

以上海高考题为例谈化学实验方案的设计与评价

上海新王牌教育 200011 张顺清

此类试题能全面综合地考查考生的化学知识、实验技能、思维过程及书面表达能力。本文把近十余年上海高考主观题(非选择题)中的涉及化学实验方案的设计与评价的试题进行了详细的汇总和归类,希望对上海地区化学同仁们的高三复习备考有所裨益。

一、考查化学实验方案的评价

对几个实验方案的正确与错误、严密与不严密、准确与不准确作出判断,要考虑是否完全合理、有无干扰现象等,一般从下面几个方面进行评价:①生成相同量的产品,副产品可循环利用,消耗原料少且原料丰富可再生,价格低廉的方案优;②条件合适,操作简单步骤少的方案优;③转化率高、产物纯净的方案优;④环境友好无污染的方案优。这种类型的试题是近三年上海高考实验题的必考点,连续三年每年都有考查,特别是2014年出现了二次。

例1 (2014年)在精制饱和食盐水中加入碳酸氢铵可制备小苏打(NaHCO_3),并提取氯化铵作为肥料或进一步提纯为工业氯化铵。滤出小苏打后,母液提取氯化铵有两种方法:①通入氨,冷却、加食盐,过滤;②不通氨,冷却、加食盐,过滤。对两种方法的评价正确的是____(选填编号)

- 析出的氯化铵纯度更高
- 析出的氯化铵纯度更高
- ①的滤液可直接循环使用
- ②的滤液可直接循环使用

解析 母液中含有氯化铵、饱和碳酸氢钠、未反应完的氯化钠,在低温条件下,向滤液中加入细粉状的氯化钠,并通入氨,产生同离子效应可以使氯化铵结晶沉淀析出,此时通入氨还有一个作用是中和饱和碳酸氢钠生成碳酸钠,防止降温后碳酸氢钠析出,使得到的氯化铵更纯净。过滤后滤液中含有氨,不能直接循环使用,而②的滤液可直接循环使用。答案:ad。

例2 (2012年)碳酸氢铵是一种重要的铵盐。实验室中,将二氧化碳通入氨水可制得碳酸氢铵,用碳酸氢铵和氯化钠可制得纯碱。

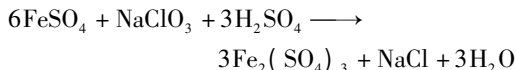
为探究 NH_4HCO_3 和 NaOH 的反应,设计实验方案如下:含 $0.1\text{ mol NH}_4\text{HCO}_3$ 的溶液中加入 0.1 mol NaOH ,反应完全后,滴加氯化钙稀溶液。

若有沉淀,则 NH_4HCO_3 与 NaOH 的反应可能为____(写离子方程式);若无沉淀,则 NH_4HCO_3 与 NaOH 的反应可能为____(写离子方程式);该实验方案有无不妥之处?若有,提出修正意见。

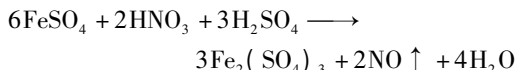
解析 向 NH_4HCO_3 溶液中加入 NaOH 时,发生的离子反应有: $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \longrightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$,若 NaOH 量不足,则两反应存在先后顺序问题,故实验中若产生沉淀,说明反应后溶液中含有 CO_3^{2-} ,证明先发生 $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \longrightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$,否则先发生 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。如果不煮沸,产生的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 能够将 HCO_3^- 变成 CO_3^{2-} 与 Ca^{2+} 产生 CaCO_3 沉淀,最终与前一种现象相同。

答案: $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \longrightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$;需先煮沸,然后滴加氯化钙稀溶液。

例3 (2005年)用 NaClO_3 氧化 FeSO_4 时反应如下:



若改用 HNO_3 氧化,则化学方程式如下:



已知 1 mol HNO_3 价格 0.16 元、 1 mol NaClO_3 价格 0.45 元,评价用 HNO_3 代替 NaClO_3 作氧化剂的利弊,利是____,弊是____。

解析 从环保和成本两个方面考虑,利是原料便宜,弊是 NO 会污染空气。答案:利:原料成本较低;弊:产生气体对大气有污染。

四、考查实验仪器连接和实验操作的方案设计

实验仪器的连接和实验操作的方案设计是化学实验的基础内容,是构成实验综合大题的内核,涉及的内容有:常见反应装置的选择、干燥或除杂装置的选择、量气装置的选择、防倒吸装置、仪器连接的顺序、实验操作的顺序、气密性检查等。

例 8 (2010 年上海) 一次性饭盒中石蜡(高级烷烃)和 CaCO_3 在食物中的溶出量是评价饭盒质量的指标之一,测定溶出量的主要实验步骤设计如下:剪碎、称重→浸泡溶解→过滤→残渣烘干→冷却、称重→恒重。

(1) 为了将石蜡和碳酸钙溶出,应选用的试剂是_____;

- a. 氯化钠溶液 b. 稀醋酸 c. 稀硫酸 d. 正己烷

(2) 在溶出量测定实验中,为了获得石蜡和碳酸钙的最大溶出量,应先溶出_____后溶出_____;

(3) 上述测定实验中,连续_____,说明样品已经恒重。

解析 根据实验步骤,为将石蜡和碳酸钙溶出,可选用稀醋酸溶出碳酸钙、正己烷溶出石蜡;由于醋酸中的乙酸也是有机物,为防止石蜡损失,可以先溶出石蜡再溶出 CaCO_3 ;称重时,当两次称量的结果相差不超过(或小于) 0.001g ,说明达到恒重。

答案: (1) bd; (2) 石蜡、 CaCO_3 ; (3) 两次称量的结果相差不超过(或小于) 0.001g 。

例 9 (2003 年)

工业上测量 SO_2 、 N_2 、 O_2 混合气体中 SO_2 含量的装置如图 1; 反应管中装有碘的淀粉溶液。 SO_2 和 I_2 发生的反应为(N_2 、 O_2 不与 I_2 反应): $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$

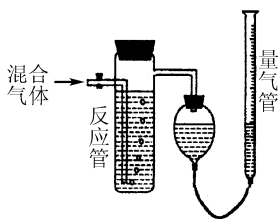


图 1

(1) 混合气体进入反应管后,量气管内增加的水的体积等于_____的体积(填写气体的分子式);

(2) 将上述装置改为简易实验装置,除导管外,还需选用的仪器为:_____(选下列仪器的编号)

- a. 烧杯 b. 试管 c. 广口瓶 d. 容量瓶 e. 量筒 f. 单孔塞 g. 双孔塞

解析 混合气体进入反应管中,其中 SO_2 与 I_2 发生了反应,剩余的气体仅有 N_2 和 O_2 ,量气管

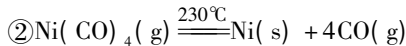
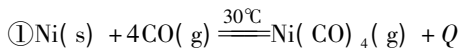
内增加的水的体积等于 N_2 和 O_2 的总体积;由所给装置可知反应管起密闭容器吸收 SO_2 的作用,因此可用试管、广口瓶代替,而量取气体的体积方法除用量气管外,还可用测量气体所排出液体的体积确定,可用广口瓶、双孔塞、量筒代替量气管。

答案: N_2 、 O_2 的体积; bceg 或 beg 或 ceg。

五、考查物质分离与提纯的实验方案设计

物质分离与提纯的实验操作是每年高考实验题的必考知识点,在非选择题中一般以实验大题中的某几个填空或简答的形式考查。常见的分离与提纯的方法有:过滤、蒸发结晶、冷却结晶、分液、萃取、蒸馏、减压蒸馏、减压烘干、洗气、升华、直接加热法、渗析法、纸层析法、化学蒸气转移法、控制 pH 选择性的除去原料中的某种或全部的杂质金属离子等,要根据题目的特点来灵活选择上述方法。

例 10 (2013 年) 镍具有优良的物理和化学特性,是许多领域尤其是高技术产业的重要原料。羰基法提纯粗镍涉及的两步反应依次为:



简述羰基法提纯粗镍的操作过程。

解析 根据反应①②的特点及生成 Ni(CO)_4 的状态,通过化学蒸气转移法来提纯粗镍,控制不同的温度,CO 相当于一个搬运工把粗镍中的镍从封闭玻璃管的一端搬运到另一端。

答案: 把粗镍和 CO 放于一个水平放置的密闭的玻璃容器中,然后在低温下反应,一段时间后在容器的一端加热。

例 11 (2012 年) 粗盐(含 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}) 经提纯后,加入碳酸氢铵可制得碳酸钠。实验步骤依次为:①粗盐溶解;②加入试剂至沉淀完全,煮沸;③_____;④加入盐酸调 pH;⑤加入_____;⑥过滤;⑦灼烧,冷却,称重。

解析 粗盐提纯步骤应是向粗盐溶液中加入沉淀剂、过滤(除去沉淀),然后加入盐酸,调 pH(除去前面加入沉淀剂引入的 OH^- 与 CO_3^{2-})。此时溶液为纯净的 NaCl 溶液,再向该溶液中加入碳酸氢铵,即可析出溶解度较小的碳酸氢钠,然后过滤、洗涤得到纯净 NaHCO_3 ,将 NaHCO_3 加热得到 Na_2CO_3 。

答案: 过滤; 碳酸氢铵。(收稿日期: 2015-01-12)