

点击高考实验设计题

北京市昌平区回龙观龙回苑 3-4-502 (100085) 陈铁强

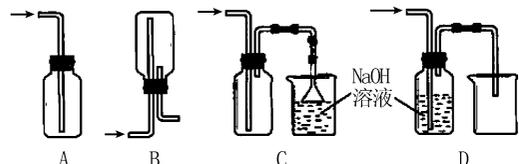
化学实验设计题,有实验操作顺序的设计,有确认某混合物成分的实验设计,有验证化学原理和反应规律的设计,也有物质纯度的设计。

一、验证化学原理和反应规律的设计

例 1 (2013 年广东高考题) 化学实验有助于理解化学知识,形成化学观念,提高探究与创新能力,提升科学素养。

(1) 在实验室中用浓盐酸与 MnO_2 共热制取 Cl_2 并进行相关实验。

① 下列收集 Cl_2 的正确装置是 ____。② 将 Cl_2 通入水中,所得溶液中具有氧化性的含氯粒子是 ____。③ 设计实验比较 Cl_2 和 Br_2 的氧化性,操作与现象是:取少量新制氯水和 CCl_4 于试管中, ____。



(2) 能量之间可以相互转化:电解食盐水制备 Cl_2 是将电能转化为化学能,而原电池可将化学能转化为电能.设计两种类型的原电池,探究其能量转化效率。

限选材料: $ZnSO_4(aq)$, $FeSO_4(aq)$, $CuSO_4(aq)$; 铜片,铁片,锌片和导线。① 完成原电池的装置示意图(见图 1),并作相应标注.要求:在同一烧杯中,电极与溶液含相同的金属元素。② 以铜片为电极之一, $CuSO_4(aq)$ 为电解质溶液,只在—个烧杯中组装原电池乙,工作一段时间后,可观察到负极 ____。

③ 有盐桥的原电池(图 2)和在同一 $CuSO_4$ 溶液中的 Zn—Cu 电池,哪个转化电能更有效____,原因 ____。

(3) 根据牺牲阳极的阴极保护法原理,为减缓电解质溶液中铁片的腐蚀,在(2)的材料中

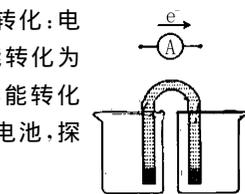


图 1

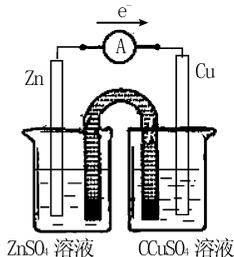
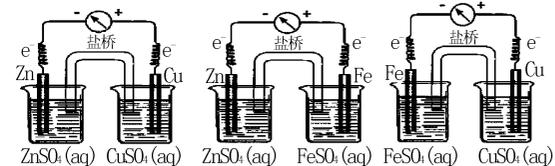


图 2

应选 ____ 作阳极。

解析 (1) Cl_2 是有刺激性气味、密度比空气大、有毒的黄绿色气体,在制备和收集 Cl_2 时必须有尾气吸收装置. A 没有排气管不能用于收集气体; B 用于收集密度比空气小的气体; C 用以收集密度比空气大的气体,且有尾气吸收装置; D 不能收集氯气. 氯气与水反应生成盐酸和次氯酸,次氯酸为弱酸部分电离,所以有氧化性的含氯粒子是 Cl_2 、 $HClO$ 和 ClO^- . 比较 Cl_2 和 Br_2 的氧化性,可以利用置换反应. 所以其具体操作是:取少量新制氯水和 CCl_4 于试管中,用胶头滴管向试管中滴加 $NaBr$ 溶液,振荡静置,溶液下层呈橙色。(2) 由题给试剂,结合原电池的形成条件可知可以组合的原电池可以是:锌铜、锌铁、铁铜原电池. 由图示所给电子移动方向可知左边为负极(活泼金属)、右边为正极(不活泼金属),则组装的原电池可以如下:



由所给的电极材料可知,当铜片做电极时,铜片一定是正极,则负极是活泼的金属(失电子发生氧化反应),反应的现象是电极逐渐溶解. 以 Zn 和 Cu 做电极为例,如果不用盐桥则 Zn 与 $CuSO_4$ 反应,置换出的 Cu 附着在 Zn 表面,阻碍了 Zn 与 $CuSO_4$ 的接触,不能提供稳定电流。(3) 根据牺牲阳极的阴极保护法,可知被保护的金属作阴极,即 Zn 作为阳极。

答案: (1) C; $HClO$ 和 ClO^- ; 取少量新制氯水和 CCl_4 于试管中,用胶头滴管向试管中滴加 $NaBr$ 溶液,振荡静置,溶液下层呈橙色 (2) (装置如图 3); 电极逐渐溶解; 图 2 电池; 可以避免活泼金属如 Zn 和 $CuSO_4$ 的接触,从而提供稳定电流 (3) Zn

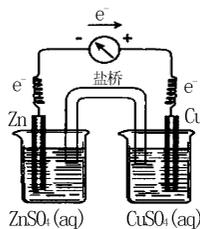
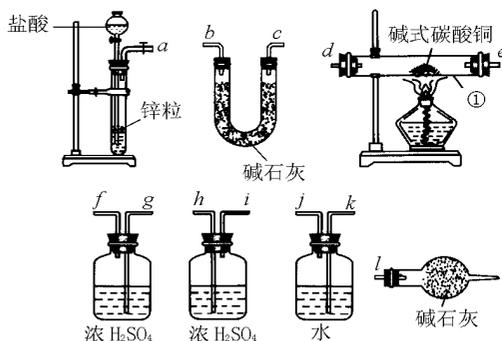


图 3

二、实验操作顺序的设计

例 2 (2009 宁夏卷) 碱式碳酸铜可表示为: $xCuCO_3 \cdot yCu(OH)_2 \cdot zH_2O$, 测定碱式碳酸铜组成的方法有多种。

(1) 现采用氢气还原法, 请回答如下问题: ① $x\text{CuCO}_3 \cdot y\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ 与氢气反应的化学方程式 _____; ② 试验装置用下列所有仪器连接而成, 按氢气流向的连接顺序是(填入仪器接口字母编号): (a)→()→()→()→()→()→()→()→(1)



③ 称取 23.9 g 某碱式碳酸铜样品, 充分反应后得到 12.7 g 残留物, 生成 4.4 g 二氧化碳和 7.2 g 水. 该样品的结晶水质量为 _____ g, 化学式为 _____;

(2) 某同学以氮气代替氢气, 并用上述全部或部分仪器来测定碱式碳酸铜的组成, 你认为是否可行? 请说明理由 _____.

解析 (1) 只要把它理解为 CuCO_3 和 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 受热分解后产物 CuO 再与氢气反应, 第①问便可以解决; 对于②要分析出测定反应后 CO_2 和 H_2O 质量. 因此, 对于氢气发生器后仪器的选择是除氯化氢和水蒸气, 防止对后续测定影响就可以了, 因为测定 H_2O 和 CO_2 分别用浓硫酸和碱石灰是固定的. ③ 根据生成 CO_2 和 H_2O 的质量计算, 可知结晶水的质量为 1.8 g, 化学式为: $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

(2) 其实在分析(1)①方程式的书写, 便得到了碱式碳酸铜受热分解的方程式: $x\text{CuCO}_3 \cdot y\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O} = (x+y)\text{CuO} + x\text{CO}_2 \uparrow + (y+z)\text{H}_2\text{O} \uparrow$, 稍加分析可知, 依据碱式碳酸铜、 CuO 、 CO_2 和 H_2O 质量(或其中任意三个量), 可计算其组成.

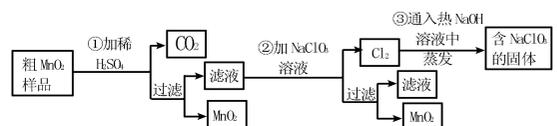
答案: (1) ① $x\text{CuCO}_3 \cdot y\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O} + (x+y)\text{H}_2 = (x+y)\text{Cu} + x\text{CO}_2 \uparrow + (x+2y+z)\text{H}_2\text{O} \uparrow$; ② a→kj→gf(hi)→de(ed)→hi(gf)→bc(cb)→l; ③ 1.8, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

(2) 可行 根据反应 $x\text{CuCO}_3 \cdot y\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O} = (x+y)\text{CuO} + x\text{CO}_2 \uparrow + (y+z)\text{H}_2\text{O} \uparrow$, 依据碱式碳酸铜、 CuO 、 CO_2 和 H_2O 质量(或其中任意三个量), 即可计算出其组成.

三、确认混合物成分及提纯的实验设计

例 3 (2011 年安徽高考题) MnO_2 是一种重要

的无机功能材料, 粗 MnO_2 的提纯是工业生产的重要环节. 某研究性学习小组设计了将粗 MnO_2 (含有较多的 MnO 和 MnCO_3) 样品转化为纯 MnO_2 的实验, 其流程如下:



(1) 第①步加稀 H_2SO_4 时, 粗 MnO_2 样品中的 _____ (写化学式) 转化为可溶性物质

(2) 写出第②步反应的离子方程式并配平 _____ + ClO_3^- + _____ → $\text{MnO}_2 \downarrow$ + $\text{Cl}_2 \uparrow$ + _____

(3) 第③步蒸发操作必需的仪器有铁架台(含铁圈)、____、____、____, 已知蒸发得到固体中有 NaClO_3 和 NaOH , 则一定还含有 _____ (写化学式).

(3) 若粗 MnO_2 样品的质量为 12.69 g, 第①步反应后, 经过滤得到 8.7 g MnO_2 , 并收集到 0.224 L CO_2 (标准状况下), 则在第②步反应中至少需要 _____ mol NaClO_3 .

解析 样品中含有 MnO 和 MnCO_3 的质量为 $12.69 \text{ g} - 8.7 \text{ g} = 3.99 \text{ g}$, 其中 MnCO_3 物质的量为 0.01 mol 即质量为 1.15 g, MnO 的质量为 $3.99 \text{ g} - 1.15 \text{ g} = 2.84 \text{ g}$ (即 0.04 mol). 所以经第①步过滤后的滤液中含有 0.05 mol Mn^{2+} , 根据得失电子守恒, 则有: $5n(\text{NaClO}_3) = 2 \times 0.05 \text{ mol} = 0.10 \text{ mol}$, $n(\text{NaClO}_3) = 0.02 \text{ mol}$. 答案: (1) MnO 和 MnCO_3 (2) $5\text{Mn}^{2+} + 2\text{ClO}_3^- + 4\text{H}_2\text{O} = 5\text{MnO}_2 \downarrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}^+$ (3) 蒸发皿 酒精灯 玻璃棒 NaCl (4) 0.02

四、有关物质制备的实验设计

例 4 (2013 年天津高考题) FeCl_3 在现代工业生产中应用广泛. 某化学研究性学习小组模拟工业生产流程制备无水 FeCl_3 , 再用副产品 FeCl_3 溶液吸收有毒的 H_2S .

I. 经查阅资料得知: 无水 FeCl_3 在空气中易潮解, 加热易升华. 他们设计了制备无水 FeCl_3 的实验方案, 装置示意图如图 4 (加热及夹持装置略去) 及操作步骤如下:

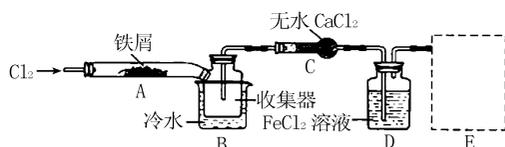


图 4

① 检查装置的气密性; ② 通入干燥的 Cl_2 , 赶尽装置中的空气; ③ 用酒精灯在铁屑下方加热至反应完成; ④ ……; ⑤ 体系冷却后, 停止通入 Cl_2 , 并用 ▶

2013 年高考“化学计算”分类例析

河南省鲁山县第三高级中学 (467300) 师殿峰

一、有关物质的量与阿伏加德罗常数的计算

例 1 (江苏化学卷) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是()。

- A. 1 L $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaClO 溶液中含有 ClO^- 的数目为 N_A
- B. 78 g 苯含有 $\text{C}=\text{C}$ 双键的数目为 $3N_A$
- C. 常温常压下, 14 g 由 N_2 与 CO 组成的混合气体含有的原子数目为 N_A
- D. 标准状况下, 6.72 L NO_2 与水充分反应转移的电子数目为 $0.1N_A$

解析 在 1 L $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaClO 溶液中, 由于 ClO^- 能够水解, 其物质的量 $n(\text{ClO}^-) < 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \text{ L} = 1 \text{ mol}$, 即其含有 ClO^- 的数目小于 N_A , 则 A 项错误; 尽管 78 g 苯的物质的量为 1 mol ($78 \text{ g} \div 78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1 \text{ mol}$), 但苯中没有 $\text{C}=\text{C}$ 双键(苯分子中的碳碳键是介于单键和双键之间的一种独特的键), 则 B 项错误; 因 N_2 与 CO 的摩尔质量均为 $28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 且均为双原子分子, 而 14 g N_2 与 CO 的混合气体的物质的量为 0.5 mol ($14 \text{ g} \div 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.5 \text{ mol}$), 其含有的原子数目为 N_A , 则 C 项正确; 标准状况下 6.72 L NO_2 的物质的量为 0.3

mol ($6.72 \text{ L} \div 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.3 \text{ mol}$), 由反应 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 可知, 0.3 mol NO_2 与水充分反应转移的电子数目为 $0.2N_A$, 则 D 项错误。

答案为 C。

例 2 (全国理综课标卷 II) N_0 为阿伏伽德罗常数的值。下列叙述正确的是()。

- A. 1.0 L $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaAlO_2 水溶液中含有的氧原子数为 $2N_0$
- B. 12 g 石墨烯(单层石墨)中含有六元环的个数为 $0.5N_0$
- C. 25°C 时 $\text{pH}=13$ 的 NaOH 溶液中含有 OH^- 的数目为 $0.1N_0$
- D. 1 mol 的羟基与 1 mol 的氢氧根离子所含电子数均为 $9N_0$

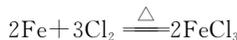
解析 $1.0 \text{ L } 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaAlO_2 水溶液中, 溶质的物质的量 $n(\text{NaAlO}_2) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \text{ L} = 1 \text{ mol}$, 1 mol NaAlO_2 中含有的氧原子数为 $2N_0$, 但溶剂 H_2O 中也含有氧原子, 即其水溶液中含有的氧原子数大于 $2N_0$, 则 A 项错误; 12 g (即 $12 \text{ g} \div 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

►干燥的 N_2 赶尽 Cl_2 , 将收集器密封。

请回答下列问题: (1) 装置 A 中反应的化学方程式为 _____; (2) 第③步加热后, 生成的烟状 FeCl_3 大部分进入收集器, 少量沉积在反应管 A 的右端。要使沉积的 FeCl_3 进入收集器, 第④步操作是 _____; (3) 操作步骤中, 为防止 FeCl_3 潮解所采取的措施有(填步骤序号) _____; (4) 装置 B 中的冷水作用为 _____; 装置 C 的名称为 _____; 装置 D 中 FeCl_2 全部反应完后, 因为失去吸收 Cl_2 的作用而失效, 写出检验 FeCl_2 是否失效的试剂: _____ (5) 虚线框内画出尾气吸收装置 E 并注明试剂;

II. 该组同学用装置 D 中的副产品 FeCl_3 溶液吸收 H_2S , 得到单质硫; 过滤后, 再以石墨为电极, 在一定条件下电解滤液。(6) FeCl_3 与 H_2S 反应的离子方程式为 _____; (7) 电解池中 H^+ 在阴极放电产生 H_2 , 阳极的电极反应为 _____; (8) 综合分析实验 II 的两个反应, 可知该实验有两个显著优点: ① H_2S 的原子利用率 100%; ② _____;

解析 (1) A 中反应的化学方程式:

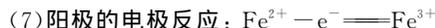
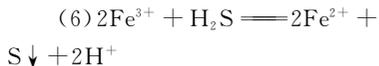


(2) 要使沉积的 FeCl_3 进入收集器, 根据 FeCl_3 加热易升华的性质, 第④的操作应该是: 在沉积的 FeCl_3 固体下方加热。

(3) 为防止 FeCl_3 潮解所采取的措施有②通入干燥的 Cl_2 , ⑤用干燥的 N_2 赶尽 Cl_2 ,

(4) B 中的冷水作用是冷却 FeCl_3 使其沉积, 便于收集产品; 装置 C 的名称为干燥管, 装置 D 中 FeCl_2 全部反应完后, 因为失去吸收 Cl_2 的作用而失效, 检验 FeCl_2 是否失效就是检验二价铁离子, 最好用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, 也可以用酸性高锰酸钾溶液检验。

(5) 吸收的是氯气, 不用考虑防倒吸



(8) 该实验的另一个优点是 FeCl_3 可以循环利用。

(收稿日期: 2013-12-14)

