

对氢氧化钠溶解过程热效应的再认识

崔国卿¹ 董鸿志¹ 李彦²

(1. 石家庄市第二中学 河北 石家庄 050057;

2. 山东第一医科大学 山东 济南 250017)

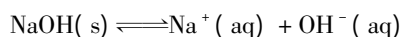
摘要: 氢氧化钠固体溶解是焓减过程, 而其溶解度却随温度升高而增大。通过实验现象与数据分析发现: 氢氧化钠固体溶于低浓度氢氧化钠溶液时是放热过程, 而氢氧化钠固体溶于高浓度氢氧化钠溶液时是吸热过程。

关键词: 氢氧化钠溶解; 电离; 水合; 科学探究; 高中化学

教师除了要教授学科知识本身, 更重要的是在教学活动中对学生思维方式的建构。真正受益学生终身的, 是通过对学日常学习中发现理论与实验结果的矛盾而进行科学探究和证据推理, 进而建构合理的思维方式^[1]。

一、问题背景

氢氧化钠固体溶于水放热, 这是学生眼里的金科玉律^[2, 3]。



$$\Delta H < 0$$

学生的矛盾是: 结合上式和选择性必修一化学原理相关知识可知 $\Delta H < 0$, 升高温度平衡应向逆向移动, 氢氧化钠固体质量增加, 溶解度应该减小。而事实上, 氢氧化钠溶解度随温度升高而增大^[4] (见表 1)。

表 1 不同温度下氢氧化钠的溶解度

温度/℃	10	20	30	40	60
溶解度/g	98	109	119	129	174

二、理论分析

如何解决平衡移动原理与化学事实之间的矛盾?

2013 年, Sergei Vassel 课题组发现表 2 所列实验结果, 即随着所配制的氢氧化钠浓度升高, $n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{NaOH})$ 降低, 其溶解热呈现降低的变

化规律(如图 1、图 2 所示)。

表 2 不同浓度和 $n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{NaOH})$ 下 氢氧化钠的溶解热

氢氧化钠浓度/%	$n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{NaOH})$	氢氧化钠溶解热/kJ/mol
69	1	11.3
52.6	2	21.1
42.5	3	28.9
35.7	4	34.4
30.7	5	37.8
27	6	39.9
21.7	8	41.9
18	10	42.5
12.9	15	42.8
10	20	42.9

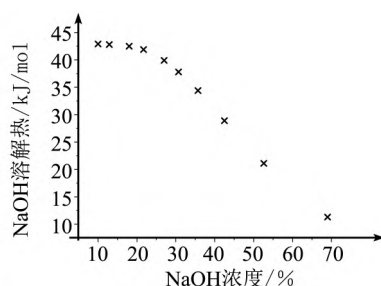
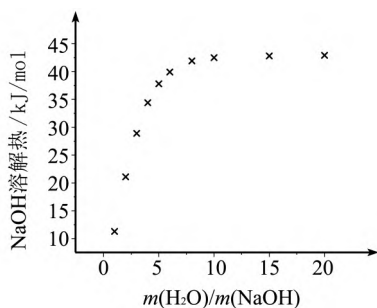


图 1 氢氧化钠溶解热与浓度散点图

从热力学角度看, 氢氧化钠溶解涉及电离和水合 2 个过程^[5, 6]。电离过程需要破坏氢氧化钠固体晶格和解离钠离子与氢氧根, 是需要吸

基金项目: 河北省教育科学“十四五”规划 2023 年度课题“基于认识视角与认识思路的化学课堂教学研究”(2307004); 山东第一医科大学学术提升计划“新型手性药物合成”(2019LJ003)

通讯作者: 董鸿志, E-mail: sjzdlonghz@163.com; 李彦, E-mail: liyann@sdfmu.edu.cn

图2 氢氧化钠溶解热与 $n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{NaOH})$ 散点图

收能量的, 表现为吸热、焓增 ($\Delta H > 0$)。对于氢氧化钠固体来说, 晶格破坏后生成的钠离子和氢氧根还会与水分子形成水合离子, 这一过程是剧烈放热、焓减的 ($\Delta H < 0$)。日常教学中溶解放热通常是指在稀溶液中, 水合过程放出的热量比电离过程吸收的热量多, 表现为氢氧化钠溶解放热。在此基础上推断: 氢氧化钠固体溶于浓氢氧化钠溶液时, 以紧密离子对的形式存在, 水合放出的热量比电离吸收的热量少, 应为吸热过程。

三、实验探究

为了验证上述猜想, 进行如下实验探究。

1. 实验探究

时间: 2023 年 9 月 23 日;

地点: 石家庄二中化学实验室; 室温 20°C 。

(1) 溶液配制:

20°C 下, 氢氧化钠的溶解度为 109 g 。因此, 准确称量氢氧化钠 5.45 、 8.18 、 9.27 、 10.9 g , 分别溶解于 10.0 mL 蒸馏水中, 并依次命名为“ 0.5 溶解度”“ 0.75 溶解度”“ 0.85 溶解度”和“饱和溶液”。

(2) 实验操作:

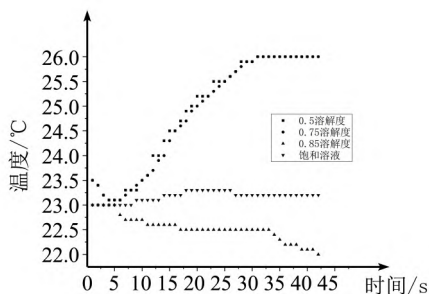
将上述溶液转至洁净的 50 mL 烧杯中, 加入一搅拌子并插入温度计。待溶液温度稳定后, 记录温度计示数。加入 1.0 g 氢氧化钠, 此时时刻记为 0 s 。每隔 1 s 采集温度计示数 1 次。

实验结果:

将所得温度与时间绘制散点图, 如图 3 所示。

2. 实验分析

由图 3 可得, 当氢氧化钠溶液浓度为“ 0.5 溶解度”“ 0.75 溶解度”时, 氢氧化钠溶解时溶液温度升高, 是放热过程 ($\Delta H < 0$)。当溶液浓度为“ 0.85 溶解度”时, 后加入的氢氧化钠固体溶解

图3 20°C 下, 溶液温度与时间散点图

时, 溶液温度降低了 1°C , 是吸热过程 ($\Delta H > 0$)。饱和溶液加入氢氧化钠固体后, 温度变化不明显。此组数据同时还排除了室温 (20°C) 与氢氧化钠固体加入溶液时导致溶液温度下降的可能性。

而对于上述实验结果, 当氢氧化钠浓度较低时, 电离产生的钠离子和氢氧根离子会形成水合离子, 水合放出的热量比电离吸收的热量多, 因此是放热过程。随着氢氧化钠浓度升高, 由于 $n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{NaOH})$ 减小, 水合过程被逐渐抑制, 此时氢氧化钠固体溶于浓氢氧化钠溶液时, 以紧密离子对的形式存在, 水合放出的热量比电离吸收的热量少, 因此, 是吸热过程。

3. 实验结论

综上所述发现: 氢氧化钠固体溶于低浓度氢氧化钠溶液是放热的, 而氢氧化钠固体溶于高浓度氢氧化钠溶液时是吸热的。此外, 实验得到的数据结论与所查到的相关数据吻合。因此, 浓溶液中, 氢氧化钠溶解吸热, 升高温度平衡正向移动, 氢氧化钠溶解度增加。

参考文献:

- [1] 江雷. 高中化学学科科学探究与创新意识素养的考查[J]. 浙江考试, 2023(10): 18-22.
- [2] 郑晓明. 以氢氧化钠为主线的深度学习——以“溶液”单元复习课的教学为例[J]. 化学教育(中英文), 2019, 40(15): 23-27.
- [3] 牟琼林. 氢氧化钠溶解放热实验的改进[J]. 实验教学与仪器, 2018, 35(12): 30-31.
- [4] John A. Dean. Lange's handbook of chemistry(fifteenth edition)[M]. New York: McGraw-Hill, 1999.
- [5] 傅献彩, 沈文霞, 姚天扬, 等. 物理化学: 第五版[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [6] 吴孙富. 电离程度一定随温度的升高而增大吗[J]. 化学教学, 2009(07): 79-80, 77.