

非化学专业有机化学实验教学中对学生科研思维的培养

刘占祥*, 吴百乐, 秦敏锐, 邵东贝, 蔡黄菊, 赵华绒

浙江大学化学系, 杭州 310058

摘要: 研究型大学对学生科研思维的培养至关重要, 有机化学实验作为近化学专业类学生重要的基础实验课程, 对学生操作技能、创新能力和科研思维培养有重要作用。本文以非化学专业本科生有机化学实验“大学化学实验(O)”的教学实践为例, 从学生学习方式、教师教学方法、实验教学内容设置等方面阐述如何在教学过程中完成对学生科研思维的培养。

关键词: 有机化学实验; 科研思维; 非化学专业; 实验教学

中图分类号: G64; O6

Cultivation of Non-Chemistry Major Students' Scientific Thinking in the Teaching of Organic Chemistry Laboratory

Zhanxiang Liu*, Baile Wu, Minrui Qin, Dongbei Shao, Huangju Cai, Huarong Zhao

Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310058, P. R. China.

Abstract: It is very important for research-oriented universities to cultivate students' scientific thinking. As an important basic course for non-chemistry major students with specialty related to chemistry, organic chemistry laboratory teaching plays an important role in cultivating students' operational skills, innovative ability, and scientific research thinking. Taking the teaching practice of the "College Chemistry Laboratory (O)" for non-chemical undergraduates as an example, this paper discusses how to complete the cultivation of students' scientific research thinking in the teaching process from the aspects of students' learning style, teachers' teaching methods, and laboratory-teaching content.

Key Words: Organic chemistry laboratory; Scientific thinking; Non-chemistry majors; Laboratory teaching

有机化学实验是生物科学、医学、药学、农学、环境、食品科学等专业学生的基础实验课程, 实验教学承担了对学生传授基础知识和培养实验技能的任务。而这些专业的学生以后大都参与科研相关的工作, 在此阶段对其进行科研思维的培养, 必然在后续学习其本专业时, 更容易将有机化学的科研思维与其专业相结合, 从而产生创新点, 这也是实现专业交叉创新的一条新途径。因此, 如何将科研思维和创新意识引入到有机化学实验这门基础实验课程的教学中去, 不仅是教学改革的重要内容, 也是提高学生综合素质的根本所在^[1-3]。

浙江大学非化学专业有机化学实验“大学化学实验(O)”是大一第一学期或第二学期开设的, 总共 48 学时。在非常有限的时间内既提高学生的实验技能, 又培养学生分析问题、解决问题的能力,

收稿: 2019-09-16; 录用: 2019-10-29; 网络发表: 2019-11-11

*通讯作者, Email: liuzhanx@zju.edu.cn

基金资助: 浙江大学化学系教改项目

一直具有挑战性。我们也在学生引导要求、教师教学方法、实验内容设置等方面进行了很多有益的尝试和探索。本文以我校非化学专业本科生的有机化学实验“大学化学实验(O)”的教学实践为例,在此基础上探讨科研思维培养的可行性和实践性。

学生学习方式、教师教学方法和教学内容是贯穿有机化学实验教学过程的三个重要因素,所以有机化学实验教学中学生科研思维的培养,可以通过关注学生、教师教学方法和教学内容等方面开展。

1 学生层面重视实验过程思考, 培养科研思维

1.1 加强课前预习, 重视学生逻辑思维的培养

学生在实验前要对所做实验进行预习, 查阅相关文献, 查明所用物质的物理和化学特性, 尤其是物理常数和毒性、如何处理这些试剂等。预习和归纳实验内容, 把实验步骤简明扼要写出来, 熟悉整体的实验过程。同时要求学生在预习时对所要做的实验内容进行分析, 并提出问题。这种要求学生积极思考的预习过程也在一定程度上促进了科研思维的训练。为了避免学生预习时抄书, 我们录制了基础实验操作的短视频, 学生在实验前通过短视频可以直观了解基本操作。另外, 我们通过建立微信公众号, 完善了预习测试系统, 课前简短的预习测试, 初步检验学生的预习效果。

1.2 注重实验过程观察, 培养学生做好记录的良好习惯

实验记录是科研工作者最原始的实验凭证, 在实验过程中, 做好实验记录是培养学生观察能力和科研思维能力的基础。课程要求学生预习内容写在预习报告本上, 在实验课时预习报告本同时作为实验记录本, 步骤和现象分栏书写, 清晰明了。不得随意记录在书上或者活页纸上, 要求学生不能用铅笔做记录, 遇到修改时只能在原记录上划线, 旁边写上修改的内容, 签字确认。在实验过程中要尽量详细、实时记录, 记下反应现象、注明反应起止时间、蒸馏时收集各馏分的温度、减压蒸馏时的大气压、分水器中的出水量、TLC(薄层色谱实验)要把板按实际大小描出。数据记录要完整, 绝对不允许主观臆造、抄袭他人。这些是做研究的基本素养, 可以逐步在规范的前提下通过长期体验和实践来养成。

1.3 注重实验总结活动, 撰写实验报告和探究性实验论文, 注重早期科研启蒙

实验报告要写在专用格式的实验报告纸上, 实验报告是对实验的概括和总结, 比预习报告要求更高, 内容更全, 必须认真如实书写。要对实验记录、实验现象、实验数据、实验结果进行整理, 对实验课程的内容进行总结, 锻炼了学生数据处理和总结的能力。建议学生对实验过程进行多方面的分析和讨论, 可针对实验中遇到的疑难问题提出自己的见解, 针对产品的产量和质量进行讨论, 找出实验成功或失败的原因, 总结经验和教训。对实验方法、教学方法和实验内容等提出意见或建议以及对本实验进行拓展性讨论。学生实验目的不是仅学会教师教授的内容, 而是超越固有内容的学习, 拓宽思维, 提出问题。实验教学允许并且鼓励学生对实验提出不同观点, 从不同角度对结果和结论进行分析探讨。

在探究性实验环节, 学生从查阅文献-设计实验方案-讨论实验方案可行性-完成实验操作-整理资料-撰写小论文全过程进行完整的科研能力训练。制定相应的“探究性实验论文的格式及要求”, 按照学术论文基本格式, 指导学生能够清楚阐明自己探究实验得到的学术观点和科研思路, 在这一过程中, 学生逐渐学会如何科学地表达自己的思想, 这也是科研思维的重要训练。

2 教师教学层面改变教学理念, 科研思维贯穿教学过程

2.1 教师需要具备科研思维的基本教学理念

教师的教育理念决定了其教学方法, 只有实验指导教师自身具备了科研创新的实验教育理念, 在有机化学实验教学中合理采用科研创新的教学方法, 才能有效地培养学生的科研思维与创新意识。有机化学实验教学中学生科研思维的培养, 要注意有机化学实验教学中教学理念的创新, 改变以往传统教学只关注学生的实验操作和实验结果的方式, 转变单一、确定、封闭和线性的教学思维, 教

教师要积极地将科研思维精髓内化为教学思维品质, 注意将知识能力培养、过程与方法结合的教学目标融入于其中, 授课过程中, 举一反三, 联系实际, 形成全面的逻辑思维。减压蒸馏教学中, 介绍减压蒸馏基本原理, 设置提问: 什么情况下使用减压蒸馏, 对比讨论减压蒸馏装置为何与简单蒸馏装置不同; 为何要求减压蒸馏操作过程的顺序, 引导学生拓展了解化工生产中减压蒸馏的应用等。教师要鼓励学生不要满足于课堂和课本上的知识, 在课外多查阅相关专业文献, 开阔眼界, 启发思维, 了解专业发展动态和方向。

2.2 善于互动, 通过问题引导学生训练科研思维

课堂教学中, 教师通过提出“为什么”“怎么样”等一些启发性问题, 让学生带着问题针对性地去思考, 共同参与教学过程, 充分调动他们的学习积极性^[4]。例如, 在组织学生进行“乙酰苯胺的合成”这一实验时, 实验之前, 教师可以先指导学生进行相关材料的搜集, 明确各种合成乙酰苯胺的方法, 以及合成时所用试剂的物理常数、化学性质等相关内容, 考虑各种方法所采用的实验装置。而在讲解过程中, 首先让学生列举查阅到的不同方法, 进一步引导学生比较不同方法的优缺点。对于课堂采用的乙酸分馏法, 先从乙酸与苯胺的反应是可逆反应入手, 提问学生如何提高可逆反应的收率, 学生根据中学所学知识回答, 一是提高反应物浓度, 一是降低体系中产物的浓度。对于前者, 两种反应物, 苯胺与乙酸, 哪个过量? 引导学生从原料价格、后处理难度等方面逐步分析, 发现乙酸过量更具优越性。对于体系中产物, 分别是乙酰苯胺和水, 乙酰苯胺是固体, 沸点很高, 不易分出, 所以需要将水从反应体系分出, 这时候, 提问学生原料和产物的物理常数, 发现苯胺沸点为 184 °C, 乙酸沸点 118 °C, 水沸点 100 °C。水的沸点和乙酸相差 18 °C, 用简单蒸馏不能分开, 所以引入分馏装置, 这样循序渐进, 适当地进行思维引导, 学生会马上理解理化性质对反应操作的指导意义, 从而使学生具备一定的科研思维。

2.3 采用新的教学模式, 激发学生好奇心和促进学生深入思考

针对教学时数较短而教学内容较多的问题, 课程组拍摄了基本操作的微视频 (http://chemcenter.zju.edu.cn/redir.php?catalog_id=5998, 时长 10 分钟以内), 采用线上线下相结合的教学模式, 要求学生在预习时先观看视频, 直观熟悉基本操作与装置搭建, 这样可以节省一些时间, 让学生有较充裕的时间进行实验操作。在做实验时, 同排四位同学搭建装置后, 互相纠错, 将反应原理和反应操作紧密联系起来, 思考为什么不同反应采用不同的装置。线上线下有效结合, 目的在于培养学生的自主学习能力, 促进科研思维的培养。

在水蒸气蒸馏提取植物中的香精油成分时, 参照翻转课堂的模式, 课前布置学生观看水蒸气蒸馏操作视频, 分组查阅文献, 收集文献中不同的水蒸气蒸馏的方式, 自己收集樟树叶、橙子皮, 或干燥的玫瑰花等自然界的含香精油原材料。课堂上教师简单讲述水蒸气蒸馏具体原理后, 让学生代表讲解和演示经典装置的搭建, 各组推出学生代表讲解和演示其查到的文献中的新装置的搭建, 同一小组 4 人尽可能采取不同装置, 团队协作下得到不同实验结果, 进行数据共享, 分析讨论不同装置的优缺点。这样一种基本原理指导下的开放式教学模式, 学生会有极大的兴趣, 给予学生较大的自主性, 探索自然界常见植物中的香精油提取方法。课后, 学生完成一份探究性的实验报告, 实验操作部分详细写出自己完成的实验内容, 同时将同一小组的其他同学的实验结果进行参考, 数据共享, 在多参数角度下讨论水蒸气蒸馏实验的内容。这种教学模式充分挖掘学生在学习过程中的主动性, 提高学生解决问题和实验动手能力, 有效提升学生的科研思维、学习效率和综合能力。对于推动课程教学改革的发展也具有积极的意义。

2.4 参与教学改革, 研究培养科研思维教学的方案

实验教学方法改革是提高实验教学效果、发挥实验教学教书育人作用的关键^[4]。浙江大学化学系结合国家级实验教学中心的课程建设, 设立校级教改项目, 鼓励教师积极参与教学改革。教师围绕实验目的有意识地提出思考问题, 引导学生主动思考并参与讨论。同时在集体备课时, 教师研究

具备多变量的实验方案,让学生组成小组,分别研究不同变量,最后小组内对比,引导培养学生的科研思维。教师通过主持教改项目,系统总结教学经验和开发新的教学模式,有利于提高学生的创新能力。

3 教学内容设置层面体现科研思维

3.1 教学内容凸显科学研究一般过程

在“大学化学实验(O)”的教学过程中,我们把教学内容分为四个阶段:基础规范阶段—基本训练阶段(基本技能、基本方法、基本操作)—巩固提高阶段(合成制备、表征)—拓展实践阶段(综合设计探究)。

这样可以在有限的教学时数内完成各项训练内容。比如在巩固提高阶段,安排乙酰苯胺的合成、茶叶中咖啡因的提取、1-溴丁烷的合成等实验,从不同类型化合物的制备、后处理,以及物理常数表征等不同内容安排连续实验,让学生理解科学研究过程,培养科研思维。

3.2 教学设计上采用对比实验,融入科研思维

对比实验对于培养学生的观察能力、自主探究能力和严谨的科学态度有着十分重要的作用;通过对比实验,可以充分直观地理解实验内容,掌握实验的学习方法,发展学生的逻辑思维能力,培养学生的科学实证精神,提高学生发现问题和解决问题的能力^[5]。

正溴丁烷制备实验中后期需要蒸馏出生成的混合物有机相,经典实验在回流反应结束后,冷却后改换成蒸馏装置,我们在教学中采用的方法是:将恒压漏斗装在反应瓶与球形冷凝管之间,回流反应时打开恒压漏斗活塞,反应结束后,关闭活塞,将体系中的有机物都蒸馏到恒压漏斗中,这样也可避免拆换装置的不便,节省时间。通过不同装置对比,让学生了解如何按照自己需要的方式改进反应。乙酰苯胺重结晶采用不同溶剂,两位同学分别采用水和乙醇:水(3:1,体积比)进行重结晶,对比理解水做溶剂和有机溶剂重结晶时操作和处理方式的差别。在茶叶中咖啡因提取实验中,采用不同茶叶(红茶、绿茶、乌龙茶)、不同溶剂(乙醇、丙酮)、不同升华方式(常压和减压),从不同角度、不同变量理解科学研究的一般方式。在此过程中逐步培养学生的问题意识,在一种研究性氛围中帮助学生掌握实验要点、难点及注意事项,使学生深刻理解不同实验步骤的设置原理。

酯类合成实验中,比较不同催化体系中实验装置、操作方式和后处理方式的不同。同为酸促进的可逆反应,乙酸乙酯制备中浓硫酸加入量远远过量,而乙酸正丁酯合成中只加催化量的硫酸。乙酸乙酯合成中采用边滴加边蒸出产物的方式促进产率提高,而乙酸正丁酯合成中使用分水器分出产物中的水,引导学生理解为何不同?让学生从原料和产物的物理性质的差异以及其共沸物组成情况,系统理解有机反应操作的多样性,学会依据物理常数设计不同的操作方式,引导学生逐步理解原料与产物的物理常数与反应设计和后处理的密切相关性,进一步通过物理常数和性质思考实验设计和后处理措施,培养具体问题具体分析的科学思维。

3.3 探究性实验作为必要的教学内容

在“大学化学实验(O)”教学中安排探究性实验内容。学生在经过基本规范、基本技能训练和巩固提高实验三个阶段的训练之后,已经基本具备了自行设计实验的能力。课程中要求学生分组完成探究性实验,自由组合,每组3—4人,探究内容自选。比如进行“可逆反应研究——酯类的合成”探究性实验,要求每组采用不同的原料、不同的催化剂、不同的配料比,或者不同的方法(装置)合成同一种酯。学生提前向教师提出实验方案,教师要审核实验方案是否可行,并提出修改意见。实验结束后,每组要写一篇探究性实验论文,每人写一篇感想。探究性实验是学生通过自主设计而相对独立完成的一次科研体验活动,能够大大调动学生参与科研实践的积极性,激励学生主动思考的意识。通过探究性实验的教学,可以培养学生独立解决实际问题的能力、拓宽学生的知识面、促进团队合作能力。实践证明,探究性实验对培养学生的创新意识和科研思维具有重要意义。

4 结语

科研思维的启迪是培养高素质创新型人才的一项重要内容, 有机化学实验教学中关注学生科研思维的培养, 是当前有机化学实验教学改革创新的重要体现^[4]。将科研思维与创新意识的培养融入到基础有机化学实验教学中, 使学生把所学的理论知识转化成认识 and 解决实际问题的能力, 以培养适应社会发展的具有科研思维的创造性人才。

参 考 文 献

- [1] 郭秀芬, 海红. 广东化工, **2015**, 42 (295), 157.
- [2] 杨秀平, 兰景凤. 高校实验室工作研究, **2017**, No. 3, 26.
- [3] 杨奇, 陈三平, 谢钢, 高胜利. 中国大学教学, **2016**, No. 4, 31.
- [4] 张树永, 张剑荣, 陈六平. 大学化学, **2016**, 31 (9), 1.
- [5] 郑学丽, 陈华, 李梦龙. 化学教育, **2014**, 35 (18), 29.