

无机化学实验中探究性教学的探索

周祖新* 王爱民 肖秀珍 黄莎华 程利平

(上海应用技术学院化学与环境工程学院, 上海 200233)

摘要: 在引入一些重要知识点时, 教师通过提问、设计相关情景、设置悬念等方法, 让学生自己设计并实施实验, 在实验过程及结果中得到活的知识。应用在实验中得出的知识, 解决一些问题, 在整个过程中完善知识的构建。

关键词: 无机化学实验; 探究性; 教学

中图分类号: O6; G64

Exploration in the Teaching of Inorganic Chemistry Laboratory Course

ZHOU Zu-Xin* WANG Ai-Min XIAO Xiu-Zhen HUANG Sha-Hua CHENG Li-Ping

(School of Chemical and Environmental Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200233, P. R. China)

Abstract: In the inorganic chemistry laboratory teaching, we use a series of ways to improve the teaching effects. Questions and scenario design are used when introducing some key knowledge points. Students are guided and encouraged to set up and carry out chemical experiments by themselves. By these approaches and the experimental results in the laboratory class, students can have a deep understanding of the related knowledge learned in the course.

Key Words: Inorganic chemistry laboratory; Exploration; Teaching

无机化学实验是化工及相关专业的一门重要基础课, 对我校及其他二本类、以培养一线工程师为主要任务的应用技术型高校, 其作用不亚于基础理论课。通过对本专业高年级学生和毕业生的知识结构以及对化学兴趣程度的调研, 本课题组不断改进教学方法, 将多个普通实验改成探究性实验, 以培养学生对化学的持续兴趣, 并培养学生的实践和创新能力^[1]。

1 探索性实验是时代的要求

1.1 无机化学实验现状

无机化学实验的教学改革虽然已进行多轮, 做得最多的也只是增加实验课时数, 增加几个相似的实验, 但教学方法基本还是沿袭几十年的灌输式程序。通常把实验的内容、各个具体步骤都规定死了, 教师和学生只能按部就班, 很难有自主性。考核方法单一^[2-3], 对于制备实验, 最后教师称取所制备产品的质量及检验产品纯度, 对于性质验证、常数测定等实验缺乏有效的考核方法。学生因为实验前已有理论课的结论, 对实验缺乏新鲜度, 往往按课本照方抓药, 草草了事。

另外, 二本类学生实验基础普遍较差, 有些来自边远地区的学生从未做过化学实验, 学习欲望又

*通讯作者, Email: zhouzuxin@sit.edu.cn

不是很强烈，有时仅仅是为了完成任务而应付实验。这不利于引导学生的知识构建，削弱了有想法、有创意学生的积极性。

1.2 对我校化工专业毕业生的调研情况

本课题组对我校化工学院分析专业2000—2004级毕业生作了详细的调研，结果显示现仍从事化工及相关行业的人员不到原毕业生的三分之一，原因除了很多化工企业远离市区、生活不便外，主要还是因为绝大多数学生对化工缺乏兴趣。即使仍在化工类企业上班的毕业生，大部分也是按部就班地从事程序性的工作，如按操作程序组织工人生产，按程序进行化工过程和产品质量分析，而且基本安于现状。只有不到3%的学生从事产品研发。

造成上述状态的原因除对化学缺乏兴趣外，学生动手实践能力差也是主要原因。现在企业中以往的师徒关系已大为弱化，师傅对新来徒弟毫无保留的技术传授已不多，技术大多需要自己摸索。而不少学生在大学中做实验基本上是照方抓药、按部就班，对生产上出现的问题缺乏解决能力，更谈不上创新能力，久而久之，基本上等同于一个高级操作工，这与我们培养有创新能力技术人员的宗旨有很大差距。当前的迫切任务是通过实验教学大大提高学生从事化学的兴趣，并培养学生解决实际问题的能力。

2 探究性实验的实施

探究性实验教学是一个对未知事物进行探究的科学活动，首先要提出欲探究的问题，设计探究的途径，设计实验验证或证伪该假设，最后通过实验事实得出正确的结论^[4]。

2.1 调整实验计划

无机化学实验的一般计划是先做一些简单的制备、提纯实验，以培养学生的基本操作能力，根据理论教学进度，再做一些化学基本原理、有关常数测定的实验，最后做元素化学实验。在探究性学习中，我们稍微调整了实验计划，先做一些培养学生基本操作的制备、提纯实验，然后赶在理论教学前做一些化学基本原理及常数测定的实验，以免学生由于在理论教学中已得到结论、先入为主，对实验探索失去新鲜感。接下来的元素化学实验结束后，再做其他的制备、提纯实验，但提出比初做实验时更高的要求。

2.2 探究性实验的设计

即使实验总体安排按探究性实验教学顺序，每一个实验也要按探究性教学精心设计。因此，引入一系列生动有趣的事例，创设探求问题的情境，营造探求氛围，是探究性化学实验教学的基础。正式实验前，提出一些问题，然后让学生讨论，提出假设或猜想。通过化学实验对提出的猜想或假设进行验证。以化学实验验证假说或猜想，要面向全体学生，让每个学生都有体验和经历用化学实验验证假说和猜想的机会。即使简单练习基本操作的实验，也应创设一个学生感兴趣的情景。

由于探究的循序渐进性，对实验的讲解并非只实验前一次。如一组实验完成后，后一组实验要在前一组得出结论的基础上进行。要再提一些问题和要求，让学生再设计后一组的实验步骤，以此往复，直到最后一组实验。

2.3 探究性实验的考核和时间安排

探究性实验是学生在教师指导下探索的过程，应允许失败，在失败中找到原因，重新做好该实验，这样学生收获会更大。故只要学生的实验设计无危险性，都允许做。做完实验，根据实验结果作初步考核，然后让学生讨论、分析原因，部分实验有创新点的学生获额外加分，部分实验有问题的学生重新设计实验步骤，在晚上自修时间再做该实验，得到考核结果。

由于是探究性实验，经常有三分之一左右的学生由于实验结果不理想需重新做实验，有些学生在实验结束后的讨论中又有了新的想法，也提出申请重做，我们均允许。每周有2个晚上安排教师在无

机开放实验室, 根据学生重做实验后的结果, 给学生记录新的实验成绩。

在实验报告中, 除记录实验步骤、现象、解释和结论外, 要求重点写实验讨论部分, 每次实验的得失、实验的探究过程一并记入实验总成绩。

3 探究性实验实例

3.1 实例一——粗食盐的提纯实验

第一个实验是以练习基本操作为主的粗食盐的提纯, 教师先花2分钟放映电影《白毛女》中杨白劳喝盐卤自杀的视频, 然后告诉学生这里有极大的艺术夸张成分, 喝盐卤不至于致死, 但盐卤对身体确实有害, 再次通过视频展示晒盐场制备粗盐的过程, 告诉学生盐卤的成分是什么, 以及如何去除粗食盐中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 及其他杂质。

学生根据中学有关沉淀的知识, 分别提出加入 Na_2CO_3 、 NaOH 、 BaCl_2 溶液以除去 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} ; 至于 NO_3^- , 有少数学生提出因为氯化钠与硝酸盐的溶解度随温度变化有很大的不同, 所以可通过把氯化钠已绝大部分析出的热饱和溶液快速过滤的方法去除硝酸盐, 至于加入沉淀剂的顺序先不强调, 让学生按该思路设计实验步骤, 然后按要求操作, 最后得到产品。

由两位教师负责称量学生所制产品并当其面检验杂质离子去除的程度。在一小半学生的产品溶液中, 加入少量 Na_2CO_3 溶液后还有大量沉淀, 让学生讨论沉淀物是什么、什么原因未除去, 然后分析实验步骤上的问题。问题出在先加 Na_2CO_3 、 NaOH 除去 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} , 再加 BaCl_2 除去硫酸根离子, Ba^{2+} 就留在了溶液中, 这里有后加的试剂又带入新的杂质离子的问题, 去除杂质离子有个不同试剂加入的顺序问题。教师进一步启发, “教材中过滤去除沉淀的操作一共用了3次, 我们能否提高效率, 一步完成, 但应注意什么?” 学生则根据实验中出现的問題重新设计实验步骤, 在晚上的自修时间再一次做该实验, 均取得了理想的效果。

3.2 实例二——弱电解质及解离常数的测定

根据中学已学过的电解质概念, 实验教师提供相同浓度($0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)的醋酸钠、醋酸和酒精溶液, 再提供带同样功率灯泡的通电装置及pH计, 让学生通过实验判断这3种溶液是否是电解质; 通过实验现象的差别进一步分析问题的实质; 再根据化学平衡原理测定平衡常数。

学生很快想到把醋酸钠、醋酸和酒精溶液分别放入通电装置的烧杯中, 通过灯泡亮度的不同, 得出了醋酸钠、醋酸是电解质, 酒精是非电解质的结论。教师马上问电解质导电的原因以及醋酸钠、醋酸导电能力差异的原因。根据中学的物理知识, 大部分学生提出差别在溶液中自由移动的离子浓度, 即醋酸钠溶液中有大量自由移动的离子, 故导电能力最强; 醋酸溶液中自由移动的离子较少, 导电能力弱。教师接着提问, “自由移动的离子从哪儿来, 为何相同浓度的醋酸和醋酸钠离子浓度相差那么大?” 学生认为离子自然是电解质解离出来的, 醋酸钠解离出的离子多, 醋酸解离出的离子少。再在教师的补充下, 得出弱电解质的概念。

醋酸解离不完全, 是个可逆反应, 请大家设计测该反应平衡常数的方法。随着教师的提问, 很多学生提出配制不同起始浓度的醋酸测溶液中 H^+ 浓度的方法; 有些学生则想到平衡从正、逆反应均可得到的知识, 建议用盐酸和醋酸钠反应后测 H^+ 浓度。学生很快就测出了醋酸解离的平衡常数, 即弱电解质的解离常数。有2位学生还提出, 往醋酸溶液中加入其解离产物的一种, 即加入醋酸根离子, 其平衡常数也应不变。实验中加入醋酸钠, 解离常数果然没变, 再加入几滴酸、碱(计量), 解离常数也没变, 而且还发现溶液中 H^+ 浓度也基本不变。鼓励学生再设计类似实验, 再根据平衡移动的简单讲解, 意外地得到了缓冲溶液的知识。

3.3 实例三——配位化合物的实验

先让学生在蓝色的 CuSO_4 溶液中加入浓氨水, 直到出现的蓝色沉淀溶解成深蓝色溶液, 然后让学

生来定性检验溶液中的铜离子。学生马上想到加入沉淀剂NaOH溶液，加入几滴后，并没出现预料中的蓝色沉淀。教师提问，“ Cu^{2+} 究竟‘隐藏’到什么地方去了？”有的学生认为这些离子与水结合了，大部分学生认为硫酸铜溶液也有大量水，不可能与水有如此紧密的结合，以至掩盖了 Cu^{2+} 本来的性质，一定是 Cu^{2+} 和氨作了一定的结合，生成了一种较稳定的结构，不再体现单个 Cu^{2+} 的性质，该结构单元肯定很稳定，然后在大家讨论和教师补充下得出配合物的概念。

教师接着提问，“该结构是不是牢不可破？”提示用铜难溶盐的阴离子再试一下，学生根据查到的溶度积常数，加入 Na_2S 溶液，立刻产生黑色的CuS沉淀；通过平衡原理，认识到配位单元类似弱电解质，也存在部分解离的现象，并得到了配位平衡的计算公式。

教师接着讲，“既然配位剂能把金属离子稳定地结合起来，请大家利用该原理，设计在生产、生活上应用的方案。”学生分别设计出用配位剂采集贵重金属，用配位剂锁定并收集有害金属离子、减少有害排放，用配位剂分离金属离子等方案。根据实验的难易程度，有些实验安排在课上或课后做，有些作为大学生的科创项目(上海市科创杯和陈嘉庚青少年发明奖项目)。

4 教学实践的效果

教研室和实验室教师已进行了近5年的探索性实验教学实践。通过学生对探究性实验接受能力的反馈和对后续化学课程学习情况的了解，对教学方法不断总结改进，已将十几个性质及制备实验设计成探究性实验。几年来，收到了明显的效果。

4.1 学生学习化学的兴趣提高

由于探究性实验没有现成的答案，具有一定的挑战性，许多学生期待通过自己的探索，取得好的实验结果并获得相关知识。通过自己设计的实验获得知识、获得老师的赞许后，反过来又促进了学习化学的兴趣。每次做探究性实验时，学生都提早到实验室准备，实验结束后还在讨论；尽管每年增加名额，每周2个晚上的探究性实验学生总是报满，现正准备再增加时间。

4.2 学生实验技能和创新能力的提高

由于是探究性实验，预先不知道实验结果，任何操作的不规范都有可能引起结果的不同，故学生更加注重实验过程，对每一个操作细节都很细致、认真，实验操作能力普遍提高；由于实验由自己设计，遇到异常情况自己设法处理，学生的创新能力也由此得到了培养，很多参加探究性实验的学生报名参加了上海市“挑战杯”和陈嘉庚青少年发明奖大赛，累计有二十多人分别获得二等奖和三等奖。

4.3 促进了教师教学能力的提高

教学相长，教师在把知识点设计成探究性实验的同时，自己对知识点的理解也在加深，教学技巧也在形成并不断强化。对于以往较难讲深、讲透的一些知识点，教师可通过师生的探究性实验过程把有关的概念、原理诠释得淋漓尽致。在每年学生评教时，我们无机化学教研室总是名列第一，每两年学生评心目中的好老师时，也是我们教研室的教师得票最高。可以说，通过探究性实验教学，打造出一支优秀的教学团队。

参 考 文 献

- [1] 洛桑,李伟,周勇.大学教育,2014, No. 5, 39.
- [2] 周祖新,王爱民,程利平,郭晓明.化学教育,2014, No. 4, 31.
- [3] 高盘良,姚天扬.大学化学,2000, No. 2, 26.
- [4] 张长江.中学化学教学技术指导.上海:上海教育出版社,2005: 541-542, 2010: 125-126.