

抓离子反应之全貌 察离子反应之难点

■河南 张绍康(特级教师) 赵爱雨

离子反应是必修1中的重要知识点,涉及的内容贯穿整个高中化学。主要知识点有离子方程式的书写及正误判断、离子共存、离子的检验及推断,下面逐个击破。

一、离子方程式的书写

1.离子反应的概念。有离子参与的反应称为离子反应,同学们应从两个方面来把握,一是氧化还原反应,二是非氧化还原反应。

2.离子反应的实质。参与反应的离子的物质的量减少、浓度发生改变。

3.离子反应发生的条件。有沉淀、气体、弱电解质生成。

4.离子方程式的含义。用实际参加反应的离子符号来表示反应的式子叫做离子方程式。(1)表示某一

纸,用蒸馏水润湿,粘在玻璃棒的一端,再送到盛有待测气体的容器口附近,观察到试纸呈现“×色”。

例7 用pH试纸测定某强酸溶液的pH值的操作方法为_____。

答案:将一小片pH试纸放到洁净干燥的表面皿或玻璃片上,用洁净干燥的玻璃棒蘸取该强酸溶液,点在试纸中部,等试纸变色后,与标准比色卡对比读数

3.气体的检验。根据气体的性质检验气体,可选用湿润的试纸或某种溶液。如用湿润的红色石蕊试纸可检验NH₃(试纸呈蓝色)。再如用澄清石灰水检验CO₂。

(1)检验原理:Ca(OH)₂+CO₂====CaCO₃↓+H₂O。

(2)所需试剂:澄清石灰水。

(3)答题模板:将气体通入××溶液中⇒描述现象⇒得出结论。

(4)规范描述:将无色、无味的气体通入澄清石灰水中,观察到溶液变浑浊,继续通入该气体,又变澄清,证明该无色、无味的气体是CO₂。

注意:SO₂同样也能产生上述现象,但SO₂有刺激性气味。

例8 用化学试剂检验某单一无色气体是否为SO₂的操作方法是_____。

答案:将气体通入到品红溶液中,观察到品红溶

具体反应。(2)表示同一类型的离子反应。离子方程式表示的都是离子反应,但是,离子反应不一定都能用离子方程式来表示。如实验室用氯化铵固体和氢氧化钙固体制取氨气的反应是离子反应,但不能用离子方程式表示,原因是氯化铵和氢氧化钙都是固体,反应不是在溶液中进行。某反应能写成离子方程式是因为电解质在溶液中能够电离出自由移动的离子,所以,高中阶段研究的离子反应大多是指电解质在溶液中进行的反应。通俗地讲,电解质在溶液中进行的离子反应才可以写成离子方程式。

5.离子方程式书写的步骤和方法。概括起来就是“写、拆、删、简、查”。这里着重强调“拆”的过程,同学们要把握好哪些化学式该拆,哪些化学式该保留。保留化学式的五种情况:(1)难溶性物质。

液褪色,加热后又恢复原色,证明该气体是SO₂

4.离子的检验。离子的检验通常在溶液中进行,根据其性质选择试剂,再由反应现象得出结论。如Cl⁻的检验。

(1)检验原理:Cl⁻+Ag⁺====AgCl↓。

(2)所需试剂:稀硝酸、AgNO₃溶液。

(3)规范描述:向试液中滴加用稀硝酸酸化的AgNO₃溶液,有白色沉淀生成,说明试液中含有Cl⁻。

例9 碱式碳酸铜[Cu₂(OH)₂CO₃]是一种用途广泛的化工原料,实验室以废铜屑为原料制取碱式碳酸铜的步骤如下:

步骤一:废铜屑制硝酸铜。如图4所示,用胶头滴管吸取浓硝酸缓慢加入到锥形瓶内的废铜屑中(废铜屑过量),充分反应后过滤,得到硝酸铜溶液。



图4

步骤二:碱式碳酸铜的制备。向大试管中加入碳酸钠溶液和硝酸铜溶液,水浴加热至70℃左右,用0.4 mol·L⁻¹的NaOH溶液调节至pH值为8.5,振荡、静置、过滤,用热水洗涤、烘干,得到碱式碳酸铜产品。

步骤二中的滤液中可能含有CO₃²⁻,写出检验CO₃²⁻的方法:_____。

答案:取少量滤液置于试管中,加入稀盐酸,将产生的无色、无味的气体通入澄清石灰水中,溶液变浑浊,说明滤液中含有CO₃²⁻ (责任编辑 王琼霞)

34

中学生理化·高一使用



(2)难电离的物质(对于微溶物:作为反应物,是溶液时拆,是浊液或固体时保留;作为生成物时保留)。(3)易挥发的物质(主要指气体)。(4)氧化物。(5)单质。要想把握好上述五种情况,需要同学们对物质的溶解性表、强弱电解质相关知识相当熟悉。

6.定量的离子方程式的书写。离子方程式的书写是否正确依赖于同学们对化学反应原理是否清晰明白,稍微复杂一点的离子方程式的书写,主要难点是试剂用量相对多少(含滴加顺序)导致反应产物有所不同。可以分为两种情况,即氧化还原反应和非氧化还原反应。在氧化还原反应中,要分清氧化剂、还原剂的强弱顺序及反应的先后顺序。如 FeBr_2 溶液与 Cl_2 反应,会因通入 Cl_2 的量的不同出现先后氧化的顺序,因为还原性强弱顺序为 $\text{Fe}^{2+} > \text{Br}^-$ 。非氧化还原反应这一类主要是沉淀与中和并列的反应,如 NaHSO_4 溶液与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应。这两种情况解决的共同方法是极限两端、推测中间。

例1 写出向 FeBr_2 溶液中通入 Cl_2 的离子方程式。



解析 (1)极限两端。①通入过量 Cl_2 ,足以把 Fe^{2+} 和 Br^- 完全氧化,离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{Br}^- + 3\text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 6\text{Cl}^- + \text{Br}_2$ 。②通入少量 Cl_2 (FeBr_2 过量),只能将部分或全部 Fe^{2+} 氧化, Br^- 未被氧化,离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ 。(2)推测中间。通入的 Cl_2 将 Fe^{2+} 全部氧化,将部分 Br^- 氧化,其中一种情况的离子方程式为 $4\text{Fe}^{2+} + 2\text{Br}^- + 3\text{Cl}_2 \longrightarrow 4\text{Fe}^{3+} + 6\text{Cl}^- + \text{Br}_2$ 。

例2 写出 NaHSO_4 溶液与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应的离子方程式。



解析 (1)极限两端。① $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 足量 [根据 NaHSO_4 的组成, $1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2$ 足以把 NaHSO_4 中的 H^+ 完全中和、 SO_4^{2-} 完全沉淀,并且 OH^- 还有剩余],离子方程式为 $\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。② NaHSO_4 足量(按①情况进行类似思考),离子方程式为 $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。(2)推测中间。通过上述两种情况可以看出,①②中 NaHSO_4 与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的物质的量之比分别为 $1:1$ 、 $2:1$,那么, NaHSO_4 与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的物质的量之比介于 $1:1$ 和 $2:1$ 之间的离子方程式就可以写出若干种,其中之一为 $3\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Ba}^{2+} + 3\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{BaSO}_4 \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

二、离子方程式的正误判断

1.注意反应是否在溶液中进行。离子反应是在溶液中或熔融状态时进行的反应,高中阶段凡是非

溶液中进行的反应一般不写成离子方程式。如用固体氯化钠与浓硫酸共热制取氯化氢气体的反应。

2.注意反应是否符合客观事实。离子反应要符合客观事实,不能遗漏离子反应,不可臆造产物及反应。如铁与稀硝酸反应的离子方程式写成 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ 是错误的,因为硝酸有氧化性,会将 Fe 氧化成 Fe^{3+} 。

3.注意物质是否溶于水。哪些物质是难溶于水的,哪些物质是易溶于水的,哪些物质是微溶于水的,在写离子方程式时必须清楚。难溶于水的物质必须用化学式表示,易溶于水的物质要视电解质的强弱去分析能否拆成离子形式。

4.注意电解质的强弱。强电解质在溶液中易电离,应写成离子形式;弱电解质在溶液中难电离,应写成化学式。常见的强电解质主要有强酸、强碱及绝大多数的盐,常见的弱电解质有弱酸(如 HClO 、 H_2S 等)、中强酸(如 H_3PO_4)、弱碱(如 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)、水。

5.注意浓酸处理上的异同。(1)浓硫酸的浓度约为 98% ,水的含量很少,其溶质基本上是以 H_2SO_4 分子的形式存在,所以有浓硫酸参加的反应,可以认为不是在溶液中进行的反应。如 Cu 与浓硫酸的反应。(2)浓盐酸的浓度约为 36% ,浓硝酸的浓度约为 69% ,它们在溶液中的溶质几乎完全以离子形式存在,所以在离子方程式中,浓盐酸与浓硝酸都应写成离子形式。

6.注意酸式盐中酸式酸根是否可拆分。高中阶段对常见的酸式酸根可作如下处理:酸式盐中的 HSO_4^- 在熔融状态下可写成 HSO_4^- ,在溶液中可写成 H^+ 、 SO_4^{2-} ,但 HCO_3^- 、 HS^- 、 HSO_3^- 等弱酸的酸式酸根不能拆开写。

7.注意操作顺序或反应物相对量的关系。弱酸的酸式盐与可溶性强碱发生反应时,既发生中和反应,又有沉淀生成,其特点是盐中的阳离子与碱中的阳离子价态不一致,离子方程式与滴加顺序或反应物的相对量有关。书写原则是“少定多变”,即定量的物质为 1 mol ,先中和,如果量少的物质还有剩余,再沉淀。如将少量 NaOH 溶液滴入过量 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 溶液中[或将少量 NaHCO_3 溶液滴入过量 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液中],离子方程式为 $\text{OH}^- + \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

8.注意是否遵循物质的组成原理(即物质中阴、阳离子组成配比)。对离子方程式中各物质前的化学计量数的处理必须遵循以下原则:(1)含有公约数时必须化简。(2)有些离子方程式中离子数不能任意约减,故对于反应前后无离子可抵消的反应,要注





意电解质电离时阴、阳离子的配比,即参加反应的离子的比例必须与对应的化学式中离子的比例相吻合。如反应 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 的离子方程式为 $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 不能写成 $\text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$, 因为 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 电离时, 电离出的 Ba^{2+} 与 OH^- 的物质的量之比为 1:2, H_2SO_4 电离出的 H^+ 与 SO_4^{2-} 的物质的量之比为 2:1。

9. 注意是否有水参与反应。有些离子反应中, 水是一种反应物, 书写离子方程式时一定要注意这一隐含因素, 防止漏写。如金属铝与氢氧化钠溶液反应的离子方程式为 $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2 \uparrow$ 。

10. 注意是否遵循守恒原理。一个正确的离子方程式必须遵循三大守恒: (1) 质量守恒, 即元素守恒。(2) 电荷守恒, 即反应前后各元素的原子个数要相等, 方程式左右两边的离子所带的电荷总数应相等。(3) 氧化还原反应还必须遵守得失电子守恒。

三、离子共存问题

1. 离子之间能够发生反应就会造成离子的量减少, 离子之间就不能大量共存。判断离子能否大量共存要把握三点: (1) 离子间能否反应(本质)。(2) 题干信息。(3) 定性定量兼顾考虑。通常题干信息(限制条件、隐含条件、题干要求)的展现形式有“无色”“ $\text{pH}=1$ ”“ $\text{pH}=13$ ”“因发生氧化还原反应而不能大量存在”“与 Al 反应产生 H_2 的溶液中”“由水电离出的 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液”“一定能大量共存”“一定不能大量共存”“可能大量共存”等。很多相关题目都会设置“陷阱”, 某种程度上考查了同学们思维的严谨性与敏捷性, 需要引起大家的注意。

例 3 下列各组离子在常温下一定能大量共存的是()。

A. $\text{pH}=0$ 的无色溶液中: Na^+ 、 Cl^- 、 Fe^{2+} 、 SO_4^{2-}

B. $c(\text{H}^+) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: NH_4^+ 、 NO_3^- 、 K^+ 、 Cl^-

C. 加入铝粉能放出 H_2 的溶液中: NH_4^+ 、 NO_3^- 、 Ba^{2+} 、 Cl^-

D. 含有大量 Cu^{2+} 的溶液中: S^{2-} 、 Na^+ 、 Al^{3+} 、 Br^-



解析 A 项, Fe^{2+} 显浅绿色, 不合题意; C 项, 能与铝粉反应放出 H_2 的溶液, 可以显强碱性也可以显强酸性, 而含有 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 Ba^{2+} 、 Cl^- 的溶液只有在强酸性条件下才能大量共存, 属于“不一定”, 不符合题干要求“一定能大量共

存”; D 项, S^{2-} 与 Al^{3+} 因发生相互促进的双水解反应而不能大量共存, 且含有大量 Cu^{2+} 的溶液中, Cu^{2+} 与 S^{2-} 会反应产生 CuS 沉淀。本题选 B。

2. 定性定量兼顾考虑。由 $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)} = 1 \times 10^{-14}$ 我们可以思悟到, 任何有可能反应的离子都有共存的可能, 只不过是限量共存。因此关于共存问题的考核都是“大量”问题, 这是定量的一层含义, 另一层含义的定量则是潜在的, 如下面例题。

例 4 可溶性化合物 A、B、C 由表 1 中的离子组合而成(每种离子只存在于一种化合物中)。现将等物质的量的 A、B、C 一起溶于水, 所得溶液中除 H^+ 、 OH^- 外还含有五种离子, 则 A 的化学式不可能是()。

A. AgNO_3 B. Na_2SO_4 C. MgCl_2 D. MgSO_4

表 1

阳离子	Mg^{2+}	Ag^+	Na^+
阴离子	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-



解析 如果 A 是 MgSO_4 , 则 B、C 的可溶性组合只能是 AgNO_3 和 NaCl , 将 A、B、C 等物质的量(定量)溶于水时, 则 Ag^+ 与 Cl^- 恰好完全沉淀, 溶液中只存在 Na^+ 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 四种离子, 不符合题意。A 项, 若 A 是 AgNO_3 , 则 B 为 NaCl (或 MgCl_2), C 为 MgSO_4 (或 Na_2SO_4), 当三者等物质的量溶于水时, 括号内的组合可以满足题干要求, 生成 AgCl 沉淀, 溶液中有剩余的 Cl^- 和未参加反应的 Na^+ 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} , 共五种离子。其他选项, 同学们可以如法思悟。本题选 D。

四、离子的检验

1. 常见阳离子的检验方法。(1) H^+ 。滴入紫色石蕊试液, 变红色。(2) Na^+ 、 K^+ 。 Na^+ 的焰色反应呈黄色, K^+ 的焰色反应呈紫色(透过蓝色钴玻璃观察)。(3) Al^{3+} 。滴加过量 NaOH 溶液, 先出现白色沉淀, 后沉淀消失。(4) Cu^{2+} 。加入 NaOH 溶液, 出现蓝色沉淀。(5) Fe^{2+} 。①滴加 KSCN 溶液后无现象, 加入新制的氯水后出现红色; ②滴加 NaOH 溶液, 先出现白色沉淀, 迅速变成灰绿色, 最后变为红褐色。(6) Fe^{3+} 。①滴加 KSCN 溶液, 变红色; ②滴加 NaOH 溶液, 出现红褐色沉淀。(7) NH_4^+ 。和碱液共热, 生成能使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体。

2. 常见阴离子的检验方法。(1) OH^- 。①滴入紫色石蕊试液, 变蓝色; ②滴入无色酚酞试液, 变红色。(2) Cl^- 。加入稀硝酸酸化的 AgNO_3 溶液, 出现白色沉淀。(3) CO_3^{2-} 。①滴加稀盐酸, 生成无色、无



味的且能使澄清石灰水变浑浊的气体;②加入 CaCl_2 溶液,出现白色沉淀。(4) SO_3^{2-} 。滴加稀盐酸,生成无色、有刺激性气味且能使品红溶液褪色的气体。(5) SO_4^{2-} 。先加入过量稀盐酸,没有明显现象,再滴加 BaCl_2 溶液,出现白色沉淀。

例5 某无色透明溶液中可能大量存在 Ag^+ 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 中的几种离子。请回答下列问题:

(1)不做任何实验就可以肯定原溶液中不存在的离子是_____。

(2)取少量原溶液,加入过量稀盐酸,有白色沉淀生成,再加入过量稀硝酸,白色沉淀不消失,说明原溶液中肯定存在的离子是_____。

(3)取(2)的滤液,加入过量 NaOH 溶液,出现白色沉淀,说明原溶液中肯定存在的离子有_____。

(4)原溶液中可能大量存在的阴离子是下列中的_____(填序号)。

A. Cl^- B. NO_3^- C. CO_3^{2-} D. OH^-



解析 (1) Cu^{2+} 显蓝色,根据溶液无色可以肯定该离子不存在。由(2)知,溶液中一定含有 Ag^+ 。由(3)知溶液中一定含有 Mg^{2+} 。(4)溶液中含有 Mg^{2+} 、 Ag^+ ,则一定不含 CO_3^{2-} 、 OH^- 及 Cl^- ,可能存在 NO_3^- 。

答案:(1) Cu^{2+} (2) Ag^+ (3) Mg^{2+} (4)B

3. 离子检验中的常见干扰(括号中为干扰离子)及排除措施。(1) Cl^- (SO_4^{2-})。先加过量 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液,用稀硝酸酸化,再加 AgNO_3 溶液。(2) Cl^- (SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-})。先加过量稀硝酸,再加过量 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液,再加 AgNO_3 溶液。(3) SO_4^{2-} (CO_3^{2-} 、 SO_3^{2-} 或 Ag^+)。加稀盐酸酸化。(4) SO_3^{2-} (CO_3^{2-})。加稀盐酸后,将产生的气体通入品红溶液中。(5) CO_3^{2-} (SO_3^{2-})。加稀盐酸后,将产生的气体先通入酸性 KMnO_4 溶液中,再通入澄清石灰水中。

例6 下列有关物质检验的实验结论正确的是()。

A.向某溶液中加入用稀盐酸酸化的 BaCl_2 溶液,有白色沉淀生成:该溶液中一定含有 SO_4^{2-}

B.向某溶液中加入两滴 KSCN 溶液,溶液不显红色;再向溶液中加入几滴新制的氯水,溶液变为红色:该溶液中一定含有 Fe^{2+}

C.将某气体通入品红溶液中,品红溶液褪色:该气体一定是 SO_2

D.向某溶液中加入 AgNO_3 溶液,生成白色沉淀,加稀盐酸,沉淀不溶解:该溶液中一定含有 Cl^-



解析 A项,当溶液中含有 Ag^+ 时,也会产生白色的 AgCl 沉淀,实验现象相同;

B项, Fe^{2+} 不能与 SCN^- 结合显红色,当加入新制的氯水后, Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 与 SCN^- 结合,溶液变红色;C项,能使品红溶液褪色的气体,除 SO_2 外还有 Cl_2 等;D项, Cl^- 、 SO_4^{2-} 均能与 Ag^+ 形成不溶于稀盐酸的白色沉淀。本题选 B。

五、离子的推断

解答离子推断题的关键在于掌握离子的特征反应及离子间的共存情况,解题时要遵循以下三条原则:(1)互斥性原则。当利用题给实验现象判断出一定有某种离子存在时,应立即运用已有的知识,将不能与之共存的离子排除掉,从而判断出一定没有哪种离子。(2)电中性原则。任何溶液中,阴、阳离子所带的电荷总数都是相等的,即溶液呈电中性。这个隐含条件往往不被大家注意,而造成大家在解答离子推断题时不能顺利得出正确答案。如题中各种阳离子一一被排除后,根据溶液呈电中性,得出最后剩余的那种阳离子肯定有;反之亦然。(3)进出性原则。在进行离子检验时,往往要加入试剂,这样就会引入新的离子,原溶液中是否存在这种离子就无法判断。如加入过量 BaCl_2 溶液时,过量的离子(Ba^{2+} 、 Cl^-)将对原溶液中是否有 Ba^{2+} 或 Cl^- 的判断产生干扰。还有一些离子会随着实验过程中的变化而消失,对后续的检验可能会造成影响。如原溶液中的 AlO_2^- 在酸过量时转化为 Al^{3+} 。

例7 某一溶液 X 中只可能含有 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 AlO_2^- 、 SiO_3^{2-} 、 SO_3^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 中的若干种离子。某同学对该溶液进行了如图 1 所示的实验,下列判断正确的是()。



图 1

A.气体甲一定是纯净物

B.沉淀甲是硅酸和硅酸镁的混合物

C. K^+ 、 AlO_2^- 和 SiO_3^{2-} 一定存在于溶液 X 中

D. CO_3^{2-} 和 SO_4^{2-} 一定不存在于溶液 X 中



解析 向溶液中加入过量稀盐酸后,有沉淀和气体生成,说明原溶液中至少含有 SO_3^{2-} 、 CO_3^{2-} 中的一种,一定含有 SiO_3^{2-} ,一定不存在 Al^{3+} 和 Mg^{2+} ,一定存在 K^+ ,可能存在 AlO_2^- 、 SO_4^{2-} 。向无色溶液甲中加入过量氨水时,产生白色沉淀,说明溶液 X 中一定存在 AlO_2^- 。若 SO_3^{2-} 、 CO_3^{2-} 同时存在,则气体甲是混合物。本题选 C。

(责任编辑 王琼霞)

