

化学反应“进程”问题类型及解法研究

黑龙江省大庆市第五十六中学 (163813) 卢国锋
 黑龙江省大庆市铁人中学 (467300) 卢敬萱

化学反应的进程随着反应的进行、反应条件的改变、反应物和产物的变化而变化. 本文通过比较反应物的性质差异、结合量的关系, 动态地归纳化学反应进程问题, 希望有助于深入理解化学反应的本质.

类型一: 反应顺序型

问题根源: 反应物之间存在性质强弱的差异性, 如氧化性、还原性、酸性、碱性、溶解性、热稳定性的差异.

解决策略: 外界条件相同或接近时, 氧化还原反应为竞争电子反应, 反应体系中氧化性最强的反应物优先与还原性最强的反应物反应. 酸碱盐溶液中的反应, 当溶液中有多种离子都能与 H^+ 或 OH^- 反应时, 表现为争夺质子反应. 酸越弱, 结合 OH^- 能力越弱, 而对应酸根结合 H^+ 能力越强; 碱越弱, 结合 H^+ 能力越弱, 而碱的阳离子结合氢氧根能力越强. 当一种沉淀试剂与溶液中多种离子发生沉淀反应时的顺序为: 物质的溶度积越小, 则对应的离子越先沉淀.

1. 氧化还原型

例 1 有一混合溶液, 其中只含有 Fe^{2+} 、 Cl^- 、 Br^- 、 I^- (忽略水的电离), 其中 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 的个数比为 2:3:4, 向该溶液中通入氯气, 使溶液中 Cl^- 和 Br^- 的个数比为 3:1, 则通入氯气的物质的量与溶液中剩余的 Fe^{2+} 的物质的量之比为().

- A. 7:1 B. 7:2 C. 7:3 D. 7:4

► 合物 C 是____, 写出由 D 制备冰晶石的化学方程式____; (4) 电解制铝的化学方程式是____, 以石墨为电极, 阳极产生的混合气体的成分是____.

解析 (1) 因为铝土矿的主要成分是 Al_2O_3 和 SiO_2 等, 所以反应 1 的化学方程式是 $2NaOH + SiO_2 \rightleftharpoons Na_2SiO_3 + H_2O$; $2NaOH + Al_2O_3 \rightleftharpoons 2NaAlO_2 + H_2O$.

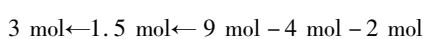
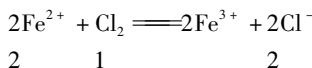
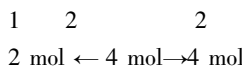
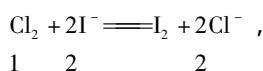
(2) 滤液 I 含有 Na_2SiO_3 , 加入 CaO 生成的沉淀是 $CaSiO_3$. 滤液 II 中含有 AlO_2^- , 反应 2 的离子方程式为 $2AlO_2^- + CO_2 + 3H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 \downarrow + CO_3^{2-}$.

(3) 根据框图可知气体 D 为 HF, 所以化合物 C 是浓 H_2SO_4 . 制备冰晶石的化学方程式是 $12HF +$

解法点拨 混合溶液中各种离子(还原剂)的还原性强弱顺序为: $I^- > Fe^{2+} > Br^- > Cl^-$, Fe^{2+} 剩余则 Br^- 未反应, I^- 完全反应. 设原混合溶液中 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 的物质的量分别为 2 mol、3 mol、4 mol. 根据电荷守恒, 原溶液中 Fe^{2+} 的物质的量为 $\frac{2+3+4}{2} \text{ mol} = 4.5 \text{ mol}$.

Cl^- 和 Br^- 的个数比为 2:3 变为 3:1, 若 Br^- 的物质的量为 3 mol, Cl^- 的物质的量增加到 9 mol.

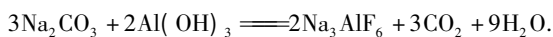
通入氧化剂 Cl_2 后, 溶液中还原性强者优先反应:



通入的 Cl_2 的物质的量为 3.5 mol, 剩余的 Fe^{2+} 的物质的量为 1.5 mol. 故通入氯气的物质的量与溶液中剩余的 Fe^{2+} 的物质的量之比为 3.5 mol:1.5 mol = 7:3. 正确答案: C.

2. 酸碱型

例 2 在含 0.075 mol $KHCO_3$ 的溶液中加入 0.025 mol KOH , 然后向溶液中滴加 1.0 mol/L 稀盐酸. 下列图像能正确表示加入盐酸体积与生成 CO_2 的物质的量的关系的是().



(4) 电解制铝的化学方程式是 $2Al_2O_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}}$

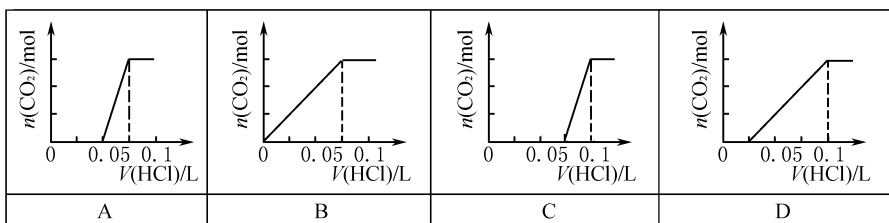
$4Al + 3O_2 \uparrow$, 以石墨为电极, 阳极产生的混合气体的成分是 O_2 、 CO_2 (CO) (生成的 O_2 和石墨反应).

答案: (1) $2NaOH + SiO_2 \rightleftharpoons Na_2SiO_3 + H_2O$; $2NaOH + Al_2O_3 \rightleftharpoons 2NaAlO_2 + H_2O$; (2) $CaSiO_3 + 2AlO_2^- + CO_2 + 3H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 \downarrow + CO_3^{2-}$;

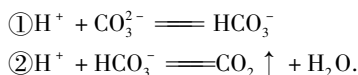
(3) 浓 $H_2SO_4 + 12HF + 3Na_2CO_3 + 2Al(OH)_3 \rightleftharpoons 2Na_3AlF_6 + 3CO_2 + 9H_2O$; (4) $2Al_2O_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}}$

$4Al + 3O_2 \uparrow$ O_2 、 CO_2 (CO)

(收稿日期: 2013-11-29)



解法点拨 KHCO_3 溶液加入 KOH 后, 因 $\text{OH}^- + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 溶质变为 $0.025 \text{ mol K}_2\text{CO}_3$ 和 0.05 mol KHCO_3 . 溶液中溶质的碱性强弱顺序为: $\text{KOH} > \text{K}_2\text{CO}_3 > \text{KHCO}_3$ 先后反应依次为:



答案: (D).

3. 沉淀型

例3 将足量 CO_2 通入 NaOH 和 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的混合稀溶液中, 生成沉淀的物质的量 (n) 和通入 CO_2 体积 (V) 的关系如图1, 图中 AB 段表示的先后离子方程式是

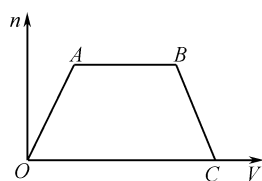


图1

() .

- ① $\text{CO}_2 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$
 ② $\text{CO}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
 ③ $\text{CO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightleftharpoons \text{BaCO}_3 \downarrow$
 ④ $\text{BaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$
 ⑤ $\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HCO}_3^-$
 A. ②⑤ B. ⑤④ C. ④② D. ④①

解法点拨 BaCO_3 比 Na_2CO_3 的溶解度小, OA 段 $\text{CO}_2 + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{BaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$. 假设 CO_2 与生成的 BaCO_3 继续反应 $\text{BaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$ 氢氧化钠会与生成的 $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ 重新生成 BaCO_3 . AB 段 $\text{CO}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, 考虑 Ba^{2+} 、 CO_3^{2-} 不能共存问题, 继续发生的反应是 $\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HCO}_3^-$. BC 段 $\text{BaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$. 正确答案: (A).

4. 热分解型

例4 图2所示是 $100 \text{ mg CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 受热分解时, 所得固体产物的质量随温度变化的曲线. 试利用图中的信息结合所学知识, 完成下列各问题:

(1) 温度分别为 t_1 和 t_2 时, 固体产物的化学式 A 是____, B 是____. (2) 由 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 得到的 A 的化学方程式为____. (3) 由 A 得到 B 的化学方程

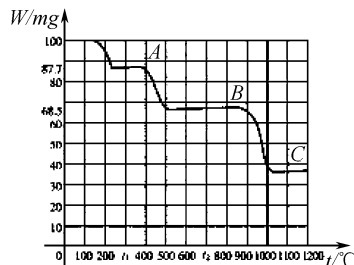


图2

式为____. (4) 由图计算产物 C 的相对分子质量, 并推断 C 的合理化学式.

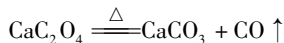
解法点拨 由图可知: t_1 时产物 A 的质量为 87.7 mg , t_2 时, B 为 68.5 mg . 其逐步分解的固体产物必为含 Ca 的化合物, 则产物 A 、 B 、 C 的物质的量应与 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 相同. 设 A 、 B 的相对分子质量分别为 x 、 y .

由 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow A$
 $146 \qquad \qquad \qquad x$
 $100 \text{ mg} \qquad \qquad \qquad 87.7 \text{ mg}$
 $x = 128$ 则 A 为 CaC_2O_4 .



由 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow B$
 $146 \qquad \qquad \qquad y$
 $100 \text{ mg} \qquad \qquad \qquad 68.5 \text{ mg}$
 $y = 100$ 则 B 为 CaCO_3

$A \rightarrow B$ 的化学方程式



由图可知产物 C 的质量约为 38 mg , C 的相对分子质量 $= \frac{146 \times 38}{100} = 56$, 则 C 的化学式为 CaO

类型二: 浓度下降型

问题根源: 浓度是影响性质的强弱因素之一, 氯气的实验室制法中所用的盐酸必须是浓盐酸, MnO_2 的氧化能力要受到酸度的影响, 酸度 (H^+ 的浓度) 越大, 氧化能力越强, 而 Cl^- 浓度越大, 还原能力也越强. 浓度反映物质微粒的存在形式, 98% 或 18.4 mol/L 的硫酸中溶质微粒以 H_2SO_4 分子为主, 不同于稀硫酸以 H^+ 、 SO_4^{2-} 离子为主. 解决策略: 随着反应进行, 溶质消耗、挥发、水的生成, 反应物的浓

度降低,反应速率下降,不能满足反应所需最低浓度时,反应可能停止或生成不同的产物.足量的二氧化锰与一定量的浓盐酸反应,足量铜与一定量的浓硫酸反应,因浓盐酸和浓硫酸浓度逐渐变稀而停止.足量的铜与一定量的浓硝酸,足量的锌与一定量的浓硫酸,因浓硝酸和浓硫酸浓度逐渐变稀相应的还原产物开始以 NO_2 、 SO_2 为主,随后以 NO 、 H_2 为主.

1. 反应停止型

例5 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值,下列叙述正确的是().

A. 标准状况下 33.6 L 氟化氢中含有氟原子的数目为 $1.5N_A$

B. 常温常压下 7.0 g 乙烯与丙烯的混合物中含有氢原子的数目为 N_A

C. 50 mL 18.4 mol/L 浓硫酸与足量铜微热反应,生成 SO_2 分子数目为 $0.46N_A$

D. 某密闭容器盛有 0.1 mol N_2 和 0.3 mol H_2 , 在一定条件下充分反应,转移电子的数目为 $0.6N_A$

解法点拨 HF 的沸点 19.54°C , 在标准状况下是液态,通常状况下因为 HF 分子间存在氢键易形成二聚或三聚分子.7.0 g 乙烯与丙烯的混合物含有

氢原子的数目 $\frac{m(\text{C}_2\text{H}_4)}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 4N_A + \frac{7.0 \text{ g} - m(\text{C}_2\text{H}_4)}{42 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 6N_A = N_A$. $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 足量铜一定量的浓硫酸,随着反应的进行,浓硫酸的浓度变稀,就与 Cu 不反应了,故生成的 SO_2 分子数目小于 $0.46N_A$.

$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温高压}} 2\text{NH}_3$ 可逆反应,不能完全转化.

答案: B.

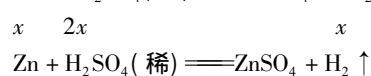
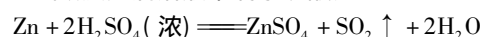
2. 产物转化型

例6 将一定量的锌与 100 mL 18.5 mol/L 浓硫酸充分反应后,锌完全溶解,同时生成气体 A 33.6 L (标准状况).将反应后的溶液稀释至 1 L,测得溶液的 $\text{pH} = 1$,则下列叙述中错误的是().

- A. 气体 A 为 SO_2 和 H_2 的混合物
- B. 气体 A 中 SO_2 与 H_2 的体积比为 4:1
- C. 反应中共消耗 Zn 97.5 g
- D. 反应中共转移电子 3 mol

解法点拨 $\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \rightleftharpoons \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 如果只生成 SO_2 至少消耗硫酸 3 mol, 由于浓硫酸在与 Zn 反应过程中浓度逐渐变小,故反应中有 SO_2 、 H_2 两种气体产生. 设 SO_2 的物质的量为 x , H_2 的物质的量为 y , 反应后溶液体积为 1 L,

$c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol/L}$, 则 $n(\text{H}^+) = 1 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol/L} = 0.1 \text{ mol}$, 故反应后溶液中剩余硫酸为 0.05 mol.



$$x \quad 2x \quad \quad \quad x$$

$$y \quad y \quad \quad \quad y$$

$$x + y = 1.5$$

$$2x + y = 1.85 - 0.05 \quad x = 0.3 \text{ mol} \quad y = 1.2 \text{ mol}$$

$$V(\text{SO}_2) : V(\text{H}_2) = 1 : 4$$

$$\text{反应中消耗 } n(\text{Zn}) = n(\text{SO}_2) + n(\text{H}_2) = 1.5 \text{ mol}$$

$$m(\text{Zn}) = 65 \text{ g/mol} \times 1.5 \text{ mol} = 97.5 \text{ g.}$$

$$n(\text{e}^-) = 2n(\text{Zn}) = 3 \text{ mol.}$$

正确答案: B.

类型三: 反应连续型

问题根源 连续反应,是指在某种外界条件下 A 与 B 反应生成 C (即 $A + B = C$), 产物 C 能继续反应得到 D, 像这样连续进行两步甚至的多步化学反应称为连续反应. 中学化学连续反应的发生主要由三个原因引起的: ①由于某一反应物的过量引起连续反应,如把盐酸逐滴加入到碳酸钠溶液中; ②由于反应条件变化引起的连续反应,如乙醇在 170°C 脱水生成乙烯,从室温加热必然经过 140°C ; ③由于新物质(特别是空气中的氧气、二氧化碳、水)的引入引起的连续反应,如铁的氢氧化物的制备与转化.

解决策略: 知识结构 $A \xrightarrow{X} B \xrightarrow{X} C$. (1) X 是 O_2 , 若 A 是单质 Na、C、 N_2 、S, 若 A 是化合物 H_2S 、 NH_3 、乙醇. (2) X 是 H^+ , A 是 CO_3^{2-} 、 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ (AlO_2^-). X 是 OH^- , A 是 CO_2 、 SO_2 、 H_2S 、 Al^{3+} . (3) X 是 CO_2 , A 是 OH^- 、 Na_2O_2 . X 是 CO_3^{2-} , A 是 H^+ . (4) X 是 Fe, A 是 Cl_2 、 HNO_3 .

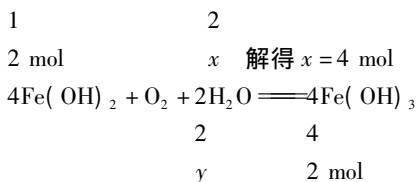
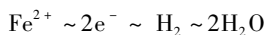
实验现象: (1) 铝盐与偏铝酸盐的相互转化. 向铝盐溶液中加入强碱可以先产生氢氧化铝沉淀,持续加入强碱沉淀溶解; 向偏铝酸盐溶液中加入强酸同样产生类似的现象: 先产生沉淀,然后沉淀溶解.

(2) 银氨溶液的制备. 向硝酸银溶液中滴加氨水,先生成氢氧化银沉淀,然后溶解生成银氨溶液.

例7 以铁为阳极、铜为阴极,对足量的 NaOH 溶液电解,一段时间后,得到 2 mol $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀,此间共消耗水的物质的量为().

- A. 3 mol
- B. 4 mol
- C. 5 mol
- D. 6 mol

解法点拨 铁是阳极,则阳极铁失去电子,反应式为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$. 正极是溶液中的氢离子得到电子,反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$. 总反应式为 $\text{Fe} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$



解得: $y = 1 \text{ mol}$ 共消耗水的物质的量为: $4 \text{ mol} + 1 \text{ mol} = 5 \text{ mol}$. 正确答案: C.

类型四: 反应能量型

问题根源: 任何化学反应都有能量变化, 反应本身放出或吸收热量对化学反应进行产生加快或减缓的作用.

解决策略: (1) 常见的放热反应: 活泼金属与 H_2O 或酸的反应; 所有的燃烧反应; 大多数化合反应; 铝热反应.

(2) 常见的吸热反应有: $2\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) + \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{BaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$; 多数的分解反应; $\text{C} + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{CO} + \text{H}_2$; $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{CO} + \text{H}_2$

(3) 注意题目中的反应热和绝热条件, 与浓度变化结合在一起综合考虑反应的主要影响因素.

例 8 向绝热恒容密闭容器中通入 SO_2 和 NO_2 在一定条件下使反应 $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_3(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$ 达到平衡, 正反应速率随时间变化的示意图如图 3 所示. 由图可得出的正确结论是().

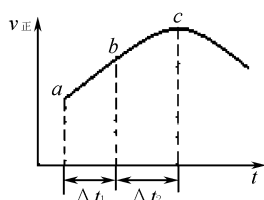


图 3

- A. 反应在 c 点达到平衡状态
- B. 反应物浓度: a 点小于 b 点
- C. 反应物的总能量低于生成物的总能量
- D. $\Delta t_1 = \Delta t_2$ 时 SO_2 的转化率: a~b 段小于 b~c 段

解法点拨 在 c 点正反应速率还是在变化, 所以不是平衡状态. 随着反应的进行, 反应物的浓度逐渐减小, 因此 a 点反应物的浓度大于 b 点; 浓度减小反应速率应该也减小, 但开始阶段正反应速率逐渐增大, 说明正反应是放热反应, 温度升高反应速率增大. $a = \frac{\Delta c}{c(\text{始})} \cdot \Delta c = v \cdot \Delta t$ b~c 段的反应速率大于 a~b 段的, 所以 SO_2 的转化率大. 正确答案: D.

类型五: 反应催化型

问题根源: 调控反应进程不外乎温度、浓度、和催化剂. 催化剂具有高选择性和专一性, 需要繁复的筛选过程, 中学较少用于调控手段, 容易被忽略.

解决策略: 中学常用的催化剂二氧化锰、硫酸、铁粉、氧化铝等. 重点研究溶液中所用的催化剂如过氧化氢分解所用的二氧化锰、氯化铁、硫酸铜; 硫酸催化剂: 如 ① 乙烯的实验室制取实验; ② 硝基苯的制取实验; ③ 乙酸乙酯的制取实验; ④ 纤维素硝酸酯的制取实验; ⑤ 乙酸乙酯的水解实验; ⑥ 糖类(包括二糖、淀粉和纤维素)水解实验. 其中 ① - ④ 的催化剂为浓硫酸, 浓硫酸同时还作为脱水剂, ⑤ ⑥ 的催化剂为稀硫酸. 草酸与酸性高锰酸钾反应是自催化反应, 即生成的 Mn^{2+} 对反应有催化作用.

例 9 下列各表述与图 4 中的示意图一致的是().

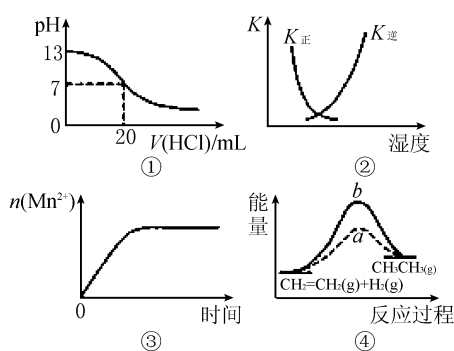


图 4

A. 图 ① 表示 25°C 时, 用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸滴定 $20 \text{ mL } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液, 溶液的 pH 随加入酸体积的变化

B. 图 ② 中曲线表示反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$; $\Delta H < 0$ 正、逆反应的平衡常数 K 随温度的变化

C. 图 ③ 表示 $10 \text{ mL } 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KMnO_4 酸性溶液与过量的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液混合时, $n(\text{Mn}^{2+})$ 随时间的变化

D. 图 ④ 中 a、b 曲线分别表示反应 $\text{CH}_2 = \text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_3(\text{g})$; $\Delta H < 0$ 使用和未使用催化剂时, 反应过程中的能量变化

解法点拨 图 ① 酸碱中和在接近终点时, pH 会发生突变, 曲线的斜率会很大, A 错. 图 ② 正逆反应的平衡常数互为倒数关系, B 对. 图 ③ 草酸溶液加入到酸性高锰酸钾, 刚开始由于 Mn^{2+} 浓度小, 催化效果不明显, 曲线上升斜率小, 达到一定浓度后催化效果明显, 曲线迅速升高, 后由于 KMnO_4 浓度减小, 斜率又变小. 图 ④ 反应是放热反应, 但图像描述是吸热反应. C、D 错. 正确答案: B.

类型六: 反应酸碱型

问题根源: 反应介质的酸碱度对反应结果是有

影响的. 相同的反应物因介质的酸碱度不同, 会使反应物的性质增强或减弱; 化学平衡移动方向发生改变; 有时可能会得到不同的产物.

解决策略: (1) NO_3^- 在中性或碱性溶液中几乎不表现氧化性, 而在酸性溶液中则有强氧化性. (2) 氢氧燃料电池, 若电解质溶液为 KOH 溶液, 则电极反应式负极为: $2\text{H}_2 - 4\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 4\text{H}_2\text{O}$, 正极为: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$; 若电解质溶液为 H_2SO_4 则电极反应式负极为: $2\text{H}_2 - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{H}^+$, 正极为: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$. (3) 在酸性溶液中, MnO_4^- 还原为 Mn^{2+} ; 在弱酸性、中性、弱碱性溶液中, KMnO_4 还原为 MnO_2 ; 在强碱性溶液中, KMnO_4 还原为锰酸盐; (4) 在较强酸性溶液中 H_3AsO_4 可以氧化 I^- , $2\text{H}^+ + \text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{I}^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$; 而在弱酸或弱碱性条件下, I_2 又能氧化 H_3AsO_3 , $\text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{I}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$. (5) S^{2-} 与 SO_3^{2-} 碱性条件下可以共存, 酸性条件下发生归中反应: $2\text{S}^{2-} + \text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{S} + \text{H}_2\text{O}$.

例 10 以铬酸钾为原料, 电化学法制备重铬酸钾的实验装置示意图如图 5 所示.

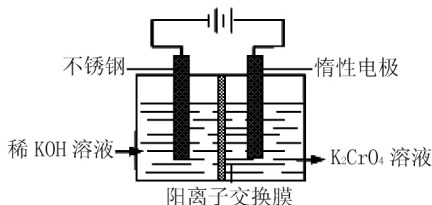
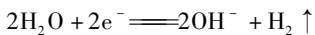


图 5

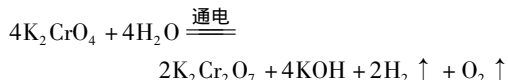
下列说法不正确的是().

A. 在阴极室, 发生的电极反应为:



B. 在阳极室, 通电后溶液逐渐由黄色变为橙色, 是因为阳极区 H^+ 浓度增大, 使平衡 $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 向右移动

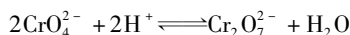
C. 该制备过程总反应的化学方程式为:



D. 测定阳极液中 K 和 Cr 的含量, 若 K 与 Cr 的物质的量之比为 d , 则此时铬酸钾的转化率为 $1 - d/2$

解法点拨 电极均为惰性电极, 电解池发生的反应为电解水. 在阴极室, 水得电子变成氢气, 阴极反应式 $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^- + 2\text{H}_2 \uparrow$, 阳极反应式 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$. 阳极室 OH^- 失去电子, 使阳极区氢离子浓度增大, $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons$

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 平衡右移.



起始 1 0

变化 x $x/2$

终了 $1 - x$ $x/2$

$$\frac{n(\text{K})}{n(\text{Cr})} = \frac{2 \times (1 - x) + x/2 \times 2}{1 - x + x/2 \times 2} = D$$

$x = 2 - d$ 铬酸钾的转化率为 $2 - d$.

正确答案: D.

类型七: 实验探究型

问题根源: 化学性质只有借助于一定的实验手段, 在人为控制下才能暴露出来.

解决策略: 科学方法包括观察法、实验法、资料和处理的事实法、科学逻辑法(比较、分类、归纳、概括)假说法和模型法. 实验条件控制法是中学最常用的方法.

例 11 某合作小组同学将铜片加入稀硝酸, 发现开始时反应非常慢, 一段时间后反应速率明显加快. 该小组通过实验探究其原因.

问题 1 该反应的离子方程式为_____.

问题 2 提出合理假设, 该实验中反应速率明显加快的原因可能是_____.

- A. 反应放热导致温度升高
- B. 压强增大
- C. 生成物的催化作用
- D. 反应物接触面积增大

问题 3 初步探究, 测定反应过程中溶液不同时间的温度, 结果如下表:

时间 /min	0	5	10	15	20	25	35	50	60	70	80
温度 /°C	25	26	26	26	26	26	26.5	27	27	27	27

结合实验目的和表中数据, 你的结论是_____.

问题 4 进一步探究, 查阅文献了解到化学反应的产物(含中间产物)可能对反应有催化作用, 请完成以下实验设计表并将实验目的补充完整:

实验编号	铜片质量 /g	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硝酸体积 /mL	硝酸铜晶体 /g	亚硝酸钠晶体 /g	实验目的
①	5	20			实验①和②探究_____的影响; 实验①和③探究亚硝酸根的影响.
②			0.5		
③					



“铝及其化合物”复习导航

河南省鲁山县第三高级中学 (467300) 师殿峰

一、知识归纳

(一) 金属铝

1. 铝的物理性质

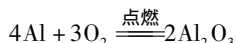
铝是一种银白色金属, 较软, 密度为 2.70 g/cm^3 (属于轻金属, 仅为钢的 $1/3$ 左右); 熔点为 660.4°C , 沸点为 2467°C . 铝有较强的韧性、延展性, 有良好的导电、导热性(导电性仅次于银、铜和铁).

2. 铝的化学性质

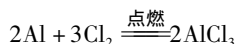
铝是一种活泼金属, 在化学反应中表现出较强的还原性.

(1) 铝与非金属单质反应

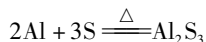
①与 O_2 反应: 常温下, 金属铝被空气里的氧气氧化, 在表面生成一层致密的氧化物薄膜, 阻止内部的金属继续与氧气发生反应. 在点燃条件下, 铝箔能够在氧气里剧烈燃烧生成氧化铝, 并放出大量的热和耀眼的白光. 因此金属铝可用于制造燃烧弹、信号弹、火箭推进剂等.



②与 Cl_2 反应: 在点燃条件下, 铝箔能够在 Cl_2 中剧烈燃烧, 生成氯化铝.



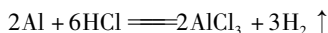
③与 S 反应: 在加热条件下, 铝能够与硫反应, 生成硫化铝.



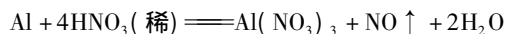
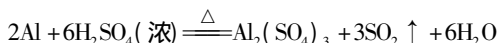
(2) 铝与酸反应

►解法点拨 反应的离子方程式为 $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$. 实验情景除了将铜片放入稀硝酸不再有其他操作, 故接触面积是不需要列入合理假设的, 由于反应物是固液体系, 故压强也是不需要列入合理假设的. 该实验中反应速率明显加快的原因可能是 AC. 表中数据可知, 反应过程中溶液的温度变化不大, 这说明温度不是反应速率明显加快的主要原因. 探究到产物催化作用的研究, 还是从合理假设开始, 从离子方程式看, 新增的物质只有铜离子, 故铜离子的影响应列入合理假设(体系中一直存在 NO_3^- , 故 NO_3^- 不应列入合理假设; NO 不溶于水立即逸出也不应列入合理假设), 另一种中间产物亚硝酸根的影响是试题提示

①与非氧化性酸反应: 铝与非氧化性酸(如盐酸、稀硫酸等)能发生置换反应. 如:

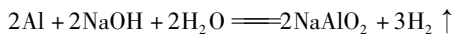


②与氧化性酸反应: 常温下, 铝遇浓硫酸或浓硝酸能够产生钝化现象. 因此, 可用铝制的容器装运浓硫酸或浓硝酸. 在加热条件下, 铝与氧化性酸(如浓硫酸、浓硝酸、稀硝酸)反应(铝与稀硝酸在常温下即可反应)生成铝盐, 但不生成氢气. 如:



(3) 铝与碱反应

铝能够与强碱(如 NaOH 、 KOH 等)溶液反应, 生成偏铝酸盐和氢气. 如:



铝与 NaOH 溶液反应的实质是: 首先 Al 与 H_2O 反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 H_2 :

$2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}_2 \uparrow$ (属氧化还原反应, 其中 Al 是还原剂, 水是氧化剂), 然后 NaOH 与 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 反应生成 NaAlO_2 和 H_2O : $\text{NaOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (属非氧化还原反应). 其总化学方程式为 $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ (通常写为 $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2 \uparrow$). 其电子转移情况用

的, 设计单一变量对比实验, 探究 Cu^{2+} 和 NO_2^- 的影响.

实验编号	铜片质量/g	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硝酸体积/mL	硝酸铜晶体/g	亚硝酸钠晶体/g	实验目的
①	5	20	0	0	实验①和②探究 Cu^{2+} 的影响; 实验①和③探究亚硝酸根的影响.
②	5	20	0.5	0	
③	5	20	0	0.5	

(收稿日期: 2013 - 11 - 29)