

多物质体系中反应类型及次序的处理策略

安徽省宿州灵璧第一中学 234200 王树西

摘要:多物质体系中化学反应的类型及反应顺序历来是高考化学的热点之一,此类题目可全面地考查学生对化学反应本质的理解及对信息进行加工、处理能力,考生很容易失分,现对此类考题的出题模式及解题策略进行归纳总结,结合典例聚焦与剖析,以期学生能了解各类反应的特点,形成正确解决此类型问题的思路与方法。

关键词:多物质体系;反应规律;反应次序;处理原则

多物质间的化学反应可分为“平行反应”和“竞争反应”。平行反应主要指多个反应相互间没有影响可同时进行;而竞争反应是指由于反应能力不同,多个反应按一定的先后顺序逐次进行。此类题目能全面地考查学生对化学反应进行加工、处理能力和思维品质。现就此类问题进行聚焦与剖析,以期学生能了解各类反应的特点,形成正确解决此类型问题的思路与方法。

一、具有单一趋势的化学反应

单一趋势的反应是指物质间发生同一类型反应,但由于反应的特点和反应物本身的性质不同,而导致反应顺序不同。该类型反应的特点是先发生反应所生成的产物必须能够与体系中的其他物质大量共存。主要有以下几类情况:

1. 氧化还原反应类的化学反应

这一类反应的发生顺序遵循强弱规律,当溶液中同时含有浓度相差不大的几种还原剂时加入氧化剂,将按照还原性由强到弱的顺序依次反应,反之亦然。另外,在电解池中,阴极上阳离子得电子发生还原反应时,要考虑溶液中所存在的阳离子氧化性的强弱,氧化性强的先放电;阳极上阴离子失电子发生氧化反应,还原性强的离子先放电。常见微粒氧化性和还原性强弱顺序:

氧化性: (1) $\text{HNO}_3 > \text{Ag}^+ > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{H}^+$
(酸) $> \text{Fe}^{2+}$

(2) $\text{MnO}_4^- > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{I}_2 > \text{SO}_3^{2-} (\text{SO}_2) > \text{S}$

还原性: $\text{S}^{2-} > \text{SO}_3^{2-} > \text{I}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$

例1 向含有 Fe^{2+} 、 I^- 、 Br^- 的溶液中通入适量氯气,溶液中各种离子的物质的量变化如图1所示。有关说法不正确的是()

- A. 线段 BC 代表 Fe^{3+} 物质的量的变化情况
B. 原混合溶液中 $c(\text{FeBr}_2) = 6 \text{ mol/L}$

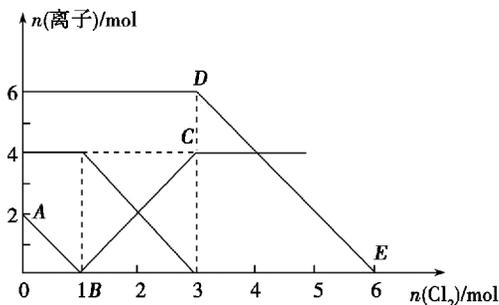


图1

C. 当通入 Cl_2 2 mol 时,溶液中已发生的离子反应可表示为: $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{I}^- + 2\text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + \text{I}_2 + 4\text{Cl}^-$

D. 原溶液 $n(\text{Fe}^{2+}) : n(\text{I}^-) : n(\text{Br}^-) = 2 : 1 : 3$

解析 还原性强弱顺序为: $\text{I}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{Br}^-$, Cl_2 先氧化 I^- , 后氧化 Fe^{2+} , 最后氧化 Br^- 。图中 AB 段表示 I^- 的变化,氧化 I^- 需 1 mol Cl_2 , I^- 为 2 mol; BC 段表示 Fe^{2+} 的变化,氧化 Fe^{2+} 需 2 mol Cl_2 , Fe^{2+} 为 4 mol; DE 段表示 Br^- 的变化,氧化 Br^- 需 3 mol Cl_2 , Br^- 为 6 mol。当通入 2 mol Cl_2 时,氧化的 I^- 和 Fe^{2+} 均为 2 mol,所以 C 中的离子方程式是正确的。因不知溶液的体积,则 B 错误。

2. 复分解类的化学反应

这类反应相对比较复杂,可按以下几个原则进行处理:

(1) 一种酸(或酸性氧化物)与多种碱性溶液混合,碱性强的先反应,即 K_b (电离平衡常数)或 K_h (水解平衡常数大)的先反应;同理一种碱(或酸性氧化物)与多种酸性溶液混合,酸性强的先反应,即 K_a (电离平衡常数)或 K_h (水解平衡常数)大的先反应。总的来说,生成的电解质越弱、越难电离,则该离子反应最先发生。

例2 在等浓度的 CH_3COONa 、 NaHCO_3 、

C_6H_5ONa 和 $NaOH$ 的混合溶液中, 逐滴加入盐酸, 请依次写出各步离子方程式.

解析 酸性强弱顺序是: $CH_3COOH > H_2CO_3 > C_6H_5OH > H_2O$, K_a 逐渐减小, CH_3COONa 、 $NaHCO_3$ 、 C_6H_5ONa 和 $NaOH$ 碱性逐渐增强, 离子反应的顺序应为: ① $OH^- + H^+ = H_2O$ ② $C_6H_5O^- + H^+ = C_6H_5OH$ ③ $HCO_3^- + H^+ = H_2CO_3$ ④ $CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH$.

(2) 一种沉淀剂(或离子)与多种物质(或离子)反应, K_{sp} 小的先反应, 但同时要考虑离子共存(如双水解)的影响.

例 3 已知相同温度下的溶解度: $Zn(OH)_2 > ZnS, MgCO_3 > Mg(OH)_2$, 就溶解或电离出 S^{2-} 的能力而言: $FeS > H_2S > CuS$, 则下列离子方程式错误的是()

- A. $Zn^{2+} + S^{2-} + 2H_2O = Zn(OH)_2 \downarrow + H_2S \uparrow$
 B. $Mg^{2+} + 2HCO_3^- + 2Ca^{2+} + 4OH^- = Mg(OH)_2 \downarrow + 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$
 C. $FeS + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2S \uparrow$
 D. $Cu^{2+} + H_2S = CuS \downarrow + 2H^+$

解析 因为溶解度 $Zn(OH)_2 > ZnS$, 当 Zn^{2+} 与 S^{2-} 和 OH^- 相遇时, 先生成溶解度小的沉淀即生成 ZnS , 而不是发生水解相互促进生成 $Zn(OH)_2$, 选项 A 的离子方程式错. 由于溶解度 $MgCO_3 > Mg(OH)_2$, 当 Mg^{2+} 与 OH^- 和 CO_3^{2-} 相遇时, 应先生成溶解度小的沉淀即生成 $Mg(OH)_2$, 选项 B 的离子方程式正确. 依题意 Cu^{2+} 、 H^+ 、 Fe^{2+} 等离子结合 S^{2-} 离子的能力为: $CuS > H_2S > FeS$, 故选项 C、D 的离子方程式均正确. 正确答案为 A.

(3) 一种金属阳离子可与多种微粒形成配合物时, 生成的配合物稳定性越强, 反应越优先发生.

例 4 在 $AgNO_3$ 溶液中加入氨水和 KCN 溶液, 判断 NH_3 、 CN^- 与 Ag^+ 反应的先后顺序.

解析 因为 $[Ag(CN)_2]^-$ 比 $[Ag(NH_3)_2]^+$ 稳定, 故 CN^- 与 Ag^+ 先反应, 即: 第一阶段: $Ag^+ + 2CN^- = Ag(CN)_2^-$; 第二阶段: $Ag^+ + 2NH_3 = Ag(NH_3)_2^+$

(4) 在复杂的非氧化还原反应反应体系中, 先考虑酸(酸性氧化物或 H^+)与碱(OH^-)中和反应, 后考虑酸与盐之间或碱与盐之间的反应; 在含有沉淀的悬浊液中滴加溶液或通入气体时, 先考虑和体系中可溶的溶质反应, 后考虑和体系中固体的反应.

例 5 在等物质的量浓度的 Fe^{3+} 、 NH_4^+ 、 H^+ 、 Al^{3+} 的溶液中, 滴加氢氧化钠溶液, 生成物依次产生顺序是: _____.

解析 万有数据 $Fe(OH)_3$ 、 $Al(OH)_3$ 和 $NH_3 \cdot H_2O$ 在

H^+ 中不能大量共存, 所以 H^+ 与 OH^- 优先反应; Fe^{3+} 、 Al^{3+} 与 $NH_3 \cdot H_2O$ 不能大量共存, NH_4^+ 与 AlO_2^- 不能大量共存. 所以, 发生反应的顺序依次为 H^+ 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 NH_4^+ 、 $Al(OH)_3$.

二、具有多种趋势的化学反应

酸、碱、盐混合时, 酸与盐、碱与盐或盐与盐之间都可能发生反应, 问题比较复杂, 多种反应趋势同时存在, 需要全面考虑, 视具体情况而定.

1. 应分三个步骤分析考虑

(1) 能否发生氧化还原反应, 一般情况下, 氧化还原反应优先于非氧化还原反应发生;

(2) 能否发生彻底双水解反应;

(3) 若以上两类反应均不发生, 一般才考虑能否发生复分解反应.

2. 处理盐与盐反应的原则

(1) 可溶的强酸强碱盐, 只考虑复分解反应(生成沉淀). 如 IA、IIA 的硫酸盐与 IIA 的盐酸盐、硝酸盐反应: $SO_4^{2-} + M^{2+} = MSO_4 \downarrow$ (M^{2+} 为 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 等).

(2) 多元弱酸的可溶盐与可溶强酸弱碱盐反应

① 如果弱酸根有较强的还原性, 金属阳离子具有一定的氧化性, 主要是氧化还原反应. 如 S^{2-} 与 Fe^{3+} 之间的反应, $Fe^{3+} + S^{2-} = FeS \downarrow + S \downarrow$.

② 金属盐与金属氢氧化物溶解度大小决定反应产物, K_{sp} 越小, 越易生成. 如碳酸盐与强酸盐反应: $CO_3^{2-} + M^{2+} \rightarrow MCO_3 \downarrow$ (M^{2+} 为 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Ag^+ 等);

$CO_3^{2-} + M^{2+} + H_2O \rightarrow M_2(OH)_2CO_3 \downarrow$ (M^{2+} 为 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、IIB 等);

$CO_3^{2-} + M^{3+} + H_2O \rightarrow M(OH)_3 \downarrow$ (M^{3+} 为 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 等).

例 6 完成下列反应的离子方程式:

(1) $CuSO_4$ 与 Na_2S 溶液反应

(2) $AgNO_3$ 与 $NaCO_3$ 溶液反应

(3) $ZnCl_2$ 与 Na_2S 溶液反应

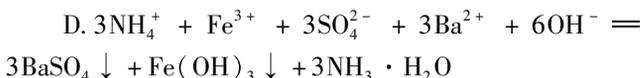
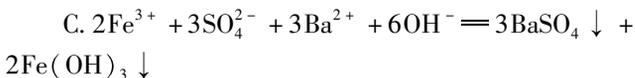
解析 这三组物质都既能发生复分解反应, 又能发生双水解反应但由于溶解度: $CuS < Cu(OH)_2$, $Ag_2CO_3 < AgOH$, $ZnS < Zn(OH)_2$ 所以反应分别为: $Cu^{2+} + S^{2-} = CuS \downarrow$; $2Ag^+ + CO_3^{2-} = Ag_2CO_3 \downarrow$; $Zn^{2+} + S^{2-} = ZnS \downarrow$

巩固练习:

1. 在 $NH_4Fe(SO_4)_2$ 溶液中逐滴加入 $Ba(OH)_2$ 溶液, 可能发生的反应的离子方程式是()

A. $Fe^{2+} + SO_4^{2-} + Ba^{2+} + 2OH^- = BaSO_4 \downarrow + Fe(OH)_2 \downarrow$

B. $NH_4^+ + Fe^{3+} + 2SO_4^{2-} + 2Ba^{2+} + 4OH^- =$



提示:在水溶液中 Fe^{3+} 的酸性强于 NH_4^+ . 答案为 BC.

2. 有 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeBr_2 、 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeI_2 混合液 1L, 通入 0.5mol Cl_2 , 溶液中的主要离子是(以下均忽略水的电离)_____, 通入 2mol Cl_2 , 溶液中主要离子是_____, 通入 3mol Cl_2 , 溶液中主要离子是_____.

答案: I^- 、 Fe^{2+} 、 Br^- 、 Cl^- ; Fe^{3+} 、 Br^- 、 Cl^- ; Fe^{3+} 、

Cl^- .

3. 下列反应先后顺序判断正确的是()

A. 含等物质的量的 AlO_2^- 、 OH^- 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 CO_3^{2-} 的溶液中, 逐渐加入盐酸: AlO_2^- 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 OH^- 、 CO_3^{2-}

B. 在含等物质的量的 FeBr_2 、 FeI_2 的溶液中, 缓慢通入氯气: I^- 、 Br^- 、 Fe^{2+}

C. 在含等物质的量的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 、 KOH 、 K_2CO_3 的溶液中, 缓慢通入 CO_2 : KOH 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 、 BaCO_3

D. 在含等物质的量的 Fe^{3+} 、 Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 H^+ 的溶液中加入锌粉: Ag^+ 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 H^+

答案: D

巧解计算型高中化学题的方法

江苏省石庄高级中学

226531 纪小燕

摘要:计算型选择题与一般的化学度算题有一定的区别,其不仅要求计算过程,而且提供了多个备选答案,这类选择题如可以利用各种技巧灵活应用求解,则往往能化难为易,避繁就简,达到事半功倍的效果.

关键词:推理;规律;守恒;差量比;极端假设

一、巧用平均值法

例1 某硝酸样品经测定含氮量为 37%,且只含有一种氮肥杂质,则这种杂质可能为()

- A. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ B. NH_4HCO_3
C. NH_4Cl D. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

解析 经计算可知纯硝酸含氮量为 35%,而此样品含氮为 37%,可见所含杂质氮肥的含氮量比 37% 高,经计算 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、 NH_4HCO_3 、 NH_4Cl 和的含氮量分别为 21%、46%、18% 与 26%. 符合条件的只有 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$,故答案应为 D.

二、巧用推理法

例2 以下化合物中含铁量最高的为()

- A. Fe_3O_4 B. Fe_2O_3 C. FeS_2 D. FeO

解析 此题可根据化合物中原子个数比进行推理判断,得出答案. Fe_2O_3 中 $n(\text{Fe}):n(\text{O}) = 2:3$; Fe_3O_4 中 $n(\text{Fe}):n(\text{O}) = 3:4$, FeO 中 $n(\text{Fe}):n(\text{O}) = 1:1$; FeS_2 中 $n(\text{Fe}):n(\text{S}) = 1:4$ (硫的原子量为氧的 2 倍),故所答案应为答案 D.

三、巧用变形法

例3 要使 Fe_2O_3 与 Fe_3O_4 含有相等质量的铁元素,那么 Fe_2O_3 与 Fe_3O_4 的质量比是()

- A. 3:2 B. 1:1 C. 30:29 D. 29:42

解析 将 Fe_2O_3 和 Fe_3O_4 的化学式分别变形为 Fe_6O_9 和 Fe_6O_8 ,可见含有相等质量的铁元素的 Fe_2O_3 和 Fe_3O_4 的质量比就等于 Fe_6O_9 和 Fe_6O_8 的式量的比,即

$$\frac{56 \times 6 + 16 \times 9}{56 \times 6 + 16 \times 8} = \frac{30}{29} \quad \text{故答案应为 C.}$$

四、巧用概括法

例4 某氮的氧化物中氮元素与氧元素的质量比为 7:12,则这种氧化物为()

- A. NO B. N_2O C. N_2O_3 D. N_2O_5

解析 选项中的每一项都是由氮、氧两种元素组成的化合物,故可以概括为 N_xO_y ,在 N_xO_y 中氮元素与氧元素的质量比为: $\frac{n}{m} = \frac{14x}{16y}$,因题意 $\frac{n(\text{N})}{m(\text{O})} = \frac{7}{12}$,即得

$$\frac{14x}{16y} = \frac{7}{12}, \frac{x}{y} = \frac{2}{3}, \text{故此化合物的化学式为 } \text{N}_2\text{O}_3, \text{故答案应选 C.}$$