Rightarrow$  现象  $\Rightarrow$  结论

取样, 加入……  $\Rightarrow$  有……生成  $\Rightarrow$  ……的是……

例如: 检验某溶液中含有  $\text{Fe}^{2+}$  而不含  $\text{Fe}^{3+}$  的方法是取适量溶液于洁净的试管中, 滴加几滴 KSCN 溶液, 不显血红色, 再向溶液中滴加几滴  $\text{H}_2\text{O}_2$  (或新制氯水), 溶液变为血红色, 说明溶液中含有  $\text{Fe}^{2+}$  而不含  $\text{Fe}^{3+}$ 。



## 瓜熟蒂落

- 不用任何试剂不能鉴别出来的物质组别是 ( )  
 A. 碳酸钠溶液和盐酸  
 B. 偏铝酸钠和硝酸  
 C. 氯化钡溶液和硫酸钠溶液  
 D. 氯化铝溶液和氢氧化钠  
**【难度】★【答案】C**
- 下列反应,其产物的颜色按红、红褐、淡黄、蓝色顺序排列的是①金属钠在纯氧中燃烧  
 ② $\text{FeSO}_4$  溶液中滴入  $\text{NaOH}$  溶液      ③ $\text{FeCl}_3$  溶液中滴入  $\text{KSCN}$  溶液      ④无水硫酸铜放入医用酒精中  
 ( )  
 A. ②③①④      B. ③②①④      C. ③①②④      D. ①②③④  
**【难度】★★【答案】B**
- 下列各组溶液,只要用试管和胶头滴管,不用任何试剂就可以鉴别的是 ( )  
 A.  $\text{KOH}$  和  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$   
 B. 稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{NaHCO}_3$   
 C.  $\text{CaCl}_2$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$   
 D.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  和  $\text{NaHSO}_4$   
**【难度】★★【答案】A**
- 对某酸性溶液(可能含有  $\text{Br}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_3$ )分别进行如下实验:①加热时放出的气体可以使品红溶液褪色;②加碱调至碱性后,加热时放出的气体可以使湿润的红色石蕊试纸变蓝;③加入氯水后,溶液略显黄色,再加入  $\text{BaCl}_2$  溶液,产生的白色沉淀不溶于稀硝酸。对于下列离子或物质不能确认其在原溶液中是否存在的是 ( )  
 A.  $\text{Br}^-$       B.  $\text{SO}_4^{2-}$       C.  $\text{H}_2\text{SO}_3$       D.  $\text{NH}_4^+$   
**【难度】★★【答案】B**
- 某溶液中可能含有  $\text{K}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{I}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 。分别取样:①用  $\text{pH}$  计测试,溶液显弱酸性;②加氯水和  $\text{CCl}_4$  振荡后静置,下层呈无色。为确定该溶液的组成,还需检验的离子是 ( )  
 A.  $\text{K}^+$       B.  $\text{SO}_4^{2-}$       C.  $\text{Ba}^{2+}$       D.  $\text{NH}_4^+$   
**【难度】★★**  
**【答案】A**  
**【解析】**根据①可知溶液中不含  $\text{CO}_3^{2-}$ ;根据②可知溶液中不含  $\text{I}^-$ ;溶液中至少要含有一种阴离子,即  $\text{SO}_4^{2-}$ 。 $\text{SO}_4^{2-}$  与  $\text{Ba}^{2+}$  不能大量共存,则不含  $\text{Ba}^{2+}$ 。溶液呈弱酸性,则含有  $\text{NH}_4^+$ 。只有  $\text{K}^+$  不能确定,还需要加以检验。

6. 某含有  $\text{Na}^+$  的澄清溶液中, 可能还含有  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{I}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$  六种离子中的几种。将该溶液进行如下实验: ①滴加足量的新制氯水, 有气泡生成, 溶液变黄色; ②向“①”中所得溶液中加入  $\text{BaCl}_2$  溶液, 无沉淀生成; ③向“①”中所得溶液中加入淀粉溶液, 不显蓝色。依据上述实验事实推断该溶液中 ( )

- A. 一定存在  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$                       B. 一定呈碱性  
C. 一定不存在  $\text{I}^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$                       D. 一定存在  $\text{NH}_4^+$

【难度】★★【答案】C

【解析】加入新制氯水, 有气泡产生, 溶液变成黄色, 可能存在  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Br}^-$  或  $\text{I}^-$ , 并结合操作 ③ 可知一定不存在  $\text{I}^-$ , 有气泡产生, 溶液中可能存在  $\text{CO}_3^{2-}$  或  $\text{SO}_3^{2-}$ , 结合操作②可知溶液中一定不存在  $\text{SO}_3^{2-}$ 。

7. 下列有关离子检验的操作和实验结论都正确的是 ( )

选项	实验操作及现象	实验结论
A	向某溶液中加入氯化钡溶液, 有白色沉淀生成, 再加盐酸酸化, 沉淀不溶解	该溶液中一定含有 $\text{SO}_4^{2-}$
B	向某溶液中同时加入几滴 $\text{KSCN}$ 溶液和少量新制的氯水, 溶液变为血红色	该溶液中一定含有 $\text{Fe}^{2+}$
C	向某溶液中加入稀盐酸, 产生能使澄清石灰水变浑浊的无色气体	该溶液中一定含有 $\text{CO}_3^{2-}$
D	向某溶液中加入 $\text{NaOH}$ 并微热, 产生能够使湿润的红色石蕊试纸变蓝的无色气体	该溶液中一定含有 $\text{NH}_4^+$

【难度】★★【答案】D

【解析】A 项溶液中也可能含有  $\text{Ag}^+$ ; B 项溶液中不一定含有  $\text{Fe}^{2+}$ , 确定有  $\text{Fe}^{2+}$  的操作及现象: 加  $\text{KSCN}$  溶液, 溶液不变血红, 再加新制的氯水, 溶液变为血红色; C 项溶液中可能含有  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{HSO}_3^-$  中的一种或几种。

8. 甲、乙、丙、丁四种易溶于水的物质, 分别由  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  中的不同阳离子和阴离子各一种组成。已知: ①将甲溶液分别与其他三种物质的溶液混合, 均有白色沉淀生成; ② $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  乙溶液中  $c(\text{H}^+) > 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; ③向丙溶液中滴入  $\text{AgNO}_3$  溶液有不溶于稀  $\text{HNO}_3$  的白色沉淀生成。下列结论不正确的是 ( )

- A. 甲溶液含有  $\text{Ba}^{2+}$                       B. 乙溶液含有  $\text{SO}_4^{2-}$   
C. 丙溶液含有  $\text{Cl}^-$                       D. 丁溶液含有  $\text{Mg}^{2+}$

【难度】★★★★【答案】D

【解析】能与其他三种物质的溶液产生白色沉淀的只可能是  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , 故甲为  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , 根据②可知乙是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 根据③可知丙的阴离子是  $\text{Cl}^-$ , 甲与丙能产生白色沉淀, 则丙为  $\text{MgCl}_2$ , 丁为  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , 所以 D 错误。

9. 现有一固体混合物,可能含有  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{KOH}$ 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  中的几种,现进行如下试验:

(1) 取固体混合物溶于水,得无色澄清溶液,未嗅到刺激性气味。

(2) 向溶液中加入  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液,产生白色沉淀,再加入过量稀  $\text{HNO}_3$  振荡后,白色沉淀有部分溶解。

由此可知,混合物中肯定存在\_\_\_\_\_,肯定不存在\_\_\_\_\_,可能存在\_\_\_\_\_,对可能存在的物质,可通过\_\_\_\_\_的实验可以确证。

【难度】★★【答案】 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  和  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ;  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{KOH}$  和  $\text{CaCl}_2$ ;  $\text{NaCl}$ ; 焰色反应

10. 某无色溶液中可能由  $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Br}^-$  这几种离子中的若干种组成,依次进行下列实验,观察到的现象如下:

①用 pH 试纸检验,溶液的  $\text{pH} > 7$ 。

②向溶液中滴加氯水无气体产生,再加入  $\text{CCl}_4$  振荡,静置,  $\text{CCl}_4$  层显橙色,用分液漏斗分液。

③向分液后所得的水溶液中加入  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  和  $\text{HNO}_3$  的混合溶液,只有白色沉淀产生,过滤。

④在滤液中加入  $\text{AgNO}_3$  和  $\text{HNO}_3$  的混合溶液,有白色沉淀产生。

回答下列问题:

(1) 原溶液中肯定有的离子是\_\_\_\_\_,肯定没有的离子是\_\_\_\_\_。

(2) 分液漏斗中的上层液体如何转移到烧杯中?

\_\_\_\_\_。

(3) 若步骤③改用  $\text{BaCl}_2$  和  $\text{HCl}$  的混合溶液,对判断(1)的结论有无影响?

\_\_\_\_\_。

(4) 写出步骤②发生的离子方程式:\_\_\_\_\_。

【难度】★★【答案】(1)  $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{Na}^+$ ;  $\text{CO}_3^{2-}$

(2) 将分液漏斗中的下层液体从下部全部放出去后,立即关闭活塞,上层溶液从分液漏斗的上口倒入烧杯中。

(3) 无影响。

(4)  $\text{SO}_3^{2-} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}^+$        $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$

11. 工业上用电解饱和食盐水生产氢氧化钠,因而氢氧化钠中常含有氯化钠杂质。由于氢氧化钠易吸收空气中的二氧化碳而可能混有碳酸钠。为了确定某烧碱样品中含有杂质,进行了如下实验。

(1) 取一定质量的烧碱样品,用蒸馏水溶解。不用天然水而用蒸馏水的原因是\_\_\_\_\_。

(2) 在(1)所得的溶液中加入稍过量  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液,产生白色沉淀,说明原样品中存在\_\_\_\_\_,反应的离子方程式\_\_\_\_\_,用  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液而不用  $\text{BaCl}_2$  溶液的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 将(2)中所得的混合液过滤,在滤液中滴加  $\text{HNO}_3$  溶液至酸性。加入  $\text{HNO}_3$  溶液的目的是\_\_\_\_\_,要确证样品中存在  $\text{NaCl}$  的方法是\_\_\_\_\_。



\_\_\_\_\_，现象是\_\_\_\_\_，反应的离子方程式\_\_\_\_\_。

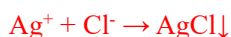
(4) 若要确定样品中存在氢氧化钠，能否在所得的样品溶液中直接滴加酚酞试液\_\_\_\_\_（填“能”或“不能”），理由是\_\_\_\_\_。

【难度】★★

【答案】(1) 天然水中含有  $\text{Cl}^-$ ，影响检验杂质  $\text{NaCl}$ 。

(2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ， $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{BaCO}_3\downarrow$ ； $\text{BaCl}_2$  中含有  $\text{Cl}^-$ ，影响  $\text{NaCl}$  的检验

(3) 将溶液酸化，使  $\text{NaOH}$  不干扰  $\text{NaCl}$  的检验；再加入  $\text{AgNO}_3$  溶液；产生白色沉淀；



(4) 不能； $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液也呈碱性，遇酚酞变红色，这样就无法确定样品中是否含有  $\text{NaOH}$ 。

12. 某河道两旁有甲、乙两厂，它们排放的工业废水中，含有  $\text{K}^+$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  共六种离子。

甲厂的废水明显呈碱性，故甲厂废水中所含的三种离子是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

乙厂的废水中含有另外三种离子。如果加一定量的\_\_\_\_\_（选填“活性炭”、“硫酸亚铁”或“铁粉”），可以回收其中的金属\_\_\_\_\_（填写金属元素符号）。

另一设想是将甲厂和乙厂的废水按适当的比例混合，可以使废水中的\_\_\_\_\_（填写离子符号）转化为沉淀，经过过滤后的废水主要含有\_\_\_\_\_，可用来浇灌农田。

【难度】★★★★

【答案】 $\text{OH}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+$ ；铁粉； $\text{Ag}$ ； $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ ； $\text{KNO}_3$

13. 四只试剂瓶中分别盛装有  $\text{NaNO}_3$  溶液、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液和  $\text{NaCl}$  溶液，就如何检验这四种溶液填写下列空白。

在四支试管中分别取四种溶液各 1mL，做下列实验。

(1) 在四支试管中分别滴入\_\_\_\_\_，出现\_\_\_\_\_现象的是\_\_\_\_\_，离子方程式是\_\_\_\_\_。

(2) 在剩余三支试管中分别滴入\_\_\_\_\_，出现\_\_\_\_\_现象的是\_\_\_\_\_，离子方程式是\_\_\_\_\_。

(3) 在剩余两支试管中分别滴入\_\_\_\_\_，出现\_\_\_\_\_现象的是\_\_\_\_\_，离子方程式是\_\_\_\_\_。

(4) 三次实验中都没有明显现象的是\_\_\_\_\_。

【难度】★★★★

【答案】(1)  $\text{HNO}_3$ ；产生气体； $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ； $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ ；

(2)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ；生成白色沉淀； $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ； $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$ ；

(3)  $\text{AgNO}_3$ ；生成白色沉淀； $\text{NaCl}$ ； $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$ ；

(4)  $\text{NaNO}_3$ （其他合理答案也可）



14. 由几种离子化合物组成的混合物, 含有以下离子中的若干种:  $K^+$ 、 $NH_4^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Ba^{2+}$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $CO_3^{2-}$ 。将该混合物溶于水后得无色澄清溶液, 现分别取 3 份 100mL 该溶液进行如下实验:

实验序号	实验内容	实验结果
a	加 $AgNO_3$ 溶液	有白色沉淀生成
b	加足量 $NaOH$ 溶液并加热	收集到气体 1.12L (已折算成标准状况下的体积)
c	加足量 $BaCl_2$ 溶液时, 对所得沉淀进行洗涤、干燥、称量; 再向沉淀中加足量稀盐酸, 然后干燥、称量	第一次称量读数为 6.27g, 第二次称量读数为 2.33g

试回答下列问题:

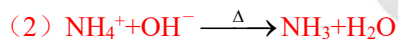
- (1) 该混合物中一定不存在的离子是\_\_\_\_\_。
- (2) 试写出实验 b 发生反应的离子方程式\_\_\_\_\_。
- (3) 溶液中一定存在的阴离子及其物质的量浓度 (可不填满):

阴离子符号	物质的量浓度 ( $mol \cdot L^{-1}$ )

- (4) 判断混合物中是否存在  $K^+$  并说明理由? \_\_\_\_\_。

【难度】★★★

【答案】(1)  $Mg^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Ba^{2+}$



(3)

阴离子符号	物质的量浓度 ( $mol \cdot L^{-1}$ )
$SO_4^{2-}$	0.1
$CO_3^{2-}$	0.2

- (4) 有, 根据确定的离子的电荷守恒可知负电荷总数多余正电荷总数, 故定有  $K^+$