

## “物质的分离与提纯”知识梳理

江苏省如皋市长江高级中学 226500 陈志祥

物质的分离是将混合物中的各物质彼此分开,最终分别得到各纯净物的过程。物质的提纯是将混合物中的少量杂质除去,最终得到纯净物的过程。物质的分离与提纯的目的不同,但原理相同(均是根据混合物中各物质的物理性质和化学性质);且物质的提纯过程也包含物质的分离过程,只是物质的提纯通常将杂质舍弃。

一、物质的分离与提纯的“四原则”和“三必须”

1. “四原则”:一是“不增”:不增加新的杂质;二是“不减”:不使被提纯的物质减少;三是“易分”:被提纯物质与杂质容易分离;四是“易复原”:被提纯的物质容易复原。

2. “三必须”:一是所加除杂试剂必须过量;二是过量试剂必须除尽;三是必须选择最佳除杂方案。

二、物质的分离与提纯常用的物理方法

1. 过滤:适用于不溶性固体与液体的分离,如粗盐的提纯。其所需实验仪器和用品有:漏斗、烧杯、玻璃棒、铁架台(带铁圈)、滤纸。其实验装置如图 1 所示。其操作注意事项为:①“一贴”:滤纸紧贴漏斗内壁。②“二低”:滤纸边缘低于漏斗

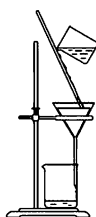


图 1

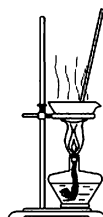


图 2

口,漏斗里液面略低于滤纸边缘。③“三靠”:倾倒液体的烧杯口紧靠玻璃棒,玻璃棒的下端轻靠在三层滤纸上,漏斗下端管口紧靠烧杯内壁。

2. 蒸发:适用于分离溶于溶剂中的溶质,如提取食盐溶液中的 NaCl。其所需实验仪器有:铁架台(带铁圈)或三脚架、酒精灯、蒸发皿、玻璃棒。其实验装置如图 2 所示。其操作注意事项为:①蒸发皿中溶液的体积不能超过蒸发皿容积的 2/3,以免加热时溶液溅出。②在加热过程中要用玻璃棒不断搅拌,以免溶液局部过热而溅出。③当有大量晶体析出时,应停止加热,用余热蒸干。

3. 蒸馏(分馏):适用于沸点相差较大的互溶的液体混合物的分离,如石油的分馏。其所需实验仪器有:铁架台(带铁圈、铁夹)、酒精灯、石棉网、蒸馏烧瓶、温度计、冷凝管、牛角管、锥形瓶。

►程降低反应的活化能,加快化学反应速率,而本身的质量和化学性质反应前后保持不变。根据题给信息知反应 i 中  $\text{Fe}^{2+}$  被  $\text{PbO}_2$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,则反应 ii 中  $\text{Fe}^{3+}$  被 Pb 还原为  $\text{Fe}^{2+}$ ,离子方程式为  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4 + 2\text{Fe}^{2+}$ ;

②a 实验证明发生反应 i,则 b 实验需要证明发生反应 ii,实验方案为取 a 中红色溶液少量,加入过量 Pb,充分反应后红色褪去。

(3) ①过程 II 脱硫过程中发生的反应为  $\text{PbSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{PbO} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,而滤液 I 中含有硫酸,可降低溶液的 pH,使平衡:  $\text{PbO}(\text{s}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaHPbO}_2(\text{aq})$  逆向移动,减少 PbO 的损失,提高产品的产率;②根据

PbO 的溶解度曲线,提纯粗 Pb 的方法为将粗 PbO 溶解在 35% NaOH 溶液中配成高温下的饱和溶液,降温结晶、过滤,得 PbO。

这道题考查了化学工艺流程分析、催化剂、离子方程式书写、化学实验方案的设计、物质的分离提纯、平衡移动原理等知识。在高考中很多其他的化学实验题,考察的知识点可能和这道题不一样,但是实际上考察的形式都大相径庭。这类题目一般考察的知识点较多,综合性较强,难度较大。因此,在高考之前,教师可以带领学生开展化学实验这一模块的专题训练,强化学生解答化学实验题的能力。

(收稿日期:2016-03-15)

其实验装置如图3所示。其操作注意事项为:①给蒸馏烧瓶加热时要垫上石棉网。②蒸馏烧瓶内液体的体积在蒸馏烧瓶容积的1/3~2/3之间。③温度计水银球应位于蒸馏烧瓶支管口处。④为防止暴沸,应在蒸馏烧瓶中加入几粒沸石。⑤冷凝水的方向是“下进上出”。⑥停止加热后,应继续通入冷凝水冷却冷凝管中的蒸气。

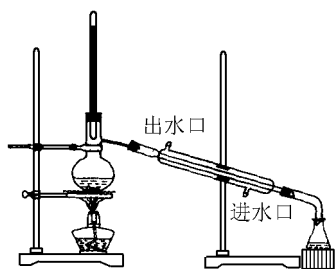


图3

4. 萃取: 适用于在两种互不相溶的溶剂中的溶解度不同的物质的提取, 如用  $\text{CCl}_4$  从碘水中提取碘。其所需实验仪器有: 分液漏斗、铁架台(带铁圈)、烧杯。其实验装置如图4所示。其操作注意事项为: ①溶液与萃取剂的体积不超过分液漏斗容积的1/2。②振荡时, 要塞好塞子, 用右手压住分液漏斗上口玻璃塞, 左手握住活塞部分, 把分液漏斗倒转过来用力振荡, 适时旋转活塞放出气体, 使内外压强平衡。③振荡后, 将分液漏斗置于铁架台的铁圈上, 静置, 使液体分层。



图4

注意: 萃取剂的选择原则为: a. 与原溶剂互不相溶, 更不能与溶质和原溶剂反应。b. 溶质在萃取剂中的溶解度远大于在原溶剂中的溶解度。

5. 分液: 适用于两种互不相溶的液体混合物的分离, 如分离苯和水。其所需实验仪器一般与萃取相同。其实验装置如图5所示。其操作注意事项为: ①先检查分液漏斗上口和玻璃活塞是否漏水, 只有不漏水的分液漏斗才能使用。②将装

有分层液体的分液漏斗放在铁架台的铁圈上, 打开分液漏斗上口的玻璃塞或使塞上的小孔对准漏斗上的小孔, 与大气相同, 打开活塞, 下层液体从下口流出; 待下层液体流完后, 关闭活塞, 将上层液体从上口倒出。③分液时, 分液漏斗下端管口要紧靠在烧杯内壁上。

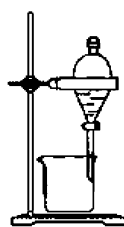


图5

6. 结晶、重结晶: 适用于混合物中各组分的溶解度随温度变化的程度不同的物质的分离, 如  $\text{NaCl}$  和  $\text{KNO}_3$  的分离。其所需实验仪器和用品有: 漏斗、烧杯、玻璃棒、铁架台(带铁圈)、滤纸、酒精灯。其操作注意事项为: ①一般先配制高温度的溶液, 然后降温结晶。②结晶后过滤。

7. 升华: 适用于固体混合物中某一组分在一定温度下可直接变为气态、再冷却成固体的物质的分离, 如分离碘和  $\text{NaCl}$  的混合物。其所需仪器有: 酒精灯、烧杯、圆底烧瓶、铁架台(带铁圈)、石棉网。其实验装置如图6所示。其操作注意事项为: ①给烧杯加热时要垫上石棉网。②烧杯中应盛装冷水。

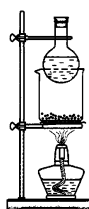


图6

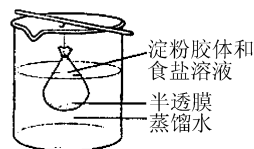


图7

8. 渗析: 适用于胶体的提纯(除去胶体中的离子或小分子), 如除去淀粉胶体中的  $\text{KI}$ 。其所需实验仪器有: 烧杯、半透膜、玻璃棒。其实验装置如图7所示。其操作注意事项为: 要不断更换烧杯中的蒸馏水或改用流动水, 以提高渗析效果。

9. 盐析: 适用于某些物质在加某些无机盐时其溶解度降低而能凝聚的物质的分离, 如蛋白质的盐析。其所需实验仪器有: 漏斗、烧杯、玻璃棒、铁架台(带铁圈)、滤纸。其操作注意事项为: 应选用轻金属的无机盐(包括铵盐), 而重金属盐会使蛋白质变性。

### 三、物质的分离与提纯常用的化学方法

1. 热分解法: 当混合物中含有热稳定性差的

杂质时,可直接加热或灼烧,使热稳定性差的杂质分解而除去。如除去 NaCl 中的 NH<sub>4</sub>Cl。

2. 沉淀法:在混合物中加入某种试剂,使杂质生成沉淀而除去。如除去 NaCl 溶液中的 MgCl<sub>2</sub>,可加入过量的 NaOH 溶液使 Mg<sup>2+</sup> 转化为 Mg(OH)<sub>2</sub> 沉淀,过滤后加入适量盐酸调节溶液为中性。

3. 酸碱法:根据被提纯的物质不与酸(或碱)反应而杂质可与酸(或碱)反应的性质,用酸(或碱)作试剂将杂质除去。如用盐酸除去 SiO<sub>2</sub> 中的 CaCO<sub>3</sub>,用 NaOH 溶液除去 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

4. 氧化还原法:根据混合物中各物质的氧化还原性不同,用氧化剂或还原剂将杂质氧化或还原而除去(或将杂质转化为被提纯的物质)。如:除去 FeCl<sub>2</sub> 溶液中的 FeCl<sub>3</sub> 可加入过量的铁粉,除去 FeCl<sub>3</sub> 溶液的 FeCl<sub>2</sub> 可加入双氧水(或氯水),除去苯中的甲苯可加入酸性 KMnO<sub>4</sub> 溶液。

5. 电解法:利用电解原理来分离提纯物质。如电解法精炼铜。

6. 正盐与酸式盐转化法:除去正盐中的酸式盐时,将酸式盐转化为正盐;除去酸式盐中的正盐时,将正盐转化为酸式盐。如:除去 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 中的 NaHCO<sub>3</sub>,可将固体混合物加热使 NaHCO<sub>3</sub> 转化为 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>;除去 NaHCO<sub>3</sub> 溶液中的 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>,可通入足量的 CO<sub>2</sub> 使 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 转化为 NaHCO<sub>3</sub>。

#### 四、高考题例析

例 1(2014 年全国理综大纲卷)下列除杂质方案错误的是( )。

选项	被提纯的物质	杂质	除杂试剂	除杂方法
A	CO(g)	CO <sub>2</sub> (g)	NaOH 溶液、浓 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	洗气
B	NH <sub>4</sub> Cl(aq)	Fe <sup>3+</sup> (aq)	NaOH 溶液	过滤
C	Cl <sub>2</sub> (g)	HCl(g)	饱和食盐水、浓 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	洗气
D	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s)	NaHCO <sub>3</sub> (s)	/	灼烧

解析 将含有 CO<sub>2</sub> 杂质的 CO 气体依次通过 NaOH 溶液、浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,可分别除去 CO<sub>2</sub> 和水蒸气,A 项正确;NaOH 溶液既能与 Fe<sup>3+</sup> 反应,又能与 NH<sub>4</sub>Cl 溶液反应,且会引入新的杂质,B 项错误;将含有 HCl 杂质的 Cl<sub>2</sub> 依次通过饱和食盐水、浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,可分别除去 HCl 和水蒸气,C 项正确;将含

有 NaHCO<sub>3</sub> 杂质的 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 灼烧,NaHCO<sub>3</sub> 分解生成 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>,D 项正确。故答案为 B。

例 2 (2014 年海南化学卷)下列除杂操作可行的是( )。

- A. 通过浓硫酸除去 HCl 中的 H<sub>2</sub>O
- B. 通过灼热的 CuO 除去 H<sub>2</sub> 中的 CO
- C. 通过灼热的镁粉除去 N<sub>2</sub> 中的 O<sub>2</sub>
- D. 通过水除去 CO 中的 CO<sub>2</sub>

解析 浓硫酸具有吸水性,且与 HCl 不反应,通过浓硫酸可除去 HCl 中的 H<sub>2</sub>O,A 项正确;H<sub>2</sub> 和 CO 都能与灼热的 CuO 反应,将其通过灼热的 CuO 把 H<sub>2</sub> 也除掉了(而转化为 CO<sub>2</sub> 和水蒸气),B 项错误;灼热的镁粉与 N<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 都能反应,将其通过灼热的镁粉把 N<sub>2</sub> 也除掉了,C 项错误;CO<sub>2</sub> 在水中的溶解度很小,通过水不能除去 CO 中的 CO<sub>2</sub>,D 项错误。故答案为 A。

例 3 (2015 年上海化学卷)实验室回收废水中苯酚的过程如图 8 所示。下列分析错误的是( )。

- A. 操作 I 中苯作萃取剂
- B. 苯酚钠在苯中的溶解度比在水中的大
- C. 通过操作 II 苯可循环使用
- D. 三步操作均需要分液漏斗

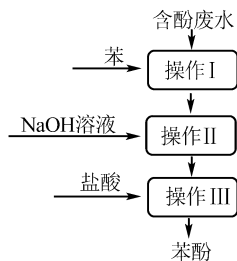


图 8

- A. 操作 I 中苯作萃取剂
- B. 苯酚钠在苯中的溶解度比在水中的大
- C. 通过操作 II 苯可循环使用
- D. 三步操作均需要分液漏斗

解析 苯不溶于水,且常温时苯酚在苯中的溶解度比在水中的溶解度大,A 项正确;苯酚钠是盐,苯酚钠在苯中的溶解度比在水中的小,B 项错误;NaOH 溶液能够与苯酚反应生成苯酚钠溶液与苯分层,分离出苯可循环使用,C 项正确;三步操作均为分液,均需要分液漏斗,D 项正确。故答案为 B。

例 4 (2016 年上海化学卷)下列各组混合物,使用氢氧化钠溶液和盐酸两种试剂不能分离的是( )。

- A. 氧化镁中混有氧化铝
- B. 氯化铝溶液中混有氯化铁
- C. 氧化铁中混有二氧化硅



# 用导学案完成的小高考复习专题教学设计

——以“化学计算”为例

江苏省如东高级中学 226400 沈小祥

化学计算是能力要求很高的题型,复习中不少教师用导学案编制专题,绞尽脑汁,花大力气来提升学生的解题能力,但效果一般,往往是学生听得昏昏沉沉,一知半解,举一反三能力欠缺,到头来还是不会解题。笔者所在学校也有过这样的困惑,但笔者坚信导学案本身是调动学生学习自主性的一种有效的教学手段。通过调研,笔者认为出现上述状况主要有以下原因:①教师选的题难度大且缺乏代表性,学生遇到新情景,理不清题意;②学生使用化学原理如方程式、电荷守恒、元素守恒等解题方法不熟练、不自信。同时笔者还主张提升能力的同时,更要关注学生“最近发展区”,合理设置分析台阶,分步引导,逐步提升解题能力。本文以小高考化学计算复习专题为例,谈谈如

何优化导学案的编制来帮助学生突破瓶颈。

## 一、混合物的计算

例1 将9.0 g 镁铝合金溶于足量稀硫酸后,收集到标准状况下10.08 L 氢气,计算该合金中铝的质量分数。

解析 第一步:写出发生反应的化学方程式:\_\_\_\_、\_\_\_\_。

第二步:假设镁、铝的物质的量分别为  $x$  mol 和  $y$  mol,由化学方程式可知,生成氢气的物质的量分别为\_\_\_\_和\_\_\_\_,根据生成氢气的总物质的量列方程式为\_\_\_\_,根据合金的总质量列方程式为\_\_\_\_。

第三步:解出  $x =$  \_\_\_\_、 $y =$  \_\_\_\_ ,则  $m(\text{Al}) =$  \_\_\_\_  $\mu(\text{Al}) =$  \_\_\_\_。

### ► D. 氯化亚铁溶液中混有氯化铜

解析 对于A项,在混合物中加入过量的NaOH溶液,MgO与NaOH不反应, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 与NaOH生成 $\text{NaAlO}_2$ ,充分反应后过滤、洗涤,得到MgO和 $\text{NaAlO}_2$ 溶液,在 $\text{NaAlO}_2$ 溶液中加入适量盐酸至沉淀量最大,过滤、洗涤得到 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀,将 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 加热分解得到 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,A项能分离。对于B项,向溶液中加入过量的NaOH溶液,氯化铁与NaOH反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀,氯化铝与NaOH反应生成 $\text{NaAlO}_2$ ,过滤、洗涤得到 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀和 $\text{NaAlO}_2$ 溶液;然后向 $\text{NaAlO}_2$ 溶液中加入适量的盐酸至沉淀量最大,过滤、洗涤得到 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀;再分别向两种沉淀中加入适量的盐酸,可分别得到氯化铝溶液和氯化铁溶液,B项能分离。对于C项,在混合物中加入过量的NaOH溶液, $\text{SiO}_2$ 与NaOH反应生成 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,而氧化铁与NaOH不反应,过滤、洗涤得到氧化铁和 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 溶液;再在 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 溶液中加入盐酸生成 $\text{H}_2\text{SiO}_3$ 沉淀,过滤、洗涤得到 $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,将 $\text{H}_2\text{SiO}_3$ 加热分解得到 $\text{SiO}_2$ ,C项能分离。对于D项,在混合物中加入NaOH溶液,二者都能生成沉淀,在得到的沉淀中加入盐酸时两种沉淀都溶解,D项不能分离。故答案为D。

例5 (2016年上海化学卷)实验室提纯含少量氯化钠杂质的硝酸钾的过程如图9所示。下列分析正确的是( )。

A. 操作I是过滤,将固体分离除去

B. 操作II是加热浓缩,趁热过滤,除去杂质氯化钠

C. 操作III是过滤、洗涤,将硝酸钾晶体从溶液中分离出来

D. 操作I~III总共需两次过滤

解析 因 $\text{KNO}_3$ 的溶解度随温度升高而增大、且随温度变化的幅度大, $\text{NaCl}$ 的溶解度随温度的升高而变化的幅度很小,则欲提纯含少量氯化钠杂质的硝酸钾,应将试样溶于热水,再降温结晶。从而可知,操作I是在烧杯中加水溶解;操作II是蒸发浓缩,得到较高温度下的 $\text{KNO}_3$ 饱和溶液;操作III是过滤、洗涤,将硝酸钾晶体从溶液中分离出来;操作I~III只需一次过滤;从而可知,只有C项正确。故答案为C。

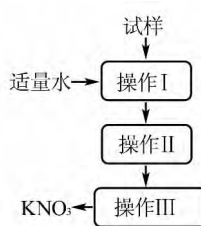


图9