

多方位教学方法探索与实践 ——西安交通大学少年大学生化学原理课程教学研究

和 玲* 贾钦相 段新华
(西安交通大学理学院, 西安 710049)

摘要: 针对少年班学生年龄及知识结构特点, 在化学原理课程的教学, 探讨了启发式教学、对比式教学、应用实例式教学、讨论式教学等多方位教学方法的研究与实践。目的是探索一种更好地培养少年班学生的学习方法、自学能力、运用知识的能力和科学思维与创新思维能力的教学方法。最后, 介绍了实践应用效果。

关键词: 少年大学生; 化学原理; 多方位教学方法; 教学实践

中图分类号: O6; G64

Exploration and Practice of Multiple Teaching Methods: the Teaching Research of Chemical Principles for the Juvenile University Students in Xi'an Jiaotong University

HE Ling* JIA Qin-Xiang DUAN Xin-Hua
(School of Science, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, P. R. China)

Abstract: Considering the age and knowledge structure of the juvenile university students, we explore and practice the multiple teaching methods in the chemical principles course, which is mainly focused on the heuristic teaching, comparative teaching, case teaching and discussion-based teaching. The purpose is to explore a suitable method for cultivating students' learning skills, self-study ability, knowledge application skills and to strengthen their scientific thinking and innovative thinking ability. Finally, this paper introduces the practical application results.

Key Words: Juvenile university students; Chemistry principle; Multiple teaching methods; Teaching practice

西安交通大学是全国两所招收少年大学生的学校之一。对于少年班化学教学, 国内外可借鉴的先例极少。因此, 针对少年班学生在知识积累、年龄结构、培养目标等方面的特点, 以及少年班学生实行“预科—本科—硕士”贯通教育的培养特点和进行个性化培养的要求, 为少年班量身定做了3个阶段的化学理论基础课程。设计了集无机化学、分析化学、物理化学和有机化学于一体的三分册综合性化学课程, 其中第一分册为基础化学(在3个不同的高中完成), 第二分册为化学原理(在大学部的两个学期完成)^[1], 第三分册为有机化学(在大学部的第三学期完成)。

化学原理的理论教学共分为3篇, 合计14章, 概括了四大化学中的重要原理、基本知识、基本概

*通讯作者, Email: heling@mail.xjtu.edu.cn

基金资助: 西安交通大学少年班课程教学改革研究项目

念和基本理论。第一篇化学反应原理, 包括了热力学基础、化学平衡通论、水溶液中的平衡、化学动力学、电化学基础; 第二篇物质结构基础, 包括了原子结构、分子结构、配合物结构。第三篇分析化学基础, 包括了定量分析基础、滴定分析概述、滴定分析方法、分光光度法、气相色谱法、仪器分析方法简介。因此, 在教学内容合理组合方面, 达到有效地与高中化学衔接, 做到了化学基础知识与少年班能力培养要求的对应, 也将无机化学、分析化学、有机化学、物理化学内容进行了合理有效的组合。

通过多年的教学实践, 为了使少年班学生在学习中充分体会到化学学习的乐趣, 并激发学生的学习积极性, 拓宽知识面, 培养学生的科学思维能力、创新思维能力、科学学习方法和良好的科学品德等, 针对少年班这一阶段的化学知识结构层次, 在化学原理课程教学中, 尝试应用启发式教学、对比式教学、应用实例式教学、讨论式教学等结合的多方位教学方法。

1 探索适合于少年班培养的多方位互动教学方法

1.1 启发式教学方法

在化学原理课程中, 利用启发式教学引导学生尽快适应大学学习环境, 为后续专业学习打好基础。对于一些新概念、新公式等有难度的环节, 为了适应年纪较小的少年班学生学习, 防止学生失去学习兴趣, 教师在此处设置了重重悬念, 启发学生的思维, 使得化学知识版块变得脉络清晰, 易于把握。并将板块的问题有机地相互贯穿和前后呼应, 使得学生易于理解和掌握。与常规大学生教学中的启发式教学方法相比^[2,3], 更注重启发与引导, 发挥少年学生敢于想象和善于思考的优势^[4,5]。

1.1.1 启发式教学用于化学反应的热效应与化学反应的方向

在化学热力学章节教学的环节中, 化学反应的热效应(焓)的计算以及吉布斯自由能判据的引入是学生较难掌握的环节。尤其对于年纪较小的少年班学生而言, 一下子接受大量的新公式和新概念, 如果教学难度和兴趣不能紧密相扣, 学生很容易失去学习兴趣。为此, 我们在教学过程中, 在此处设置了重重悬念, 使得知识版块变得脉络清晰, 易于把握。

首先, 阐述化学热力学是利用热力学的方法和基本原理研究化学现象(化学反应)的学科。然后提出, 研究化学热力学以及与之相关的内容时, 5个最重要的问题有待思考:

- 1) 在一定的条件下, 化学反应是否能够发生?
- 2) 如果反应能够发生, 能量变化如何(吸热、放热)?
- 3) 如果反应能够进行, 反应的程度如何?
- 4) 如果反应能够进行, 反应的速率如何?
- 5) 化学反应的本质是什么(物质的结构和性能的关系)?

并逐一通过启发式讲述和推导, 阐述上述几个问题。具体方法如下:

在介绍了热力学第一定律之后, 以“化学反应的热效应如何?”把学生的思维转移到反应热概念上来, 引入化学反应热效应焓的概念(恒温恒压, 不做非体积功的情况)。有了概念, 那么“焓如何得到?”引入焓的数学表达式: $H = U + pV$ 。

有了数学表达式, 但焓用表达式计算有困难, 因为 U 的绝对值不可测, H 的绝对值也不可测, 能测定的是体系焓变 ΔH 。对于化学反应来讲, 始态为反应物, 终态为生成物, ΔH 即为生成物和反应物的焓差。这时抛出问题给学生, 启发和引导学生思考: 1) 在绝对焓值无法求得的情况下, 如何计算化学反应的焓变? 2) 如何比较不同化学反应的热效应? 首先讨论问题2), 以通俗比喻“比较高矮要站在同一个标准”引出标准摩尔焓变的概念, 在此介绍热力学标准态及热化学方程式的书写。在标准摩尔焓变的基础上, 讨论“如何计算化学反应的热效应”的问题, 引出标准摩尔生成焓的概念。然后可以介绍除了用标准摩尔生成焓计算化学反应热效应之外的其他几种计算方法(盖斯定律、标准摩尔

燃烧焓等)。

化学反应的热效应(焓)的计算环节结束后,回到本章开始提出的问题,反应热效应的计算现在解决了,那么反应的自发进行方向这一问题怎么解决?是决定于反应热吗?举出实验事实,有些吸热反应也能自发进行,说明焓变是影响化学反应自发性的因素之一,但不是唯一的决定因素。由此开始讨论化学反应的方向性,到底决定于哪些因素?引出熵的概念。然后通过一些化学反应的实例,指出“一个反应的自发性与焓变、熵变、温度三者都有关系”,那么,“有没有一个函数能综合三者的影响,帮助我们判断化学反应自发进行的方向?”从而引出吉布斯自由能的概念。在整个过程中,环环相扣,牢牢抓住学生的思维,提高学生的学习兴趣。

1.1.2 启发式教学用于缓冲溶液

在酸碱平衡教学的环节中,缓冲溶液组成、计算和配制是重要内容。在教学过程中,设置了对比式启发的方法,引导学生学习。

首先阐述“一元弱酸弱碱的解离平衡与计算”,学生们容易掌握这个环节。然后通过5个教学环节启发学生解决以下问题:

- 1) 一元弱酸(或弱碱)与其共轭碱共存时,酸度会如何变化?
- 2) 在体系中,“一元弱酸与其共轭碱共存时(相同离子效应)酸度的计算”与“一元弱酸弱碱的解离平衡与计算”的不同点在哪里?
- 3) 同离子效应存在下,体系对外来强酸和强碱的抵抗能力如何?与单一的弱酸(或弱碱)体系有什么不同?与纯水体系又有什么不同?
- 4) 引出缓冲溶液后,引导学生自己分析缓冲溶液的组成(给出实例)与酸度应如何计算?
- 5) 如何配制缓冲溶液?

1.2 对比式教学方法

受新罕布什尔大学Chan和Bauer^[6]基于学生成就感、学习态度、自我概念等的教学及考核研究结果的影响,为了使少年班学生不畏惧大学的学习且在学习中获得成就感,在化学原理课程中,引导学生对一些章节的学习内容进行对比,并找出共性。教师做了一些基础教学内容之外的PPT课件,引导学生对不同章节进行对比和归纳,达到有效记忆和规律性学习的目的。也让学生自己找共性问题进行对比,彰显他们“逞能”中散发出的智慧,有效地提高学生的学习兴趣。如酸碱平衡与氧化还原平衡两个章节,酸碱平衡是质子转移,氧化还原平衡是电子转移。分别从定义、半反应、全反应等方面进行对比总结,见表1。

1.3 应用实例式教学方法

实例式教学是帮助学生提高化学学习兴趣的有效手段,能帮助学生有效地将所学知识转变为自己的能力和素质^[7-9]。昆士兰科技大学、莫道克大学、纽约市立大学几位教师的近期研究显示,学习的动力与高质量的学习体验是密切相关的^[10]。由于少年班学生年龄偏小,为了激发学生的学习动力,针对少年班学生的年龄特点,在教学中应努力展示看似枯燥的化学原理与生活、社会的紧密联系。对于普通的大学新生,理解力和化学素材积累上相对有优势,某些概念和原理可以很轻松地带过。但是对于少年班学生,这些知识对于他们来说相对艰深,需要更多鲜活的案例让学生了解化学的魅力。因此,我们在教学中,利用有限的时间尽量提供一些案例,帮助学生加深对章节内容的印象,并增强所学内容与生活或科研的密切关系。利用实例教学方法提高学生的化学学习兴趣,在每章结束后引入化学原理与趣味知识相结合的实例教学方式。每章讲授结束之后,会有相关内容对应的实例分析,将新理论、新发现、新成果、新成就、发展现状等进行案例分析,期望对将来选择化学、环境、材料、医药、生命等学科的学生起到积极的引导和启发作用,例如化学热力学基础章节的实例见表2。

又如学完电化学基础这一章内容后,将学生们携带的电子产品中可能涉及到的电池(如苹果手机

表1 酸碱平衡与氧化还原平衡对比学习法实例

知识点	布朗斯特酸碱体系	氧化还原体系
定义	反应 参与反应物种	还原剂与氧化剂之间的电子转移 还原剂: 反应中给出电子的物种 氧化剂: 反应中接受电子的物种
	酸: 反应中给出质子的物种 碱: 反应中接受质子的物种 同一物种在一个反应中是酸, 在另一反应中可能是碱, 是酸是碱决定于它所参与的反应(例如H ₂ O)。	同一物种在一个反应中是还原剂, 在另一反应中可能是氧化剂, 是还原剂或是氧化剂, 决定于它所参与的反应(例如H ₂ O ₂)。
半反应	表示方法 强弱关系 重要概念	氧化型 + ne ⁻ → 还原型 还原型 → 氧化型 + ne ⁻ 氧化型氧化性越强, 与之对应的还原型的还原性越弱; 反之亦然。 不能单独发生, 只是实际氧化还原反应的一半。
反应	反应体系 反应方向 同物种间的反应	反应中包括两个电对: 还原剂 ₁ + 氧化剂 ₂ → 氧化剂 ₁ + 还原剂 ₂ 由强氧化剂和强还原剂向生成弱氧化剂和弱还原剂的方向进行。 同物种间可以发生电子传递(歧化反应)。例如: Cu ⁺ (aq) + Cu ⁺ (aq) → Cu ²⁺ (aq) + Cu(s)

表2 化学热力学基础章节实例

类别	化学反应热效应与火箭发动机燃料	化学反应方向与石墨变成金刚石
课堂知识	$\Delta_r H_m^\ominus = \sum \nu_i \Delta_f H_m^\ominus(\text{产物}) - \sum \nu_i \Delta_f H_m^\ominus(\text{反应物})$ $\Delta_r H_m^\ominus < 0$, 放热反应。	$\Delta_r G_m^\ominus = \Delta_r H_m^\ominus - T \Delta_r S_m^\ominus$ $\Delta_r G_m^\ominus < 0$, 反应在标态下自发进行。
应用实例	① 第一艘宇宙飞船的火箭推进剂: 过氧化氢和联氨 $2\text{H}_2\text{O}_2 + \text{N}_2\text{H}_4 = \text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta_r H_m^\ominus = -814 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ② 阿波罗火箭和神州六号宇宙飞船的推进剂: 偏二甲肼和四氧化二氮。 $2\text{N}_2\text{O}_4 + (\text{CH}_3)_2\text{NNH}_2 = 3\text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{CO}_2$ $\Delta_r H_m^\ominus = -1814.62 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	用热力学计算石墨转化成金刚石所需要的条件: $\text{C}(\text{石墨}) = \text{C}(\text{金刚石})$ $\Delta_f H_m^\ominus = 1.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\Delta_f S_m^\ominus = -3.3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\Delta_r G_m^\ominus = 2.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 常温和标准状态下不能自发进行。因为 $\Delta_r H_m^\ominus > 0$, $\Delta_r S_m^\ominus < 0$, 通常压力下改变温度无济于事。发现在 $1.0 \times 10^9 \text{ Pa}$ 下, 无论什么温度都不可能成功, 只有在更高的压力下才有可能实现这种转化。但是, 金刚石的密度为 $3.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 大于石墨的密度 $2.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。可以推断, 加压有利于转化。

电池)、学生们周边随处可以看到的与电化学有关的现象等进行总结归纳, 并用课堂学到的内容分析其中的电化学原理, 如图1所示。

1.4 讨论式教学方法

少年班化学原理课程学时较少, 如何引导学生有效地学习、提高对知识点的进一步分析和归纳、提高课堂效果、发挥学生的想象力, 是在教学过程中探索的一个问题。实践证明, 简短式的课堂讨论教学是发挥学生想象力的一个很有效的教学方式。已有实践证明, 研究性的讨论式教学有助于学生能力的发挥^[11]。斯坦福大学的 Christodoulou 和 Osborne^[12]在“The Science Classroom as a Site of Epistemic Talk: A Case Study of a Teacher’s Attempts to Teach Science Based on Argument”一文中指出, 现代的科学教育不仅强调科学是知识(science-as-knowledge), 而且要远观科学是实践(science-as-practice), 课堂讨论应给学生提供参与的机会, 达到对话构建知识的过程(dialogic knowledge-building

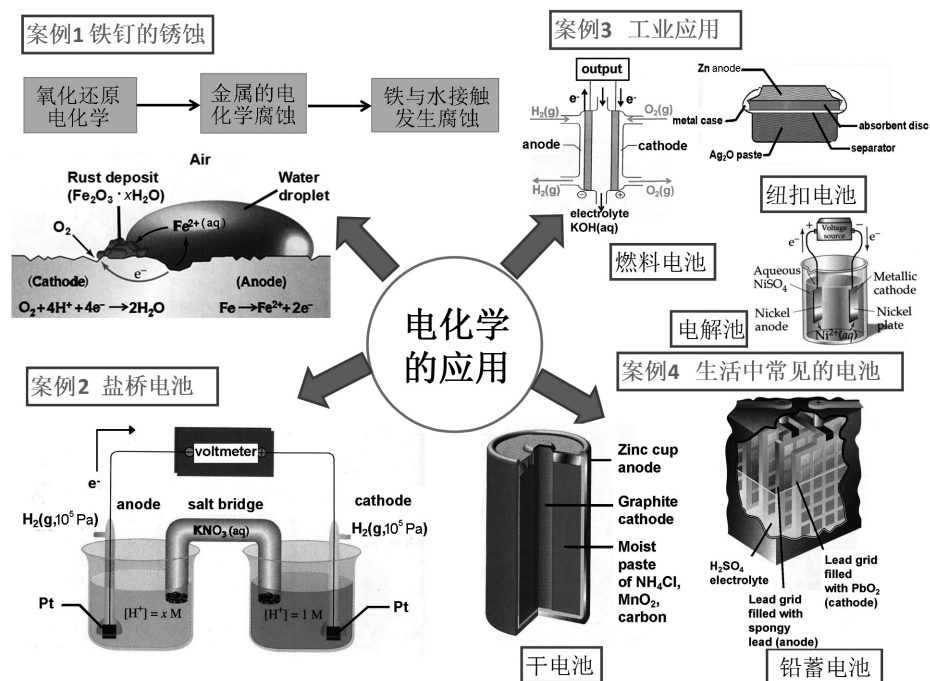


图1 电化学基础章节涉及的实例

processes)的目的。这里,给学生提供想象的空间是构建知识的重要环节。因此,我们在学生具备了化学基础知识的基础上,引入讨论式教学方式,强化少年班学生发散思维能力的拓展培养,建立化学教学中教与学互动促进的方式。为了拓展少年班学生的思维方式、进行探究式学习,在授课中结合基础理论知识,教师提出与课程下一个环节有关的问题,学生踊跃回答给出可能的多种解决方法,教师进行总结,以提高学生科学思维与创新思维能力。

1.4.1 讨论式教学方法用于原电池教学

在电化学基础教学环节中,原电池的构成、电极的种类以及电极电势的产生和应用是本章难点,也是重点内容。为了提高教学效果,使学生充分体会所学内容与生活或科研相关,在教学过程中设置了多处讨论。学生回答各种可能的答案,然后教师总结并归纳,提出注意事项。每个讨论环节控制在2-5分钟之内。既有利于发挥学生的想象力,也有利于提高学生的积极性。

1) 通过学生们熟知的铜锌原电池的结构和原理,引入化学原电池。提出讨论问题:

- ① 原电池的构造是什么?
- ② 如何构成原电池(溶液、气体是否可以)?
- ③ 原电池的表示方法是什么(化学表述方法)?
- ④ 原电池可产生电流,说明两电极间形成了电势差。单个电极的电势是怎样产生的?
- ⑤ 为什么不同的电极具有不同的电势?

2) 在学生理解电极电势产生原理的基础上,提出以下讨论问题:

- ① 电极具有电势,如何测量(单个电极电势不可测量)?
- ② 电极电势的大小反映了什么含义?
- ③ 原电池反应进行的终点具有什么特征?
- ④ 电极电势的大小与化学反应程度是否有关?

1.4.2 QQ等通讯途径讨论式学习

教师与学生通过QQ等通信途径讨论复习过程中的具体问题。这样,不但教师与学生之间可以讨

论, 而且学生之间也会互相讨论。

例如: “老师好, 我是少年班 XXX 同学, 有三个问题想问一下老师。

1) 同一周期原子半径随序数在减小, 可是金属元素的半径是金属半径, 稀有气体是范德华半径, 非金属则是共价半径, 这三者能比较吗?

2) 书上写的原子轨道能量与角量子数 l 也相关。 l 相同的能级, 能量随 n 增大而升高。 $E_{ns} < E_{np} < E_{nd} < E_{nf}$, 可是, 按照 Slater 法则, s 与 p 是一组, 从而有效核电荷就应该相同。根据多电子的每个电子的能量公式, n 相同有效核电荷相同, 能量不应该一样吗?

3) 有效核电荷数可以解释同周期原子半径逐渐减小, 可好像与同族变化相矛盾。有效核电荷数能否解释原子半径变化规律。为什么 Na 比 Ne 新增的电子在离核更远的 $3s$ 轨道上, 而不是更近, 如何解释。

谢谢老师啦!”

一方面教师回答这些问题, 一方面学生之间可以互相讨论这些问题。

2 教学实践应用情况

2014 年 12 月底, 对少年班 127 名学生以及正常大学一年级 70 名学生的考试卷中, 采用 85% 题目完全相同的形式进行期末考试, 对相同题目进行分数统计分析显示(表 3), 采用建立的多方位教学模式进行教学, 少年班学生的成绩优于常规大学生成绩。

表 3 少年班 11—14 班学生期末考试成绩与常规大一学生成绩对比分析

少年班 11—14 班			常规大一学生		
分数段/分	人数/人	百分比	分数段/分	人数/人	百分比
≥ 90	40	31.05%	≥ 90	15	21.43%
≥ 80	87	68.50%	≥ 80	43	61.43%
≥ 70	25	19.68%	≥ 70	16	22.86%
≥ 60	10	7.87%	≥ 60	8	11.43%
≤ 60	3	2.36%	≤ 60	2	2.86%

参 考 文 献

- [1] 和 玲. 化学原理. 西安: 西安交通大学出版社, 2014.
- [2] 邢 军, 齐建平, 尤慧艳. 大学化学, **2014**, 29 (5), 20.
- [3] 龚孟濂, 乔正平, 巢 晖. 大学化学, **2011**, 26 (1), 20.
- [4] Evagorou, M.; Osborne, J. *Journal of Research in Science Teaching* **2013**, 50 (2), 209.
- [5] Harris, C. J.; Phillips, R. S.; Penuel, W. R. *Journal of Science Teacher Education* **2012**, 23 (7), 769.
- [6] Chan, J. Y. K.; Bauer, C. F. *Journal of Research in Science Teaching* **2015**, 52 (3), 319.
- [7] 李晓东. 大学化学, **2013**, 28 (1), 27.
- [8] 蔡 苹, 胡 锴, 程功臻. 大学化学, **2014**, 29 (3), 25.
- [9] 任 玲, 胡长文, 吴 侠. 大学化学, **2011**, 26 (1), 23.
- [10] Bellocchi, A.; Ritchie, S. M.; Tobin, K.; King, D.; Sandhu, M.; Henderson, S. *Journal of Research in Science Teaching* **2014**, 51 (10), 1301.
- [11] 颜鲁婷, 唐爱伟, 刘 博, 段武彪, 戴春爱, 刘莲云. 大学化学, **2015**, 30 (1), 31.
- [12] Christodoulou, A.; Osborne, J. *Journal of Research in Science Teaching* **2014**, 51 (10), 1275.