

以培养问题解决能力为核心的 PMPR 实验教学方法

陈书鸿, 张丽莹, 蒋德敏, 李廷真*, 潘杰, 饶通德

重庆三峡学院环境与化学工程学院, 重庆 404100

摘要: 基于“发现、分析、解决问题”的思维模式, 本文提出了以培养学生问题解决能力为核心的“问题→方法→过程→结果”(PMPR)实验教学方法。该方法以“问题”为出发点, 引导学生进行问题分析, 寻找解决问题的方法, 实施解决问题的过程, 最终得到解决问题的结果。PMPR实验教学方法的实施激发了学生的学习兴趣, 拓宽了学生的知识面, 实现了对学生发现、分析、解决问题能力的培养。

关键词: 问题解决能力; 问题; 方法; 过程; 结果; 实验教学法

中图分类号: G642; O643

A Study on the PMPR Laboratory Teaching Method for the Cultivation of Students' Problem-Solving Abilities

CHEN Shuhong, ZHANG Liying, JIANG Demin, LI Tingzhen*, PAN Jie, RAO Tongde

College of Environmental and Chemical Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404100, P. R. China.

Abstract: With the aim of enhancing student' problem-solving abilities, a PMPR (problem, method, process and result) laboratory teaching method was put forward in this article. The PMPR laboratory teaching method includes four parts including problem-analysis inducing, problem-solving method seeking, problem solving and result obtaining. In the process of laboratory teaching with the PMPR method, the students' interest in learning has been stimulated. At the same time, the scope of students' knowledge has also been broadened. The students' abilities of problem-discovery, problem-analysis and problem-solving have been cultivated ultimately in the process of laboratory teaching with the PMPR method.

Key Words: Problem-solving ability; Problem; Method; Process; Result; Laboratory teaching method

问题解决能力是一种重要能力, 也是一种综合能力, 培养学生的问题解决能力已经成为现代教育的一个重要目标^[1-5]。物理化学实验是一门重要基础化学实验课程, 具有综合性、研究性较强和定量化程度较高的特点, 是培养学生问题解决能力的重要途径之一^[6-8]。但是地方本科院校的学生往往缺乏发现科学问题、独立分析问题和解决问题的能力, 即使面对一个明确的问题, 往往不知道如何去分析、采用什么方法、通过什么途径、利用什么仪器去解决^[9]。所以在实验教学中如何有效地培养学生的问题解决能力成为困扰广大教师的问题之一^[4,9]。传统的实验教学模式大多采取灌输式的教育, 注重原理的验证和基本实验技能的培养; 学生学习不主动, 问题意识薄弱, 预习报告流于形式, 实验操作“照方抓药”, 因此不能有效培养学生解决问题的能力^[10-12]。虽然前期提出了关于物理化学实验的“思考题教学法”^[13] “Seminar 教学法”^[14] “问题教学法”^[15], 但教学目标只是为了某个

收稿: 2017-07-05; 录用: 2017-09-25; 网络发表: 2017-09-29

*通讯作者, Email: litingzhen@163.com

基金资助: 重庆市高等教育教学改革研究项目(133014); 重庆三峡学院教改项目(JG150707, SD150114)

具体问题的解决,以实现某种知识的应用或者获得某种新知识,指向的是教学的物质性目标;没有凸显通过问题解决的过程来激发学生思维,改善其认知结构,重视学生在问题解决过程中的体会等功能性目标^[16]。

学生的问题解决能力只有在解决实际问题的过程中才能得到有效培养,所以基于问题解决的教学模式被认为是一种有效的教学模式^[3-5]。问题不同,解决策略也不同,所以根据问题解决的策略,提出了多种教学模式^[3-5],例如:杜威模式^[3,5]、巴罗斯模式^[3,4]、乔纳森模式^[3,4]、PBL 模式^[3]。这些教学模式的基本思路是:把学习置于复杂的、有意义的问题情境中,通过让学习者合作解决真实的问题,来学习隐含于问题背后的科学知识,形成问题解决能力^[3]。然而这类教学模式的研究和实践主要集中在理论课程,在物理化学实验中的教学研究和实践还很少^[17-19]。为了有效培养学生的问题解决能力,在物理化学实验教学中采用问题解决教学模式显得非常必要。因此基于“发现、分析、解决问题”的思维模式^[20],本文提出以“问题(problem)、方法(method)、过程(process)、结果(result)”作为实验问题的解决策略,并将策略贯穿于整个实验教学过程,本文称之为 PMPR 实验教学法。PMPR 实验教学法将培养学生的问题解决能力作为核心目标,以经典实验内容为基础,以问题为出发点,创设问题情境,引导学生主动自主学习;以“问题、方法、过程、结果”四步策略为主线,引导学生应用知识、动手实践解决问题。学生不仅要学习具体问题的解决方法,而且要学习问题解决的策略。

1 PMPR 实验教学方法改革

1.1 PMPR 教学思路改革

PMPR 教学思路如图 1 所示,主要通过以下四个步骤完成教学任务:(1) 把实验项目作为待解决的实际问题,首先对问题进行分析,分析要解决的具体问题以及影响因素,然后确定需要解决的关键问题。(2) 围绕关键问题,查阅教材和文献,寻找解决关键问题的方法,并总结各种方法的原理、技术。比较各种方法的优缺点及适用范围;根据实际情况,选择解决关键问题的适宜方法。(3) 根据选择的方法,确定实验工具及操作步骤,进行实验。(4) 对实验得到的数据结果进行处理,分析问题是否得到正确解决,然后总结反思提交实验报告。

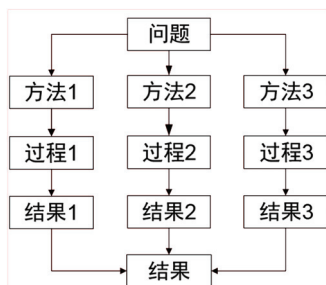


图 1 PMPR 教学思路流程图

“问题、方法、过程、结果”四步策略与其他“问题解决策略”有联系也有区别^[1,3,4],既具有普遍意义又具有解决实验问题的特点。这四步策略符合建构主义学习理论的观点^[21],其教学思想与陶行知先生^[22]“学生要怎样做,便怎样学,老师就怎样教”的“教学做合一”教育思想也是相符的。

借鉴袁维新和吴庆麟^[3]提出问题解决的教学策略,PMPR 实验教学法的教学策略有:(1) 创设恰当的问题情景;(2) 引导学生正确表征问题;(3) 指导学生合理选择方法;(4) 调控学生的问题解决过程;(5) 促进学生知识的整合应用;(6) 客观合理评价学生。

PMPR 实验教学法主要在于教学观念和思路的改变,并不排斥其他教学方法,在教学过程中可

以根据需要采用启发式、讨论式、探究式等教学方法。

1.2 实验教学环节改革

为了适应 PMPR 教学思路,对传统实验教学环节进行了扩展和强化,PMPR 的教学环节主要有:布置任务、预习、讲解、操作演示、实验、处理数据、结果分析、总结反思撰写报告、评价反馈。由于地方本科院校学生的主动学习意识较弱,为了更好地实施 PMPR 教学,对课堂之外的“预习环节、总结反思环节”提出了新要求,编写为实验任务书,提前一周发给学生。并在学期实验开始之前,给学生讲解 PMPR 实验教学法的由来、教学目标、实施细节和要求。

1.2.1 预习环节

为了促进学生主动学习,在实验任务书中制定了较为详细的预习要求,主要内容有:(1) 提出实验问题,要求学生分析提出的问题,找出要解决的具体问题,并确定要解决的关键问题。(2) 围绕关键问题查阅资料,总结解决关键问题的各种方法及原理技术。要求每个实验小组(一般为 2-3 人),每位学生撰写“1+2”种方法,第一个“1”可相同,第二个“2”不能相同。内容包含“方法的原理,方法的技术(含实施步骤),方法的优缺点及适用范围”。(3) 整理实验教材的思考题并设计若干问题,作为预习思考题,要求学生在预习本上解答。预习思考题的难度偏低,主要目的是促进学生主动思考。(4) 阅读提供相关参考资料,例如仪器使用说明书。(5) 要求学生提前半天上交预习报告,教师有足够时间在实验前评阅预习报告。

1.2.2 总结反思环节

根据实验教学经验,设计了几道“实验后思考题”,比如:(1) 实验测量数据的准确度和精密度怎么样?你认为影响因素是什么?(2) 在实验中出现了哪些偶然状况?是否得到了解决,是否引起实验误差?(3) 对本实验的实验操作或实验装置有什么改进措施或建议?这些思考题没有固定答案,主要目的是促进学生反思。

1.2.3 实验讲解环节

在实验教学过程中,指导教师的讲解演示环节也是很重要的。传统教学的实验讲解内容和顺序一般为“实验目的、实验原理、仪器药品、实验步骤、数据处理”等,PMPR 教学法的讲解内容和顺序为“问题分析和解决问题的方法及选择,以及实验操作演示”。在讲解过程中采用多媒体辅助手段并综合运用“启发式、讨论式教学法”,帮助学生进一步理清分析问题的思路,抓住关键问题,进一步理解各种方法的原理和技术及适用条件。

2 PMPR 实验教学法实施示例

以物理化学实验——“温度对乙酸乙酯皂化反应速率常数的影响”为例,阐述 PMPR 教学法的实施过程。

2.1 问题(problem)

本实验的问题是探究温度对乙酸乙酯皂化反应速率常数的影响。这个问题看似简单,学生都会做出“温度越高,反应速率越大”的判断,这个判断也是恰当的。但是,我在这里给出“反应速率和温度之间关系”示意图,见南京大学傅献彩主编的《物理化学》第 5 版下册 P195,设问:推测本反应速率与温度的关系符合哪种关系?这个问题就不好回答了,一下子就激发了学生的兴趣。

通过分析,可以确定具体问题是测量不同温度下皂化反应过程中不同时刻的反应物(或产物)浓度,利用速率方程计算出速率常数,从而比较分析温度对反应速率常数的影响。实验的关键问题是:测量不同反应时刻的反应物(或产物)浓度。其他问题有:如何测量时间,如何测量温度。本实验的影响因素有反应物浓度和温度,最大的影响因素是温度,因此温度的控制也很重要。

2.2 方法(method)

本文赞同李天安^[20]提出的“以方法为中心的实验教学”,以技术方法为基础,在教学过程中贯穿思维方法的培养,重在训练思维而不局限在个别操作上。对于本实验的关键问题,可采用的方法有:

(1) 化学分析法^[23]; (2) 紫外分光光度法^[24]; (3) 高效液相色谱法^[25]; (4) 量热法^[26,27]; (5) pH 法^[28-30]; (6) 电导法^[31]。要求学生阅读参考资料后,以小组为单位,讨论总结解决关键问题的各种方法,撰写方法总结,内容包含“方法的原理,方法的技术(含实施步骤),方法的优缺点及适用范围”。这些方法各有特点,通过对比分析,学生可以明白不同的方法有不同的执行方案和路线,并根据实际情况做出选择,这个过程可以训练学生的思维方法^[20]。虽然这些方法知识范围广,有些还超出了学生所学范围(比如量热法属于热力学),但是不要求深入系统学习,主要目的是扩展学生的知识面。

同时结合化学动力学实验的要求,讨论实验的恒温方法、反应物混合方法。并结合具体的实验方案,讨论一些细节方面的方法,比如:(1) 反应开始的计时方法,(2) 反应器的改进方法,(3) 实验数据的处理方法。

还结合不同的实验方法和学生一起讨论实验中的具体问题,比如:(1) 结合化学分析法、高效液相色谱法,讨论如何冻结反应?(2) 结合量热法,讨论乙酸乙酯皂化反应是放热呢还是吸热?(3) 结合 pH 法、电导法,讨论反应物的初始浓度为什么要小一点?

通过比较及考虑实际情况,本实验推荐选择电导法,也可以选择 pH 法。

2.3 过程(process)

在选择实验方法后,就是执行方法解决问题的过程。PMPR 教学法的“过程”是对原传统实验步骤的继承和拓展。实验过程主要有两个阶段:准备工作和数据测量。实验过程既是对实验预习效果的检验,也是对学生实验思路、实验操作技能的锻炼。实验过程中要求规范操作、仔细观察,同时客观、认真地记录实验条件和原始数据。本文以“电导法”为例,实验流程如图 2 所示。

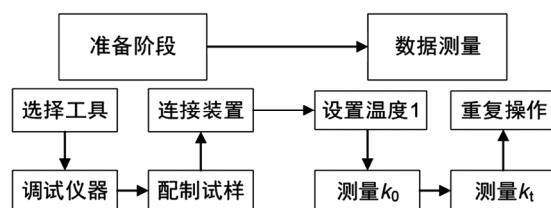


图 2 电导法实验流程图

2.4 结果(result)

结果部分包含数据处理、结果分析、总结反思撰写报告、评价反馈四个环节。实验数据首先用 Excel 或 Origin 软件进行拟合计算,得到拟合直线的斜率,然后计算出不同温度下的速率常数,最后分析温度对速率常数的影响。

在实验完成后,学生对方法的认识及应用有了进一步的提升,要求学生在实验报告中进一步总结方法的特点,思考实验方法是否有局限性,是否可以改进。对于实验总结报告的撰写,与传统的实验报告格式有一定区别,要求是:问题分析有条理、方法原理清楚、过程步骤简洁、数据处理准确、作图合理、讨论和思考有个人见解等。

设计了平时成绩评分表,指导教师对各个主要环节进行量化评价,并及时评阅实验报告,将评价信息反馈给学生。同时,将“总结反思”有新意、有独特见解的实验报告拍照,发送到学生 QQ 群里分享。

3 教学效果及不足

从 2015 年开始,在化学教育、化学工程与工艺专业的物理化学实验课程中实施 PMPR 实验教学法,经过两年多的探索和实践,逐渐优化了教学思路和流程,更加明确了教学任务和预期目标,取得了一定的效果,也存在一些需要改进的问题。

(1) 设计实验任务书促进了学生主动学习,对实验预习环节提出了新要求,改变了学生以前流

于形式的实验预习状况。通过查阅资料,总结、撰写解决关键问题的各种方法及原理技术,学生的自学能力和总结、表达能力得到了训练和提高,而且也能为学生以后进行“设计实验”打下较好的基础。虽然预习工作量偏重,但不要求学生系统深入学习相关知识,所以有利于扩展学生的知识面,开阔其思路,提高其应用能力。从学生的预习报告来看,有部分学习主动性强的学生,预习工作完成得非常好,提出了自己独到的想法和见解;然而也有部分学生分析问题缺乏条理性、全面性,抓不住主要矛盾;少部分学生的自学能力和总结表达能力较弱,有待于提高。

(2) PMPR 实验教学法的“发现、分析、解决问题”思维和问题解决策略不仅仅限于物理化学实验问题,而且能够引申到生活中的实际问题,所以能够激发学生的学习兴趣 and 热情,促进学生变被动为主动学习。通过 PMPR 教学方法的实行,学生的动手能力得到了训练和提高,学习能力、应用能力、反思能力、问题解决能力得到了培养。从实施情况和与部分学生交流情况来看,学生参与率高,对实验教学的满意度较高。从学校教务管理系统中的“学生评教”统计结果来看,近两年的评价均为“优”。本校首次参加了“2016 第三届川渝地区大学生化学实验邀请赛”,获得了一个“二等奖”,获奖同学认为“PMPR 实验教学法”对他们有较大的启发和帮助。

(3) 由于实验室条件限制,目前在实验操作环节还不能提供多种方法供学生试验,这是以后要努力改进的主要方面。只要实验室条件许可,就可把实验室按技术方法类别划分为一些区域并加大开放力度,学生按所选技术方法完成实验,并在课后交流心得。对学生的评价也需要进一步科学化、多元化、合理化。

4 结语

“教学有法、教无定法”,以培养问题解决能力为核心的 PMPR 教学方法体现了“以学生为本,以能力培养为核心”的教学理念,符合地方本科院校应用型人才培养目标。通过在物理化学实验中的实施情况来看,激发了学生的学习兴趣,拓宽了学生的知识面和思路,同时提高了学生发现问题、分析问题、解决问题的能力,培养了学生的综合应用和创新能力。PMPR 实验教学方法较好地实现了教学的物质性目标和功能性目标。PMPR 实验教学法除了可以在物理化学实验中应用外,也可以在其他实验课程中推广使用。

参 考 文 献

- [1] 江丕权,李越,戴国强. 清华大学教育研究, 1991, No. 1, 19.
- [2] 孟万金. 教育理论与实践, 1992, 12 (4), 54.
- [3] 袁维新, 吴庆麟. 心理科学, 2010, 33 (1), 151.
- [4] 袁维新. 心理科学, 2011, 34 (3), 636.
- [5] 伍远岳, 谢伟琦. 教育研究与实验, 2013, No. 4, 48.
- [6] 徐承天, 戴立益, 顾乐怡, 陆嘉星. 化工高等教育, 2003, 20 (3), 82.
- [7] 邓立志, 侯安新, 席美云. 大学化学, 2006, 21 (4), 25.
- [8] 陈永宝, 瞿学红, 刘淑珍. 大学化学, 2013, 28 (6), 17.
- [9] 崔学桂, 张树永, 李建平, 王乃兴, 高峰. 实验技术与管理, 2003, 20 (2), 120.
- [10] 侯向阳, 高楼军, 李东升, 周彩华, 柴红梅, 唐龙. 实验室研究与探索, 2006, 25 (11), 1423.
- [11] 张树永, 张剑荣, 陈六平. 大学化学, 2009, 24 (4), 24.
- [12] 韩阆俐, 张忠平, 万新军. 大学教育, 2012, 1 (3), 53.
- [13] 陈广大, 王学军, 谢建鹰, 张亿良, 谢爱理. 上饶师范学院学报, 2008, 28 (6), 48.
- [14] 鲁莉华. 实验室科学, 2009, No. 1, 52.
- [15] 刘文萍, 杨朝霞. 广州化工, 2011, 39 (16), 182.

-
- [16] 鲁朋举, 罗乐. 科教导刊(中旬刊), **2012**, No. 2, 7.
- [17] 王冬明. 湖北师范学院学报(自然科学版), **2004**, 24 (2), 98.
- [18] 陶亚奇, 徐江艳. 大学化学, **2017**, 32 (2), 38.
- [19] 杭义萍, 许琳. 实验室研究与探索, **2011**, 30 (9), 290.
- [20] 李天安. 大学化学, **2014**, 29 (5), 34.
- [21] 梁平. 华东师范大学学报(教育科学版), **2000**, 18 (2), 50.
- [22] 陶行知. 陶行知谈教育. 沈阳: 辽宁人民出版社, 2015: 64–66.
- [23] 冯安春. 化学通报, **1983**, No. 9, 36.
- [24] 陆嘉星, 刘静霞, 陈龙武. 化学通报, **1988**, No. 11, 55.
- [25] 周卓媛, 汪存信, 屈松生. 武汉大学学报(自然科学版), **1989**, No. 3, 59.
- [26] 康戈莉, 胡婉莹, 孟丽丽. 济南大学学报(自然科学版), **2007**, 21 (4), 361.
- [27] 张来英, 陈良坦, 李海燕. 大学化学, **2015**, 30 (2), 56.
- [28] 刘宁. 毕节师范高等专科学校学报, **1993**, No. 3, 27.
- [29] 李慎新. 西南民族大学学报(自然科学版), **1995**, 21 (2), 232.
- [30] 邵水源, 刘向荣, 庞利霞, 马璐瑶. 西安科技学院学报, **2004**, 24 (2), 196.
- [31] 傅杨武, 梁克中, 陈书鸿. 基础化学实验(III)——物理化学实验. 重庆: 重庆大学出版社, 2011: 115–119.