

做好基础化学实验教学第一步 ——线上线下辅助实验预习的探索和总结

吴晓军, 胡锴, 赵发琼*

化学国家级实验教学示范中心(武汉大学), 武汉 430072

摘要: 预习是实验教学的重要环节, 预习的科学设计和落实执行不仅直接决定了学生学与做、教师教与导的效果, 而且在学生思维能力和探究精神的培养中承载着小杠杆撬动大效益的作用。本文介绍了武汉大学基础化学实验课程组利用线上线下资源辅助低年级学生进行实验预习的探索和总结, 分享了别具一格的互动式讲义和“六步走”预习教学模式, 以实现在潜移默化中推动学生思辨能力和自主学习能力的稳步提升。

关键词: 基础化学实验; 实验预习; 线上线下混合; 互动式讲义

中图分类号: G64; O6

Laying the Groundwork for General Chemistry Experiment Teaching: Exploration and Summary of Assisting Experiment Preparatory Work through Online and Offline Integration

Xiaojun Wu, Kai Hu, Faqiong Zhao *

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Wuhan University), Wuhan 430072, China.

Abstract: Pre-laboratory preparation is a crucial component in experimental instruction. The scientific design and effective implementation of preparation not only directly impact the students' learning effectiveness and the teachers' instructional efficacy, but also play a pivotal role in cultivating students' cognitive ability and inquiry spirit, acting as a small lever that can yield significant educational benefits. This paper presents the exploration and summary of an approach adopted by the General Chemistry Experimental Course Team at Wuhan University, which utilizes a blend of online and offline resources to assist lower-year students in their laboratory preparation. It highlights the innovative use of interactive lecture notes and a "Six-Step" preparatory teaching model, aimed at subtly fostering students' critical thinking and self-learning abilities for steady enhancement.

Key Words: General chemistry experiment; Pre-laboratory preparation; Online and offline integration; Interactive lecture notes

化学是一门以实验为基础的科学, 实验是化学的灵魂。化学实验教学是实施全面化学教学最有效的形式, 也是培养学生化学思维和创新能力的重要方法和手段^[1,2]。基础化学实验是化学专业学生进行专业系统训练的第一门实验课, 在培养学生实验习惯和思维习惯等方面起着定基调和打基础的作用。实验预习是实验教学的第一步, 我们认为也是最重要的一步。预习越充分有效, 实操就越胸有成竹, 操作之余才有可能分出精力对实验现象进行深度思考甚至适当改进。只有经历了思考和实

践, 学生的化学思维才有可能提升、创新意识才有可能形成。预习对高质量实验的重要性虽不言而喻, 但预习往往又是实验教学中最容易被忽视或者说容易放松的环节。学生有不知道如何有效预习的困惑, 老师也面临预习效果不易得到及时全面的反馈。学生的预习常常沦为抄书, 老师则较难从预习报告或者课堂互动等手段中得到及时、准确和全面的学情反馈。武汉大学基础化学实验课程组针对预习落实难、评价难两大问题, 并充分考虑实验学时缩减和代课老师水平差异等客观现实, 在实验预习指导方面做了一些有益地探索和改革。改革取得了一定的成效, 现总结如下供大家参考。

1 预习目标再梳理

2019年武汉大学进行了新一轮化学专业课程体系改革, 将原来以二级学科划分的实验课程体系改为以三大核心平台课程(基础化学实验、综合化学实验和科研能力训练)为基础的实验教学新体系。新课程从新形势下国家对人才培养的需求^[3,4]和化学类专业化学实验教学建议内容^[5]出发设计课程, 旨在培养专业素养高、有创新能力的化学人。据此, 我们重新思考和梳理了基础化学实验的定位和目标。结合化学学科特点以及武汉大学本科教学的宗旨和特点, 确定了基础化学实验课程的宗旨为: 夯实基础、能力至上、提质减量。基于课程宗旨和目前课堂教学时间大幅缩减的客观事实, 我们明确了实验预习的目标, 具体如下: 1) 通过预习, 学生熟悉并充分了解实验目的、原理和内容; 2) 通过预习, 学生了解实验中涉及的基本操作及注意事项; 3) 借助预习, 学生对实验过程有一定的思考, 能带着问题进行实验。总体而言, 在预习上我们不仅要求学生明确操作方法和流程为动手打下基础, 也要求他们在化学思维能力上有所提升, 能更多地实际联系理论, 使实验不仅是一个动手过程更是一场头脑风暴。基于以上的预习目标和预习中存在的普遍问题, 我们对实验预习具体实施提出了新的要求并利用线上线下等多种方式帮助学生达成预习目标。

2 预习指导再细化

基于基础实验课程对知识、能力和素养培养目标, 我们设计了实验预习“六步走”模式, 利用学习通平台进行线上线下混合的SPOC (Small Private Online Course)教学。希望借此模式帮助学生学得有效预习的方法和习惯, 并进一步培养他们的化学思维和创新意识。模式中的“六步”依次为钻→看→排→写→测→论。为了让学生明确预习要求和掌握预习方法, 我们会在第一堂实验绪论课通过“由粗食盐制备试剂级氯化钠”这个熟悉且经典的实验, 手把手地教他们如何进行“有效的”预习, 并在其后的实验中不断强化预习流程和加强预习目标的达成度。预习“六步走”模式的具体举措和要求如下。

2.1 “钻”

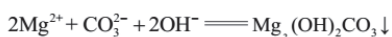
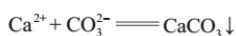
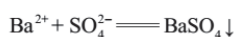
“钻”即钻研实验内容。这个环节要求学生结合实验目的和原理来理解实验内容, 通过深入思考和提问加深对实验的理解。预习不能只限于知晓实验目的、理解实验原理和清楚实验过程这个层次, 钻研内容是要在明晰怎么做的基础上理解为什么要这样做, 进而将目的、原理和内容三者结合。只有明白了为什么这样做, 学生才能举一反三, 实现思维能力和创新意识的提升。然而, 习惯了中学阶段以知识传授为主要教学形式的大一新生, 大部分缺乏主动思考的能力和动力。因此, 实验预习指导的重点和难点就是引导和帮助学生思考, 钻研实验正是培养学生思维的绝佳机会。但预习通常在课外由学生自主完成, 这无疑增加了教学引导的难度和不可控性。实践中, 我们从改变实验讲义的呈现方式入手, 通过互动式讲义引导学生思考。目前实验教材多为菜谱型, 学生通过教材获取的主要信息是怎么做, 但很难主动思考为什么要这样做, 教材很少明确从思维方面提出要求。因此学生往往将得产品或好的结果得高分作为实验的最终目的, 忽视实验教学最终和最本质的目的是在掌握实验技能基础上的化学思维能力的提升。

基于夯实基础和能力提升的课程宗旨, 我们以互动式讲义代替传统实验讲义。互动式讲义左边为基本实验内容, 右边为针对左边内容的问题, 并预留空白以便作答。我们希望通过这种跨时空的

一问一答的互动来实现引导学生思考、钻研内容的目的，并逐步培养他们分析解决问题的能力、化学思维和自主学习的能力。图1为“由粗食盐制备试剂级氯化钠”实验互动式讲义中化学原理的部分内容(完整讲义可参见补充材料)。题问的设问面广，涉及基本操作、原理、技能以及理论等方面。此外，设问分不同难度，通过“*”数目予以区分。其中一星为基础题，二星和三星为进阶题，需要经过实验或是理论联系实验才能解答。预习阶段我们并不要求学生能正确回答所有互动问题，部分多星进阶问题的提出，旨在先入为主让学生在意识层面认识到问题的存在，这样在后续实操中才有可能留意观察、思考。讲义中问题的数目会随着学生方法的习得和能力的提升而螺旋递减，目的是给学生留出更多的提问思考空间，变被动学习为主动学习。互动式讲义犹如老师的两只手，在学生尚不具备一些能力或能力不足时扶着学生一步一步走，而当他们能力提升后老师的手就可以慢慢松开，给他们自主迈步的机会，同时不断引导鼓励，最终实现放手。第一学期的实验，我们提供编写好的互动讲义；第二学期则会根据情况邀请学生参与讲义提问的编写，老师负责质量把关；其后当学生习得了基本方法，养成了自主思考的习惯，老师的角色就变为引导者和督促者。

二、实验原理

氯化钠(NaCl)由粗食盐提纯而得。一般粗盐中含有泥沙等不溶性杂质及 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 K^{+} 等可溶性杂质。氯化钠的溶解度随温度的变化很小，不能用重结晶的方法纯化。因此提纯过程一般用化学法处理，即使可溶性杂质都转化成难溶物，然后过滤除去。该方法的原理是：用稍过量的 BaCl_2 将粗盐中的 SO_4^{2-} 杂质转化为难溶的 BaSO_4 ；再加 Na_2CO_3 与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及过量的 Ba^{2+} 生成相应的沉淀；过量的 Na_2CO_3 会使产品呈碱性，将沉淀过滤后加 HCl 除去过量的 CO_3^{2-} 。有关离子反应式如下：



* 粗盐的来源有哪些？不同来源的盐杂质含量是否存在差异？

** 为什么NaCl溶解度随温度变化小就不能用重结晶方法提纯？

* 是否可用其它钡盐如 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 作为沉淀剂，为什么？

* 为什么选用 Na_2CO_3 作沉淀剂？为什么除去 CO_3^{2-} 时使用盐酸而不是其它强酸？

*** 为什么 Mg^{2+} 以碱式碳酸盐的形式被沉降而不是如 Ca^{2+} 一样以碳酸盐形成沉降？

* 查表得到上述沉淀的 K_{sp} 。

图1 互动式讲义的部分示例

2.2 “看”

第二步“看”是指观看视频讲解。我们将传统教学中的实验讲解部分，包括实验原理和内容及注意事项等讲解，通过视频的形式由线下转到线上，学生可登录学习通平台灵活自主地观看。讲解视频的录制有些是由实验中心专职教师完成，大部分则由来自各二级单位的兼职老师完成。视频的录制多采用PPT录屏的形式进行。这种方式较之传统视频录制而言，更灵活经济，老师的自主性更大，更有利于视频的更新和迭代，目前我们每个实验都有2-3个不同版本的讲解视频。除了实验讲解视频外，我们还录制了基本操作视频来帮助学生熟悉基本操作和仪器的使用，其后线下还进行面对面的详细讲解，帮助学生更好地掌握。总体而言，线上预习视频的优势在于：1) 讲解转到线上，为线下教学留出了更多实操时间；2) 学生可不受时间限制反复观看，有利于提高预习质量；3) 线上数

据的及时反馈, 帮助老师“因材施教”; 4) 实验为小班教学, 视频讲解在一定程度上可统一教学, 确保基本教学质量; 5) 提高了兼职老师的教学参与度, 为教学发展和改革提供新的思路。通过视频学习并结合自主钻研, 学生对实验有了更深一层的认识, 讲义中一些问题也可得到解答。

2.3 “排”

“排”是指学生完成前两个环节后根据对实验的理解, 做好实操过程的规划和时间管理。我们要求学生明确实验需要使用的仪器和药品, 安排实验的基本顺序和步骤, 明确需要预先准备的事情, 合理有效安排实验。

2.4 “写”

实操时间轴确立后, 就进入预习的第四步“写”, 即撰写预习报告。我们对预习报告的要求是在“排”好的操作时间轴的基础上, 写出基本的实验过程并预留填写实验数据和现象的空白。图2为氯化钠实验预习报告部分内容的示例。我们拒绝“抄书”式的预习报告, 认为单纯的抄是没法达到有效预习的目的, 是疏于思考的表现。

粗食盐制备试剂级氯化钠

日期: _____

天气: _____ 温度: _____ 压强: _____ 合作人: _____

操作流程:

1. 溶盐: $m_{\text{NaCl}} =$ _____ g $V_{\text{H}_2\text{O}} =$ _____ mL
现象: _____

2. 除杂: a. 除 SO_4^{2-} : $C_{\text{BaCl}_2} =$ _____ mol/L $V_{\text{BaCl}_2} =$ _____ mL
现象: _____

b. 除 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ba^{2+} : $C_{\text{Na}_2\text{CO}_3} =$ _____ mol/L $V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} =$ _____ mL
现象: _____

c. 除 CO_3^{2-} : $C_{\text{HCl}} =$ _____ mol/L $V_{\text{HCl}} =$ _____ mL $\text{pH}_0 =$ _____ $\text{pH}_1 =$ _____ ;
现象: _____

图2 预习报告示例

2.5 “测”

预习中的“测”是检验评估预习效果的方法之一。预习测试一般安排在学生进入实验后老师开始讲解前, 通过学习通线上闭卷限时进行。测试题多为选择题和简答题, 涉及内容主要是实验原理、过程和操作等。测试时间一般为10 min左右, 老师根据学生完成提交情况灵活确定结束时间。线上预习测试的优点是能给老师提供及时准确的预习效果反馈, 老师能根据答题情况及时发现难点问题并在其后给予针对性的解答。在预习测试题方面, 我们充分调动兼职老师的积极性, 一般每个老师负责1-2个实验的出题工作。通过几轮积累, 目前我们每个实验都有4-5套不同的预习测试题。总体来说, 预习测试不仅给学生预习一定的“压力”督促预习, 同时也推动指导老师积极开展教学研究。老师会利用预习测试时间检查预习报告书写和互动式讲义的完成情况, 也可以查看部分先提交的测试以便掌握答题情况其后进行有针对性的讲解。

2.6 “论”

预习的最后一步是“论”，即师生共同讨论本次实验中的重点和难点问题，是一个以总结和反馈为主的环节，也是正式开始做实验前的完成预习过程闭环的环节。这里的论不仅包括本次实验的重难点，也包含对上次实验及实验报告的总结，此外学生在预习过程中尚未解决的疑惑也可以在此提出讨论。另外，在这个面对面的环节，我们还强调老师要进一步讲解和演示实验中的基本操作，并重申实验的注意事项和安全问题。

通过六步预习，学生在后面的实操部分少了些害怕和不安，多了些从容和镇定。更重要的是，通过预习对实验的深入理解，学生能在实验过程中逐渐体会到需要观察什么、如何观察、怎么思考，如何设计、分析和解决问题。实验学习逐步由被动完成到主动发现，基础和能力同步提高。

3 结语

预习是实验高效高质量完成的保证，无论是在学生“三基”能力训练还是解决问题能力和创新意识培养上都起到了至关重要的作用。武汉大学基础化学课程组在对预习目标再梳理的基础上，对预习过程进行了细化，利用线上线下混合式教学通过预习“六步走”，借助互动式讲义、视频和课前测等方法手段，帮助学生加深对实验的理解，提升学生自学能力和创新意识。

经过几轮的改革和实践，我们发现学生能更高效更高质量地完成实验，更主动积极地参与课堂讨论和开放实验；实验设计的自主性和创新性增强，实验报告的撰写也迸发更多思想火花；兼职老师对实验教学与研究的投入度，协同性也大大提升。教学改革，永远在路上。我们希望通过预习环节的创新设计，让学生更加积极主动地学习，在能力和素质上均有所提升，真正达成夯实基础、能力至上的课程宗旨。

补充材料： 可通过链接<https://www.dxxh.pku.edu.cn>免费下载。

参 考 文 献

- [1] 戴安邦. 实验室研究与探索, **1994**, 13 (3), 1.
- [2] 李一峻, 邱晓航, 韩杰, 何尚锦. 大学化学, **2019**, 34 (10), 90.
- [3] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案的通知. [2023-06-18].
https://www.gov.cn/zhengce/content/2015-11/05/content_10269.htm
- [4] 中华人民共和国教育部. 教育部关于加快建设高水平本科教育 全面提高人才培养能力的意见. [2023-06-18].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017_351887.html
- [5] 2013–2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, **2017**, 32 (8), 1.