

问题教学法在无机化学理论课中的应用

李大塘^{1,2,3,*} 汤建庭³

(1湖南科技大学教师教育大学生创新训练中心, 湖南 湘潭 411201; 2湖南科技大学化学化工学院, 湖南 湘潭 411201;

3湖南科技大学理论有机化学与功能分子教育部重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要: 在无机化学理论课的教学中运用问题教学法, 以突出问题教学创造性和发展性的本质, 激发学生的思维创新性和科学好奇心, 有效培养学生的独创能力。

关键词: 问题教学法; 无机化学; 教学; 实践; 创新

中图分类号: O61; G64

The Teaching Practice of Problem-Based Teaching in Inorganic Chemistry Course

LI Da-Tang^{1,2,3,*} TANG Jian-Ting³

(1Students' Innovative Training Center for Teachers' Education, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, Hunan Province, P. R. China; 2College of Chemistry & Chemical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, Hunan Province, P. R. China; 3Key Laboratory of Theoretical Organic Chemistry and Functional Molecule, Ministry of Education, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, Hunan Province, P. R. China)

Abstract: The problem-based method has been applied to teaching of inorganic chemistry to stimulate students' innovative thinking and scientific curiosity and to effectively raise students' innovative ability.

Key Words: Problem-based teaching method; Inorganic chemistry; Teaching; Practice; Innovation

由于科学技术日新月异的迅猛发展, 社会持续稳定的不断进步, 开展创新性教学, 培养创新型人才, 已成为当今高校面临的紧迫任务。如何充分利用思维发展的客观规律来解决教学实际问题, 问题教学法为此开辟了新的途径。关于问题教学法的由来、实施模式、理论依据、作用与意义等已见文献^[1,2], 在此不多赘述, 下面仅就问题教学法在无机化学理论课中的实践活动进行简要介绍。

1 利用客观事实与学生原有知识的矛盾冲突创设问题情境

在讲溶液浓度的几种表示形式时, 教师问, 医疗常用生理盐水中氯化钠的浓度为多少? 大家齐声回答为0.9%。教师又问, 是否为100 g生理盐水中含0.9 g氯化钠? 大家异口同声好似很有把握地回答说是。见学生对这事例认识是如此的高度一致时, 教师明确指出, 医药上并非如此。这一矛盾的事实使学生隐约地预感到, 莫非还有别的浓度表示方式不成, 由此产生了问题情境。

*通讯作者, Email: dtlhx@163.com

基金资助: 湖南省普通高校实践教学建设项目——湖南科技大学教师教育大学生创新训练中心成果(145814); 国家级化学专业资助(TS1Z078)

这时,教师问学生:为什么生理盐水浓度不是溶质的质量比溶液的质量?然后启发学生看书查资料,以了解医用药物的浓度概念。要求学生查阅图书后,学生终于明白生理盐水的浓度是100 g水中含0.9 g氯化钠,5%的葡萄糖是100 g水中含5 g葡萄糖,10%的葡萄糖是100 g水中含10 g葡萄糖。也就是医用药物百分比浓度(如溶质为固态)是指100 g水中所含溶质的质量,而不是通常的100 g溶液中所含溶质的质量。

通过这一问题教学,真正掌握了常用医疗药物浓度的概念和特别的表示方法,从而完成了对未知知识的探索及问题的解决。

利用客观事实与学生原有知识的矛盾冲突创设问题情境的实例还有许多,例如金属铜直接与稀硫酸反应制取氢气^[3];金属铝直接与稀硝酸反应制取氢气^[4];虽然电极电势 $\varphi_{\text{A}}(\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}) = 0.851 \text{ V} > \varphi_{\text{A}}(\text{I}_2/\text{I}^-) = 0.536 \text{ V}$,把硝酸汞溶液与碘化钾溶液混合却不能发生氧化还原反应^[5];某些液态共价化合物(如五氯化磷、五溴化磷、三氟化溴、五氟化碘、纯硝酸、纯硫酸等)具有强电导性等。

2 利用学生对某一问题所持的不同看法创设问题情境

在讲元素性质时,教师提问: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$, H_2 、 Cl_2 混合气体在光照过程中,系统的压强是否变化?如何变化?不少学生看到方程式反应前后气体分子数没有变化,马上回答系统的压强没有变化,而有些学生则认为有变化,究竟谁对谁错呢?教师提示,要求学生回忆中学所掌握有关卤素的知识,同时启发学生看教科书,并获取网络信息。通过争论发现,尽管反应前后气体分子数没有变化,但 H_2 、 Cl_2 混合气体在点燃的镁条(或太阳光)照射下会发生爆炸^[6],所以 H_2 、 Cl_2 混合气体在光照过程中,系统的压强会变大。

在讲有关化学平衡知识时,教师提问:向某恒温恒压下的氮氢反应合成氨的气相平衡体系中加入氮气,试推断平衡将向何方向移动?许多学生马上想到因为是增加反应物浓度,立即回答平衡将向合成氨的方向移动,而有些学生想到虽然是增加反应物浓度但同时也增大了系统的体积,则认为平衡将向氨分解的方向移动,到底孰是孰非?通过获取网络信息并进行争论发现,向平衡体系中加入 $nx \text{ L N}_2$ 后,平衡移动的方向由起始氮气的平衡浓度 $c(\text{N}_2)$ 的大小决定,可能存在下列三种情况^[7]:

- (1) 当 $\frac{1}{V_0 c(\text{N}_2)} < 2 + x$, 即 $c(\text{N}_2) > \frac{1}{V_0(2+x)}$ 时, $\frac{Q}{K_c^\ominus} > 1$, $\Delta_r G_m > 0$, 平衡向逆反应方向移动。
- (2) 当 $\frac{1}{V_0 c(\text{N}_2)} = 2 + x$, 即 $c(\text{N}_2) = \frac{1}{V_0(2+x)}$ 时, $\frac{Q}{K_c^\ominus} = 1$, $\Delta_r G_m = 0$, 平衡不移动。
- (3) 当 $\frac{1}{V_0 c(\text{N}_2)} > 2 + x$, 即 $c(\text{N}_2) < \frac{1}{V_0(2+x)}$ 时, $\frac{Q}{K_c^\ominus} < 1$, $\Delta_r G_m < 0$, 平衡向正反应方向移动。

由此完成了对这些具有争议问题的教学。

3 利用学生典型的、普遍性的错误设置问题情境

在讲电化学知识向学生介绍化学电源时,教师提问:燃料电池的效率能否大于1?不少学生立即联想到卡诺循环原理所给出的永动机不来的结论,马上回答燃料电池的效率不可能大于1。这时教师要求学生回顾化学热力学基础知识:(1)恒压热效应等于系统的焓变;(2)体系自由能的变小值是体系所做非体积功的最大限量;(3)体系的自由能变与体系的焓变、熵变及温度的关系是: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 。明确的科学依据有助于学生对问题的准确判断,接着让学生查找资料,经过阅读、讨论,学生逐步认识了燃料电池的效率有大于1的可能性^[8]。

在讲述原子核外电子分布规律与元素周期表结构关系时,教师提问:是否有最外层电子数大于8,或其电子层数与所在元素周期表中周期数不一致的中性原子存在?许多学生凭借基础教育积累下

来的知识,回答说没有中性原子最外层电子数大于8的元素。这时教师引导学生看教科书最后面的元素周期表,一种最外层电子数为18的46号钼元素跃然纸上,这样就产生了问题情境。经阅读、讨论后,大家一致认识到要掌握原子的实际电子分布情况,必须遵从客观事实。

回顾原子核外电子分布原理后,在讲元素周期律介绍第一电离能大小规律时,教师问:第一电离能 I_1 大小顺序为 $ns^2np^3 > ns^2np^4$ 是否确切?学生回答说确切。什么原因?“因 p^3 是半充满稳定结构难于失去电子,而 p^4 容易失去1个电子变成 p^3 半充满稳定结构。所以 I_1 大小顺序为 $ns^2np^3 > ns^2np^4$ 是确切的”。这时教师提示,要求学生看书并查阅资料,通过比较、讨论,逐步认识到:要准确掌握原子第一电离能大小顺序,必须从客观事实出发,具体问题具体分析,尽管Sb、Bi是 p^3 结构,Te、Po为 p^4 结构,但由于前者的金属性比后者强,表现出更容易失去电子的趋势,所以第一电离能 I_1 大小顺序为 $5s^25p^3 < 5s^25p^4$, $6s^26p^3 < 6s^26p^4$ ^[9,10]。

在讲Fe(III)试剂颜色时,教师帮助学生复习回顾有关知识后,提问:含 Fe^{3+} 的溶液是否有颜色?什么色?学生一致回答含 Fe^{3+} 的溶液呈黄色。接着教师指导学生看教科书并查阅资料,通过阅读讨论后,学生了解到硫酸酸化的硫酸铁和硝酸酸化的硝酸铁等几近无色^[11],将含 Fe^{3+} 溶液一概排除在“无色溶液”外^[12]是不确切的。

4 通过课堂演示实验创设问题情境

在讲碳酸钠与碳酸氢钠溶液性质与鉴别方法时,教师提示学生回忆碱土金属的碳酸盐与碳酸氢盐的水溶性后,提问:常规法能否用可溶性碱土金属盐溶液来鉴别常量浓度的碳酸钠溶液与碳酸氢钠溶液?学生不假思索地回答说可以。接着教师取两支小试管并分别加入2 mL的 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碳酸钠与碳酸氢钠溶液,再向两支试管中依次加入2 mL的 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化钡溶液后震荡,实验结果清楚表明,两支试管都产生浑浊甚至沉淀。这时教师要求学生查找网络信息,通过争论发现碳酸钡溶解度较小,即使存在离子强度的影响,由于碳酸氢钠溶液中 HCO_3^- 所解离出的碳酸根离子 CO_3^{2-} 也足以与常量浓度的 Ba^{2+} 产生浑浊甚至沉淀。因此,常规法不能用可溶性钡盐溶液鉴别常量浓度的碳酸钠溶液与碳酸氢钠溶液^[13]。同时明白,没有澄清透明常量浓度的碱性碳酸氢钡、碳酸氢钙溶液,碳酸氢钡、碳酸氢钙澄清透明液一定呈微酸性^[13,14]。

通过上述实验和讨论后,教师又问:常规法能否用可溶性镁盐溶液鉴别常量浓度的碳酸钠溶液与碳酸氢钠溶液?学生受上述实验的影响,马上回答说不能。接下来教师取两支小试管并分别加入2 mL的 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碳酸钠与 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (近饱和)碳酸氢钠溶液,再向两支试管中依次加入2 mL的 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化镁溶液后震荡,实验结果清楚表明,装碳酸钠这支试管产生浑浊,而装碳酸氢钠这支试管却不产生沉淀甚至浑浊,由此产生新的问题情境。教师提示学生获取网络知识,经过阅读、讨论,学生明白尽管碳酸镁为难溶盐,由于其溶解度大于碳酸钡,又因 Mg^{2+} 能与 HCO_3^- 结合成可溶性 $[\text{Mg}(\text{HCO}_3)]^+$ 配离子,加之离子强度的影响,即使用近饱和的碳酸氢钠溶液与氯化镁溶液混合,也不见溶液产生沉淀甚至浑浊,而稀碳酸钠溶液与稀的氯化镁溶液混合也能出现浑浊,所以能用可溶性镁盐鉴别常量浓度的碳酸钠溶液与碳酸氢钠溶液^[15]。

尽量展示实验的设计思路与过程,有目的地创设探索问题的氛围,使之成为师生共同参与的“亚研究”过程,不仅能有效训练学生的观察能力,也培养了学生的科学态度和创造性能力。

5 通过提出、检验假设的方法创设问题情境

在讲Sb(III)、Bi(III)硫化物溶解性过程中,教师指导学生看教科书,当学生得知 Sb_2S_3 能溶于 $9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸, Bi_2S_3 能溶于 $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸时,教师可提出这样的假设。假设1:由于 Sb_2S_3 和 Bi_2S_3 的碱性而溶于盐酸,那么它们也能溶于相当浓度的稀硫酸。这样产生了问题情境。这种假设正确吗?让

学生收集资料,进行验证,经过阅读、讨论,学生逐步认识到 Sb_2S_3 和 Bi_2S_3 不能溶于任何浓度的稀硫酸,它们之所以能溶于盐酸,不是因为其碱性所致,恰恰是因为 Sb^{3+} 、 Bi^{3+} 的路易斯酸性^[16,17],这样便证实了假设1是错误的。进一步懂得方程式 $\text{Bi}_2\text{S}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Bi}^{3+} + 3\text{H}_2\text{S}$ 和 $\text{Bi}_2\text{S}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{BiCl}_3 + 3\text{H}_2\text{S}$ 也是错误的^[17]。

由于碳酸钠溶液的碱性强于碳酸氢钠溶液,将氯化镁溶液与碳酸钠溶液作用得不到纯碳酸镁,只能得到碱式碳酸镁。因此,在讲碳酸钠溶液和碳酸氢钠溶液性质时,可提出假设2:由于碳酸氢钠溶液碱性弱,用氯化镁溶液与碳酸氢钠溶液作用可直接制取纯碳酸镁。对于这种假设是否正确,同样要求学生阅读教科书并搜集资料,进行验证。通过阅读、讨论后,在教师提示下,学生回想到能用可溶性镁盐鉴别常量浓度的碳酸钠溶液与碳酸氢钠溶液,也就是即使将 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氯化镁与 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (近饱和)的碳酸氢钠溶液混合也不会产生浑浊现象。因此,不能用可溶性镁盐与碳酸氢钠溶液直接制取碳酸镁^[18],这样就证实假设2是错误的;同时也能明白方程式 $\text{Mg}^{2+} + \text{HCO}_3^- = \text{MgCO}_3 + \text{H}^+$ 是错误的^[18]。

尽管金属铝是一种活泼金属,但由于其在空气和水中都易与氧气作用,在表面生成致密氧化膜,从而能制作成飞机部件、日常用品、炊具等。在讲金属铝性质时,教师可提出假设3:如果能有办法阻断致密氧化膜的形成,金属铝就会如同金属钠一样,能与冷水作用放出氢气,在空气中会很快腐蚀掉。这种假设正确与否,有待证实。在教师的提示下,学生通过查阅网络信息,了解到铝汞齐的生成可阻断金属铝表面致密氧化膜的形成。于是教师把准备好的实验试剂与用品展现于讲台,让学生亲手做实验,实验结果不出所料,经氯化汞溶液处理过的铝箔既能与冷水快速不间断地制取氢气^[19]直至铝箔消耗殆尽,又能在空气中迅速被腐蚀(即著名的毛刷实验)。实验事实证实假设3是正确的。

创新问题情境的方法与实例不胜枚举,限于篇幅,在此就不一一列举。只要细心体会,教师都会学会使用,进而游刃有余。

总之,问题教学法不仅能使学生广泛获得化学知识,熟练掌握化学基本技能,更重要的是能调动学生的参与意识,培养学生独立思考、自主学习、主动获取知识的能力和主人翁精神,并能有效培养学生的创造意识和创新能力。

参 考 文 献

- [1] 商继宗. 教学方法——现代化的研究. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 80.
- [2] 李志红. 化学教育, 2004, 25 (7), 29.
- [3] 李大塘, 谭平雄, 刘 狄. 化学教育, 2005, 26 (11), 52.
- [4] 李大塘, 刘 狄, 唐建生. 化学教育, 2007, 28 (7), 56.
- [5] 李大塘, 郭 军. 化学教育, 2010, 31 (11), 79.
- [6] 李大塘. 化学教学, 1996, No. 4, 11.
- [7] 李大塘, 郭 军. 大学化学, 2003, 18 (1), 51.
- [8] 吴国庆. 化学教育, 1998, 19 (9), 4.
- [9] 武汉大学, 吉林大学. 无机化学(上册). 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2004: 110.
- [10] 顾庆超, 楼书聪, 戴庆平, 黄炳荣, 李乔钧, 黄剑玲. 化学用表. 南京: 江苏科学技术出版社, 1979.
- [11] 李大塘, 刘永红. 化学教育, 2012, 33 (2), 68.
- [12] 徐金明. 化学教学, 2007, No. 10, 57.
- [13] 李大塘. 化学教学, 2010, No. 10, 76.
- [14] 刘 狄, 李大塘. 当代教育理论与实践, 2011, 3 (9), 73.
- [15] 李大塘. 化学教学, 2007, No. 10, 68.
- [16] 李大塘, 王辉宪. 化学教育, 2001, 22 (11), 44.
- [17] 李大塘. 化学教育, 2004, 25 (11), 53.
- [18] 李大塘, 刘永红. 化学教育, 2012, 33 (7), 67.
- [19] 李大塘. 化学教学, 2004, No. 12, 19.