

师范院校化学专业研究型实验教学体验课 ——以从含银废液中回收硝酸银项目为例

莫启进*, 卓梅芳, 钟志怡, 甘春芳, 张丽霞

南宁师范大学化学与材料学院, 南宁 530001

摘要: 研究型实验教学是当前高校实验教学的研究热点。硝酸银是一种价格比较昂贵的试剂, 从含银废液中回收硝酸银, 不仅能解决环境污染问题, 也能节约实验成本。该实验所需仪器设备简单, 涉及的操作及过程中出现的问题等, 学生也能够利用所学知识和技能有效解决。本文以含银废液为原料回收硝酸银为实验项目, 让学生自己设计实验方案, 并通过方案的实施, 体验研究型实验教学的过程, 达到培养学生科学研究意识的目的。

关键词: 含银废液; 氯化银; 硝酸银; 研究型实验教学

中图分类号: G642.0

Research-Oriented Experimental Teaching in Chemistry Education at Normal University: Taking the Project of Recovering Silver Nitrate from Silver-Containing Waste as an Example

Qijin Mo*, Meifang Zhuo, Zhiyi Zhong, Chunfang Gan, Lixia Zhang

School of Chemistry and Materials, Nanning Normal University, Nanning 530001, China.

Abstract: Research-oriented experimental teaching has emerged as a prominent focus in higher education's pedagogical studies. Silver nitrate, a notably costly reagent, poses a dual opportunity when recovered from silver-containing waste: it mitigates environmental pollution and reduces experimental costs. The experiment requires simple equipment, enabling students to apply their learned knowledge and skills effectively in resolving operational and procedural challenges. This study utilizes the recovery of silver nitrate from silver-containing waste liquid as the experimental project, where students independently devise their experimental strategies. Through the implementation of the scheme, they engage in a research-based learning process, thereby fostering their scientific research acumen.

Key Words: Silver-containing waste liquid; Silver chloride; Silver nitrate;
Research-oriented experimental teaching

化学是一门实验科学, 实验教学是本科化学课程的一个重要方面。本科化学实验的目标是让学生进一步巩固化学理论知识, 掌握基本实验技能, 综合应用这些知识和基本技能解决实际问题。传统的本科实验教学内容有明确的实验目的、实验原理、实验仪器和试剂、详尽的操作步骤, 以及试剂使用的先后顺序、需要记录的数据和观察实验现象的提示等等。尽管这种验证式的实验在传授技能方面是有效的, 但它未能展示科学实验的真正本质, 即如何发现和解决问题。因此, 研究型实验教学的探索和发展成为本科实验教学改进改革的重要方向^[1-3]。

收稿: 2023-10-25; 录用: 2024-01-24; 网络发表: 2024-02-01

*通讯作者, Email: qjmo@nnnu.edu.cn

基金资助: 广西自然科学基金项目(2021GXNSFAA220104)

1 实验教学功能的再认识

作为化学课程的一部分，实验教学具有独特的功能。它不仅仅是提供一个做实验的场所，更应是利用科学知识来进行综合能力的锻炼——包括设计实验、解释数据、得出结论，为从事实际工作建立基础。因此，重新审视实验教学的功能很必要。

化学实验教学的功能之一是：教授化学实用技能。学习基本的实验技能固然必要，然而在现有的本科实验教学中，倘若验证实验占据绝大多数，既难以体现出化学技能的灵活应用，也难以展示处理和解决实际问题的能力。

化学实验教学的功能之二是：学习如何设计实验。鉴于在师范专业本科实验中，学生花费大量时间按部就班用准备好的仪器、试剂，按照既定的步骤，进行实验，获得数据，完成实验报告，缺乏如何利用所学知识进行实验方法自主设计实验的环节。因此在处理需要通过设计和完成实验解决相关实际问题时，就会茫然，甚至无从下手。

化学实验教学的功能之三是：培养发展学生可转移的技能，如团队合作、时间管理和解决问题的思考方法^[4]。实验室应成为活动开发、可转移技能实施或体验的地方，这里学生应学会向他人求助、协商、真正思考问题，通过思考、实践、再思考、再实践，逐步掌握基本的可转移技能。

化学实验教学的功能之四是：让学生学习“做实验”的过程，明白如何“做化学”^[5]。“做化学”是将所学、内化的知识或技能应用于科学任务或实际工作，付诸于行动解决问题。

要实现上述功能，必须对实验教学有新的思考和突破。本文选择硝酸银废液的回收处理作为案例研究，实验对象为大三学生，最长实验完成时间设定不超过20天，期望通过本次实验的实施为实验教学的改进提供参考样本。

2 体验项目的来源

在化学实验中，常常会产生大量的废液，如何减少废液的产生？产生的废液如何处理？能否回收以及如何回收废液？都是需要思考的问题。特别是对于师范生，将来进入教师行业后，教师的言行会对学生起到潜移默化的作用，教师具备回收和利用资源的意识，必然会在教学过程中向学生传递节约资源和保护环境的理念，从而增强学生的社会责任感。

对部分废液进行回收处理，不仅可以节省实验成本，还可以培养学生的自主探究意识，提高学生将所学知识与实践应用相结合的能力。

3 体验项目的确定

硝酸银是常用于实验教学的一种试剂，如在分析化学实验中，可溶性氯化物中氯含量的分析就用到硝酸银^[6]。该方法采用AgNO₃标准溶液滴定待测试液中的Cl⁻，并以K₂CrO₄溶液作为指示剂，滴定过程中银离子沉淀，主要以AgCl和Ag₂CrO₄形式存在。本学院每年有5个班做该实验，每个班平均人数约为40人，每学期完成莫尔法测定可溶性氯化物中氯含量的实验需要消耗700 g硝酸银，产生约60 L的含银废液。氯化银对环境有害，不可以丢弃到水槽中，若交给处理公司，需要额外的费用，且硝酸银试剂也是一种价格比较昂贵的试剂。从含银废液中将氯化银回收成硝酸银可以节约实验成本^[7-17]。通过查阅文献，发现从该废液中提取硝酸银，过程中涉及的操作皆是要求学生掌握的基本操作，实施提取过程可控，因此选取该项目作为研究型实验教学的体验项目。

4 研究型实验项目设计

AgNO₃的提取过程主要涉及过滤和洗涤、蒸发结晶、滴定和分析等环节，这些都是学生非常熟悉的基本实验操作。本研究的主要目的就是让学生通过自己设计整个实验，将所学知识与解决问题结合在一起，体验真正的“做化学”过程。该研究型实验教学对学生的要求主要包括以下几点：

(1) 含银废液主要成分的成因分析。此步骤的意图，是让学生学会解决问题的思考方式：找出

解决问题的关键因素。

(2) 查阅参考文献, 确定实验方法。此步骤主要是让学生学会在他人的研究基础上, 具体问题具体分析。

(3) 拟定实验的操作流程或步骤。此步骤要求学生思考解决问题的有序性或逻辑性以及实施的可能性。

(4) 选择实验药品和仪器。

(5) 实验所用试剂浓度及用量的确定: 试剂的配制, 看似简单, 实则是最考验学生自主能力的一步。以往的实验中, 试剂及其浓度都是事先准备好的, 学生直接取用, 不需要考虑试剂的浓度是如何确定的。对探究性实验, 需要学生综合考虑, 进行预判、合理预测和核算, 进行实验尝试并进行选择。

(6) 实验室安全问题: 实验环节中存在哪些危险因素? 如何防范? 此步骤的主要目的是培养学生安全意识, 能够预判实验过程中的危险性, 并做好防护。

(7) 实验结果与报告: 提交提取的成品硝酸银和一份自主撰写的总结报告。成品硝酸银的提交是让学生有实验后的成就感和自豪感。自主撰写总结报告是给学生一定的空间, 能把自己在实验过程中的思考过程、心理感受、反思和收获表达出来。从提交的报告来看, 学生参考文献中的文章形式, 展现自己实验报告的特色。

(8) 药品、仪器的使用及归还申请, 实验室的使用时间申请; 让学生意识到实验室工作应遵守的规则, 树立对时间管理的观念。

5 研究型体验项目的实施

体验项目的实施方案采用分小组工作方式, 学生经讨论最终确定方案。具体的实验操作由个人独立完成, 在大框架下, 细小的实施环节可以因人而异。

5.1 实验方案框架的确定

(1) 提取方法的确定。学生查阅文献的能力较强, 而对文献观点的提炼, 需要教师指导。学生通过对文献的提炼, 从节能、环保、安全、产率、反应速率以及现有实验室的条件出发, 经讨论后最终确定采用固-液还原法。

(2) 含银废液的预处理。通过含银废液的主要成分的成因分析, 借助于溶度积常数, 确定通过加入NaCl将溶液中的 Ag^+ 离子和 Ag_2CrO_4 完全转化为 AgCl 沉淀, 并就具体环节比如取多少毫升原液? NaCl的用量等进行讨论。

(3) AgCl 转化为 AgNO_3 。根据文献, 最终确定在稀氨水中加入 AgCl 、还原剂Zn片或Cu片, 将 Ag^+ 还原为银粉; 再将银粉与硝酸反应, 得到 AgNO_3 , 并进行纯度检验。

由于本研究是尝试进行研究型实验, 所选实验内容难度不大, 实验方案框架的确定相对容易。线上查阅文献和线下讨论均在课余时间完成。在讨论过程中学生发表观点、倾听意见、相互争论, 最终达成一致意见, 能够体现成员之间的相互协作。

5.2 实验过程中安全意识的培养

(1) 浓氨水、浓硝酸的取用需在通风橱中进行, 注意戴手套及护目镜。

(2) 银氨溶液不能放置太长的时间, 否则会产生雷酸银。为避免雷酸银的产生, 可以把 AgCl 和Cu片一起放入氨水中反应。

(3) 银与硝酸反应会产生有毒气体, 必须在通风橱中进行。

5.3 项目开展过程中出现的问题

学生发现, 看似简单的提取实验, 在实施过程中会遇到各种问题需要思考解决, 而在做传统的课本实验的过程中, 从没有想过要自己思考并解决问题。同时学生也意识到, 出现的问题不解决, 实验就无法进行, 也进一步激发了学生思考问题的潜在意识。实验项目完成后, 通过整理, 实验过

程中出现的主要问题如下:

(1) 如何判断预处理过程中,加入NaCl的量已经足够? 学生都知道用AgNO₃进行反滴,但AgNO₃的浓度需多大? 大部分学生认为用常见浓度为0.1 mol·L⁻¹ AgNO₃溶液即可; 少部分学生从节约的角度思考后,认为应采用原废液的上层清液反滴。经讨论后,最终确定采用后者。

(2) AgCl应是白色沉淀,为什么实验得到的AgCl是黄色的(如图1所示)?

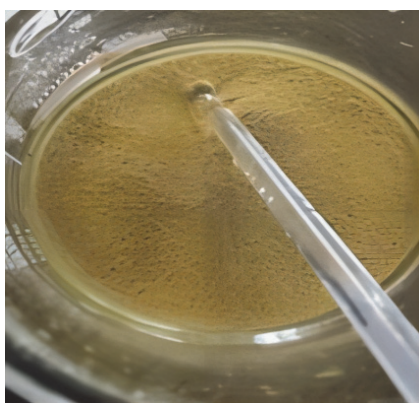


图1 废液加入NaCl后转化生成的AgCl

(3) 不同物质做还原剂时,实验现象为何不同?

实验发现用废弃导线中的铜丝或做电极的铜片做还原剂制取银时,将得到的银与稀硝酸反应制取硝酸银,烧杯底部会出现少量黑色絮状物; 而用纯度为99%锌片做还原剂时,却无此现象。原因是什么?

(4) 如何提高氯化银中银还原为银单质的收率?

实验过程中,学生发现,当用锌片做还原剂时,银粉会附着在锌片上,导致银粉的收率降低。对此关键问题,学生展开了讨论。在此讨论中,学生开动脑筋,各抒己见,最终认为解决的最佳方法是用铁粉作还原剂,生成的银粉不会粘附在铁粉上,且过量的铁粉可以用磁铁吸附除去。

(5) 将银转化为硝酸银,如何确定硝酸的用量?

有些学生没有认真思考,加入的硝酸用量过多导致蒸发浓缩过程时间过长; 有些学生吸取教训,在银粉中边滴加稀硝酸边搅拌,用量刚好能够溶解完银粉即停止滴加,蒸发浓缩步骤时间大大缩短。

6 学生的反馈和感悟

通过学生的反馈,能明显感觉到学生收获颇丰。学生代表性的感悟(原话)如下:

学生1: 作为一名化学专业的学生,经常进出实验室,需要时时提高安全意识。在实验过程中,没有人能预测危险什么时候来临,所以一定要严格遵守操作规程和规章制度。不管实验时是否会接触到腐蚀性液体、或有毒气体,做实验前必须带好手套、戴好口罩、护目镜,穿好实验服,这是最基本的防护。还有牢记基本的安全常识,不能将头部靠近烧杯观察实验现象,用电炉时,女生一定要扎起头发等,注意实验室水电的安全使用。平时虽然也懂一些化学实验室规则,但不认为有多重要,只有自己亲自设计实验,自己亲自操作时,没有老师强调每一步的细节和要点时,牢记实验室规则对自身的安全就显得很重要。

学生2: 在实验过程中,我的思维、沟通、实践能力、抗压能力得到了磨练。在研究方面,最深刻的体会是自己要多加思考、积极主动开展实践环节。本次实验与传统意义上的基础实验不同,不是按照书本已有的实验步骤、在老师的指导下完成实验,而是需要自己在实验过程中一步步探究,找到最适宜的试剂浓度和用量,通过实践后,才能理清实验的操作步骤。进行实验前,需要多看文

献资料,去领会和理解实验的要点,要制定实验计划,按照计划一步步实施。碰到解决不了的困难时,要向老师寻求帮助,或者查阅文献寻找解决办法。总之,实验过程中有利于独立思考,能够提高自己解决问题的能力,也增加了自信心。

学生3:虽然在实验过程中遇到了很多棘手的问题,但我都以积极的态度去面对,学会了思考和处理问题的方式,充分运用所学知识解决实际实验中遇到的问题,加深了我对专业知识的理解,有助于综合处理问题能力的锻炼。

学生4:整个实验下来,体会到文献只是大概讲述了一个实验步骤及流程,仅仅给提供了一个实验框架。真正亲身实践后,会发现实验过程中出现的问题是我们意料之外的,是文献、资料中没有讲述的,是需要自己动脑筋和动手解决的;也感觉到实验研究是要踏踏实实静下心来做学问。

学生5:有助于我今后对实验课程的重新理解,不是简单重复,而是在动手过程中思考,一定要问为什么这样设计,为什么采用这种方法等等。研究型实验教学教会我如何思考。当看到白色结晶的 AgNO_3 产品时,感到心花怒放,我第一次感到实验给我带来的愉悦和成就(如图2所示)。

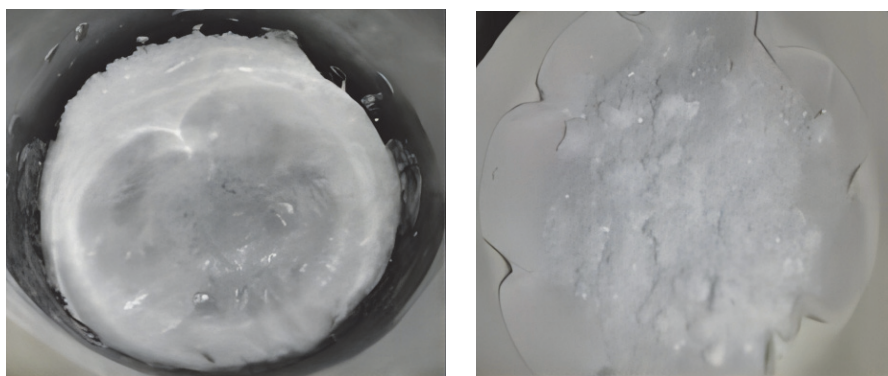


图2 结晶时的硝酸银(左);烘干后的硝酸银固体(右)

7 结语

用廉价的药品、常规的实验室设备和简单的实验方法对含银废液进行回收利用,通过学生对项目的设计和实施,成功回收昂贵的硝酸银药品,节约了本科实验成本,又能锻炼学生在提取、回收过程中思考问题的能力以及处理问题的方法、综合实验技能和综合素质。实验过程中,学生通过不断尝试和研讨,最终顺利完成实验,增加了对科研活动的理解,激发了对该研究项目的兴趣。并通过设计实验方案和不断解决问题,创造类似于科学研究的环境,达到了研究实验体验项目的预期目标,也为后续的研究型实验教学工作的开展提供了参考。

参 考 文 献

- [1] 朱慧群, 瑞钦, 王忆. 中山大学年报论丛, 2007, 27 (7), 50.
- [2] 王叶, 马国宏, 闫晓娜. 实验室研究与探索, 2009, 28 (6), 101.
- [3] 刘福德, 安钢, 尹晓红, 万钧. 中国轻工教育, 2014, No.2, 69.
- [4] Seery, M. K. *J. Chem. Educ.* 2020, 97, 1511.
- [5] Bretz, S. L. *J. Chem. Educ.* 2019, 96, 193.
- [6] 武汉大学. 分析化学. 北京: 高等教育出版社, 2000: 200-204.
- [7] 任雪峰, 宋海, 李爱国, 崔廷政. 河西学院学报, 2009, 25 (2), 35.
- [8] 朱雯, 周全法. 实验室研究与探索, 2008, 27 (7), 64.
- [9] 黄美荣, 李振宇, 李新贵. 工业用水与废水, 2005, 36 (1), 9.

- [10] 王海民. 教学仪器与实验, **2008**, *24* (2), 32.
- [11] 俞群娣. 浙江海洋学院学报, **2003**, *22* (2), 184.
- [12] Dollen, J.; Oliva, S.; Max, S.; Esbenshade, J. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95*, 682.
- [13] 李芳蓉, 田永峰, 牛娟, 孙彦坪, 刘凤霞, 童丹, 李宏伟. 贵州大学学报, **2020**, *37* (2), 119.
- [14] 曹梦竺, 葛明敏. 广东化工, **2013**, *40* (22), 62.
- [15] 鄂毓邦. 盐业与化工, **2016**, *45* (12), 44.
- [16] 傅美玲. 科技资讯, **2019**, *17* (27), 239.
- [17] 丁德钦. 大学化学, **1991**, *6* (2), 48.