

吸热反应实验创新设计

李静雯, 陈 懿

(南京外国语学校, 江苏南京 210008)

摘要: 人教版化学必修2中的吸热反应实验, 以 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 晶体与 NH_4Cl 晶体为反应原料, 药品用量多、价格高且有污染。改进实验从药品用量、仪器、产物处理等方面进行了探究, 结果表明, 在一定条件下, 选择柠檬酸 ($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 固体与 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 固体混合、柠檬酸饱和溶液与 NaHCO_3 固体混合, 都有吸热效应, 适合学生进行小组或家庭实验, 亲身体会常温下自发进行的吸热反应。

关键词: 吸热反应; 实验改进; 学生家庭实验

文章编号: 1005-6629(2015)4-0053-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

化学是实验科学, 实验能力是学生科学素养的重要组成部分, 以实验为基础展开化学教学已成为化学教育工作者的共识。只有不断改进和创新, 化学实验才会充满生命和活力, 保持其在化学教学中的独特魅力, 最大限度地发挥实验的教育教学功能, 使化学实验教学更切合教学改革的主流, 适应素质教育和创新教育的需求。

1 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 晶体与 NH_4Cl 晶体反应实验改进

1.1 教材中的实验设计

人教版必修2第34页第二章第一节“化学能与热能”中有这样一个实验:

“将约20g $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 晶体研细后与约10g NH_4Cl 晶体一起放入烧杯中, 并将烧杯放在滴有几滴水的玻璃片或小木板上, 用玻璃棒快速搅拌, 闻气味, 用手触摸杯壁下部, 试着用手拿起烧杯, 观察现象。”

1.2 存在问题

该实验虽然简单但还存在以下几点问题:

- (1) $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 用量多、腐蚀性强, 价格高;
- (2) 重金属钡离子有一定的毒性, 处理不当易造成污染;
- (3) 敞开体系, 氨气逸出, 有明显的刺激性气味。

1.3 实验改进

为了解决以上问题, 对实验进行了以下改进:

- (1) 将药品用量减半, 取约10g $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

研细后装入50mL小锥形瓶中, 再加入约5g NH_4Cl , 套上小气球以平衡气压(见图1);

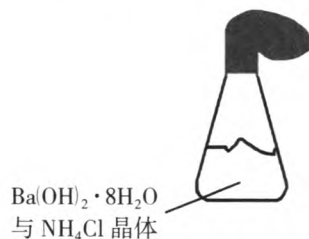


图1 改进的实验装置图

- (2) 请学生用手握住锥形瓶用力振荡;
- (3) 药品迅速变为糊状, 锥形瓶外壁温度迅速降低, 传递锥形瓶给每个学生感受温度的变化;
- (4) 实验结束后加入适量稀硫酸, 吸收 NH_3 , 并使 Ba^{2+} 沉淀。

该实验操作简便, 现象明显, 反应体系密闭, 药品用量小, 污染也小, 便于学生亲身体会化学反应的热效应!

2 吸热反应实验创新设计

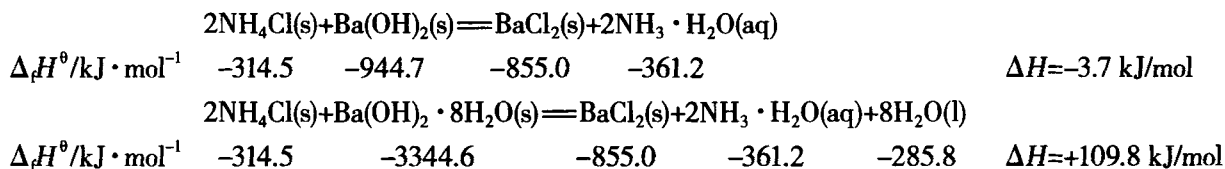
从教材设计及实验目的看, 是为了使学生直观地感受常温下自发进行的吸热反应。为什么这个反应吸热明显? 能不能开发一个类似的反应速率快、吸热现象明显、腐蚀性更小、无毒害的绿色实验?

为了解决这一问题, 必须了解为何教材中要选择 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 。

2.1 探究1: 为何选用 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

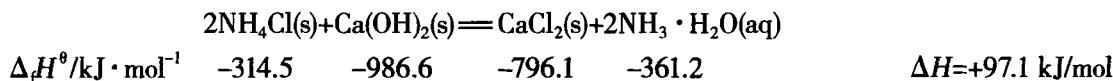
这是很多老师会在实验中产生的疑惑, 能否选用无水 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 呢?

实验 1: 用 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 代替 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 与 NH_4Cl 反应



数据显示, 结晶水的存在使得 NH_4Cl 与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的反应由轻微的放热变为明显的吸热过程。

结论 1: 结晶水的存在可能会使吸热效应更为显著。



实验 2: 用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 代替 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 与 NH_4Cl 反应

现象: 有氨味, 但未出现明显的温度降低。

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 分别与 NH_4Cl 反应的焓变相差不大, 但为何前者没有明显的温度下降呢? 考虑作为固相反应, 速率较慢, 且不断与环境进行热交换, 因此无法表现出明显的温度降低。

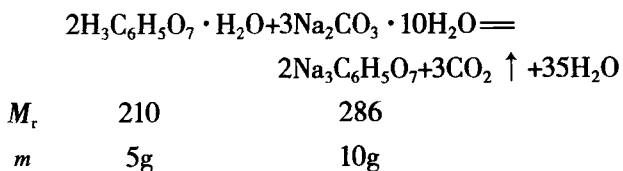
结论 2: 结晶水的存在可能会加快反应速率。

2.2 探究 2: 还可选择何种药品完成吸热反应实验

从动力学和热力学两方面考虑, 要使吸热效应明显需反应速率较快, ΔH 正值较大。又因为 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, 要使反应常温下自发进行还需熵增明显。综合考虑, 选择反应物为结晶水合物, 且能产生气体的反应!

经过大量的实验和文献查阅^[1, 2], 选择柠檬酸晶体与 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 完成了以下实验:

实验 3: 柠檬酸晶体 ($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 与 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 反应



取约 5g $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 与 10g $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 在锥形瓶中混合, 套上小气球, 充分振荡。锥形瓶外壁迅速降温 ($19.5^\circ\text{C} \rightarrow -1.5^\circ\text{C}$), 气球迅速鼓起, 产生大量气泡。

本实验采用的药品廉价易得、腐蚀性低, 产物无毒无害, 适合学生亲身感受常温下的吸热反应!

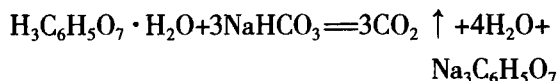
现象: 有氨味, 但未出现明显的温度变化。

查阅兰氏化学手册, 对反应热进行初步计算:

在查找数据时发现, 初中就涉及的 NH_4Cl 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 固体常温下研磨即可发生反应, 吸热效应也很明显, 能不能用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 代替 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 呢?

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 腐蚀性较 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 低, 但能否找到更安全、更绿色, 学生在家里就可以完成的实验呢? 联想人教版初中课本中自制汽水的课外实验, 选择小苏打代替 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。

实验 4: $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 与 NaHCO_3 反应



M_r	210	84
m	5g	5g

取约 5g $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 与 5g NaHCO_3 粉末在锥形瓶中混合, 套上小气球, 充分振荡。反应速度较慢, 约 10 分钟后反应混合物成糊状, 有泡沫, 由于不断和环境热交换, 热现象不明显。

如何能加快固相反应的反应速率, 在短时间内感受温度的降低呢?

将柠檬酸晶体配制成饱和溶液, 再与 NaHCO_3 粉末混合进行了以下实验。

实验 5: NaHCO_3 粉末与柠檬酸饱和溶液反应

向装有约 5g NaHCO_3 粉末的 100mL 小烧杯中加入约 20mL 柠檬酸饱和溶液。烧杯外壁温度迅速降低 ($19.5^\circ\text{C} \rightarrow 3.5^\circ\text{C}$), 产生大量气体。

考虑到可能有 NaHCO_3 的溶解热效应影响, 选用另一只 100mL 小烧杯加入约 5g NaHCO_3 粉末和 20mL 水进行实验, 发现溶液温度未出现明显降低 ($19.5^\circ\text{C} \rightarrow 19.0^\circ\text{C}$)。可以说明 NaHCO_3 粉末与柠檬酸饱和溶液反应有明显的吸热现象!

2.3 相关药品报价

以下是中国试剂网上相关化工产品 (AR 沪试) 报价:

“铜铝 - 浓硝酸原电池装置”的新设计

王雪瑞, 刘松伟

(北京师范大学附属中学, 北京 100052)

摘要: 铜铝 - 浓硝酸原电池是揭示原电池实质的重要案例, 但由于实验存在污染问题, 因此课堂上大多采用只分析原理, 不做实验的“纸上谈兵”方式。为解决实验中 NO_2 的污染问题, 对原电池的实验装置进行了设计与改进, 改进后的实验现象明显, 操作简单可控, 安全环保。

关键词: 原电池; 浓硝酸; 气体污染; 实验装置改进

文章编号: 1005-6629(2015)4-0055-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

1 问题的提出

铜铝 - 浓硝酸原电池中反应复杂, 正、负极随反应进行可以发生转变, 作为典型的实验案例, 既关联了重要物质的化学性质, 又揭示了原电池的反应实质, 有利于学生深刻理解原电池与氧化还原反应的内在关系。但利用普通敞口实验装置(见图1)进行该实验^[1]时, 会产生大量的 NO_2 气体, 造成严重的环境污染, 不适合课堂演示。

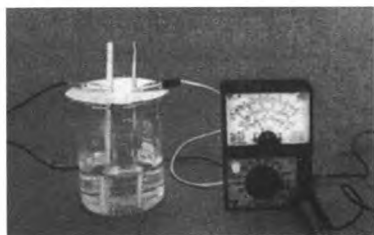


图1 教材上原电池实验装置图

2 实验装置改进

鉴于铜铝 - 浓硝酸原电池实验有利于学生通过直观感受认识原电池的构成和电极反应, 具有

促进形成深刻理解的教学价值, 笔者对上述实验装置进行了改进研究, 提出了两种改进方案, 使实验现象明显、简单易行, 并消除了环境污染。

2.1 实验装置改进方案一

2.1.1 实验用品

球形干燥管一个, 橡皮管一段, 铝、铜电极各一个(长 9cm, 宽 0.8cm), 导线两根, $50\mu\text{A}$ 灵敏电流计一个, 塑料盒一个(长 8cm, 宽 5cm, 高 7.5cm), 带孔塑料盖一个(长 8cm, 宽 5cm), 100mL 烧杯一个, 65% 浓硝酸, 30% 氢氧化钠溶液。

2.1.2 实验装置

电极槽的制作: 取一长方体塑料盒作为反应槽, 按照塑料盒开口的大小制作一个塑料盖, 在塑料盖的正中心位置和一角处各打一圆形小孔, 孔的大小使橡皮管刚好插入又不漏气为宜。中心圆孔的两侧打出两个长方形小洞, 洞的大小使片状铜铝电极刚好插入且可上下移动为宜, 长约 1cm(见图2)。

$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	20.5 元 /500g
NH_4Cl	10.5 元 /500g
$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	13.0 元 /500g
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	12.0 元 /500g
NaHCO_3	10.0 元 /500g

3 结论

柠檬酸($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$)固体与 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 固体的混合、柠檬酸饱和溶液与 NaHCO_3 固体的混合都有明显的吸热效应, 且反应原料廉价易

得, 绿色环保, 适合学生亲身感受常温下自发进行的吸热反应。

参考文献:

- [1] 张晓星, 丁伟. 开发吸热反应和放热反应的新实验 [J]. 教学仪器与实验, 2011, (5): 17~18.
- [2] J. A. 迪安. 兰氏化学手册 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 91~98.