

实验方案设计与评价题解法指导及实例分析*

安徽省无为县教子湾中学 238341 王廷虎

对实验方案的设计与实验方案的评价,基本上是一回事。前者需要根据实验目的独立地设计出实验步骤,并预估实验现象及由此得出的结论;后者是对已有实验方案的正确与否、合理与否、简明与否进行评价。显然,前者的难度要比后者大得多。实验方案的设计常以实验报告的形式呈现。

一、化学实验方案设计的基本要求

1. 科学性

实验原理、实验方法和操作过程必须科学、严谨、合理。

2. 安全性

实验操作要尽量防止带有危险性的操作,尽量避免与有毒物质接触。若无法避免有毒物质,则应采取安全措施,以防造成环境污染和人身伤害。

3. 可行性

设计的实验方案要真正切实可行,所选药品、仪器、装置经济可靠。

4. 简约性

实验设计应简单易行,要求实验装置简单,实验操作简便,实验现象明显。

对实验方案的评价也应以上述要求为标准。

二、化学实验方案设计题的一般解题思路

1. 认真审题,明确实验目的,找出实验的关键。

2. 根据实验目的,确定实验基本原理,进而选择仪器及药品,设计好实验步骤。

3. 运用基本知识和操作原理,将实验连成一个整体,一般由具体装置和具体操作两部分组成。

具体装置一般是:气体发生装置→气体除杂装置→气体干燥装置→物质性质的实验装置→尾气处理装置。

(1) 气体除杂装置:如果用洗气装置除杂,一般是先除杂,后干燥;如果用加热装置除杂,一般是先干燥,后除杂。

(2) 尾气处理方法:有毒气体应利用溶液吸收(如 Cl_2 、 SO_2 用 NaOH 溶液吸收)或点燃(如 CO);无毒气体可以直接排入空气中。

(3) 注意多种杂质的除杂顺序和多种物质的

检验顺序,如鉴定 H_2 、 CO 、 CH_4 燃烧产物时,应先检验水蒸气,再检验 CO_2 。

(4) 注意某一装置的重复使用。

(5) 注意多余装置的筛选。

具体操作一般是:装置的连接→气密性的检查→装入固体药品→加入液体药品→固定装置→加热。

(1) 加热前一般是先通入原料气赶走装置内的空气,然后才点燃酒精灯,目的是为了防止发生爆炸(如用 H_2 、 CO 还原 CuO)。

(2) 实验结束时,用排水法收集气体(或通入溶液中反应时),要先从水槽中移出导管然后再熄灭酒精灯,以防止产生水的倒吸而炸裂仪器;熄灭酒精灯时,还要注意先灭后关,如用启普发生器制取 H_2 来还原 CuO 时,要先熄灭酒精灯,待 Cu 冷却后再关掉启普发生器导气管上的活塞,以防止反应生成的 Cu 又被空气中的氧气氧化成 CuO 。

三、中考化学实验方案设计与评价题的常见题型

1. 有关化学实验操作步骤的设计与评价

例 1 (2014 年陕西) 实验室制取 CO_2 的有关操作如图 1, 不正确的是()。

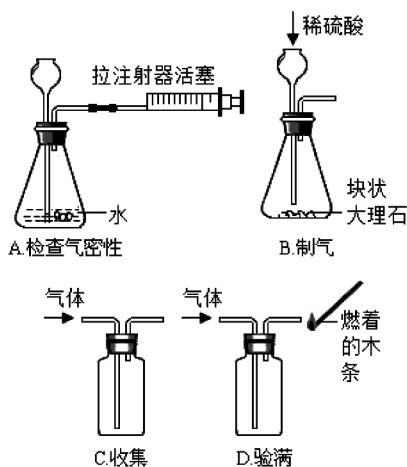


图 1

解析 用图中装置检查气密性时,拉注射器

活塞,若装置的气密性良好,则在长颈漏斗的下端会有气泡冒出,A正确;制取二氧化碳时不能用稀硫酸,因为稀硫酸与碳酸钙发生反应,会生成微溶于水的硫酸钙,它能覆盖在大理石的表面阻碍反应的进一步进行,使反应进行一段时间就停止了,B错误;二氧化碳密度比空气大,用图中装置收集时应将进气管伸到集气瓶的底部,C正确;验满二氧化碳时应将燃着的木条放在集气瓶口,若用图D中装置收集,燃着的木条应放在刚伸出瓶塞的导管一边,D正确。答案 B

2. 有关物质制备和性质的实验设计与评价

例2 (2014年济宁) 轻质碳酸钙广泛应用于橡胶、塑料、油漆、水性涂料以及造纸等行业,日常生活中的牙膏也常用它作摩擦剂。目前轻质碳酸钙的生产主要是碳化法,工艺流程见图2:

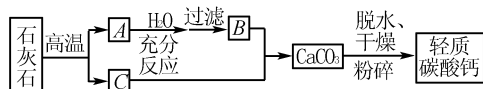


图2

请分析轻质碳酸钙的生产流程,回答下列问题:

- (1) 物质B的化学式为_____;
- (2) 在A→B之间,过滤操作的目的是_____;
- (3) 在B + C → CaCO₃的过程中,应控制物质C的流量,原因是_____(用化学方程式表示);
- (4) 生产轻质碳酸钙的方法很多,请再设计一种制备方法_____(用化学方程式表示)。

解析 石灰石(主要成分碳酸钙)高温能分解生成氧化钙和二氧化碳,氧化钙能与水反应生成氢氧化钙,故A是氧化钙,C是二氧化碳,B是氢氧化钙,氢氧化钙能与二氧化碳反应生成碳酸钙和水。(1) 氢氧化钙的化学式为Ca(OH)₂;(2) Ca(OH)₂在常温下的溶解度很小,需过滤出不溶的Ca(OH)₂。(3) 生成CaCO₃的过程中,CO₂过多会继续和CaCO₃反应生成Ca(HCO₃)₂。(4) 用可溶性的碳酸盐和含钙的可溶性盐或碱,也能生成碳酸钙。

答案: (1) Ca(OH)₂ (2) 将Ca(OH)₂与水分离 (3) CaCO₃ + CO₂ + H₂O = Ca(HCO₃)₂ (4) Na₂CO₃ + CaCl₂ = CaCO₃↓ + 2NaCl

3. 有关物质分离和提纯的实验设计与评价

例3 (2014年汕尾) 木炭还原氧化铜实验后的混合粉末中含有铜、氧化铜、木炭粉,某化学

实验小组设计回收铜的方案如图3所示:

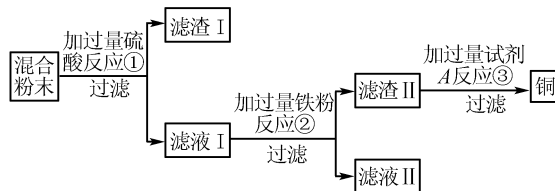


图3

(1) 过滤操作中必须用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒和_____,其中玻璃棒的作用是_____。

(2) 反应①的化学方程式为_____。

(3) 滤液II中的溶质为_____。

(4) 试剂A最好选用下列_____溶液(填序号)。

- ①H₂SO₄ ②CuSO₄ ③MgSO₄

(5) 为了完善实验方案,可对滤渣I中的_____进行回收。

解析 (1) 根据过滤时所用仪器可知,必须用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒和漏斗,其中玻璃棒的作用是引流。(2) 氧化铜与硫酸反应生成硫酸铜和水,而铜、木炭与硫酸不反应。(3) 反应①后,滤液I中的溶质是硫酸和硫酸铜,加入过量铁粉,硫酸和铁粉反应生成硫酸亚铁和氢气,硫酸铜和铁粉反应生成硫酸亚铁和铜,过滤后滤液II中的溶质为硫酸亚铁。(4) 滤渣II中含有剩余的铁粉,经过③后得到铜,可知除去过量的铁粉,最好用硫酸铜溶液;(5) 开始混合粉末中的铜没有和硫酸反应,进入滤渣I中,为了回收更多的铜,可将滤渣I中的铜回收。

答案: (1) 漏斗 引流 (2) H₂SO₄ + CuO = CuSO₄ + H₂O (3) 硫酸亚铁(或FeSO₄) (4) ② (5) 铜(或Cu)

4. 有关物质鉴别的实验设计与评价

例4 (2014年兰州) 为了鉴别碳酸钾溶液和氢氧化钾溶液,同学们进行了探究实验,分别取两种溶液于两支试管中,各滴入一定量的氯化钙溶液,观察到一支试管中出现白色浑浊,实验结束后,同学们将废液倒入同一个干净的烧杯中,发现废液变浑浊,同学们对废液进行了过滤,并对滤液的成分进行了探究。

【提出问题】滤液中除水外还含有那些物质?

【猜想】A. 可能含有氢氧化钾、氯化钾和碳酸钾
B. 可能含有氢氧化钾、氯化钾

C. 可能含有氢氧化钾、氯化钾、碳酸钾和氯化钙

你认为还可能是____(写出一种猜想)。

【讨论】你认为____猜想不合理(填字母),请说明理由_____。

【实验设计】设计一个简单的实验,证明你的猜想正确。

| 实验步骤 | 实验现象 | 实验结论 |
|---------------|-------|------|
| 取样于试管中, _____ | _____ | 猜想正确 |

【反思交流】写出碳酸钾与氯化钙反应的化学方程式_____。在分析化学反应后所得物质的成分时,除考虑生成物外还需考虑_____。

解析 【猜想】氯化钙如果过量,此时滤液中还可能含有氯化钙,所以猜想为可能含有氢氧化钾、氯化钾和氯化钙。【讨论】C 不合理,因为碳酸钾和氯化钙能发生反应,即碳酸钾和氯化钙不能共存。【实验设计】在鉴别实验过程中,氢氧化钾没有被消耗,故滤液中一定存在氢氧化钾;因碳酸钾与氯化钙发生反应生成碳酸钙沉淀和氯化钾,故滤液中一定存在氯化钾;向滤液中加入可溶性碳酸盐(如碳酸钾、碳酸钠等)溶液,若产生白色沉淀,则可证明滤液中存在氯化钙,综上可证明猜想正确。【反思交流】碳酸钾与氯化钙反应的化学方程式为 $K_2CO_3 + CaCl_2 = CaCO_3 \downarrow + 2KCl$ 。在分析化学反应后所得物质的成分时,除了考虑生成物外还需考虑反应物是否过量,即反应后是否有剩余。

答案 【猜想】氢氧化钾、氯化钾和氯化钙

【讨论】C 碳酸钾和氯化钙能发生反应,生成沉淀

【实验设计】滴入碳酸钾溶液(或碳酸钠溶液等答案合理均可)产生白色沉淀)

【反思交流】 $K_2CO_3 + CaCl_2 = CaCO_3 \downarrow + 2KCl$ 反应物是否剩余

5. 综合实验设计与评价

例 5 (2014 年枣庄)某化学兴趣小组的四位同学对氢氧化钠溶液与稀盐酸混合后,所得溶液中溶质的成分进行了探究。

【作出猜想】小马猜想:溶质有 NaCl、HCl、NaOH

小程猜想:溶质只有 NaCl

小宫猜想:溶质有 NaCl、HCl

小尚猜想:溶质有 NaCl、NaOH

(1) 老师认为小马的猜想是错误的,她的理由是_____。

【方案设计】小程和小宫分别设计了如下方案验证各自的猜想。

| 方案设计者 | 方案步骤 | 方案预估现象 | 方案结论 |
|-------|--|---------|--------|
| 小程 | 用一根洁净的玻璃棒蘸取反应后的溶液沾在试纸上,把试纸所呈现的颜色与标准比色卡进行对照 | pH = 7 | 小程猜想正确 |
| 小宫 | 取少量反应的溶液于一支试管中,再向试管中滴加稀硝酸和硝酸银溶液 | 有白色沉淀生成 | 小宫猜想正确 |

【方案评价】(2) 两位同学中_____的方案正确。

【方案反思】(3) 请分析错误方案的原因_____ (都正确,不作答)。

【拓展研究】(4) 请你再设计一个实验方案验证小尚的猜想正确,填写下列实验报告。

| 方案步骤 | 方案预估现象 | 方案结论 |
|--------|--------|------|
| 小尚猜想正确 | | |

解析 (1) 盐酸与氢氧化钠不能共存,因为如果二者都有会继续反应。(2) 稀盐酸呈酸性, pH < 7, 氢氧化钠溶液呈碱性, pH > 7, 氯化钠溶液呈中性, pH = 7, 因此用测 pH 的方法来判断反应后溶液中的溶质是正确的。(3) 稀盐酸和氢氧化钠反应会生成氯化钠,氯化钠溶液与硝酸银溶液反应也会生成不溶于稀硝酸的白色沉淀,因此小宫的方法是错误的。(4) 小尚的猜想是溶液中有氯化钠和氢氧化钠,氯化钠是反应的生成物,是肯定有的,因此只要验证出有氢氧化钠即可,可根据氢氧根离子的性质进行验证。

答案:(1) 盐酸与氢氧化钠溶液能发生反应(水溶液中 H^+ 、 OH^- 不能大量共存) (2) 小程

(3) 中和反应产物有 NaCl(Cl^-), 加入硝酸银溶液会生成白色沉淀,不能说明是否有 HCl

(4) 方案步骤: 取少量反应后的溶液于一支试管中,再向试管中滴加硫酸铜溶液(或其它可溶性铜盐溶液) 预估现象: 有蓝色沉淀生成(或取少量反应后的溶液于一支试管中,再向试管中滴加无色酚酞试液 酚酞试液变红色 或用一根洁净的玻璃棒蘸取反应后的溶液沾在 pH 试纸上,把试纸所呈现的颜色与标准比色卡进行对照 pH > 7 或其它合理答案)

(收稿日期: 2014 - 12 - 08)