

科研问题向课堂教学的融入

戴可¹, 梁华^{2,*}, 黄鹤燕³, 胡海龙³, 霍冀川³

¹ 西南科技大学材料科学与工程学院, 四川 绵阳 621010

² 西南科技大学环境友好能源材料国家重点实验室, 四川 绵阳 621010

³ 西南科技大学分析测试中心, 四川 绵阳 621010

摘要: 科研向教学的融入常常注重科研成果在教学上的分享, 而科研问题在教学中的重要作用却往往被忽视。为提高教学效果, 本文尝试在课堂教学中选取科研成果取得过程中遇到的某个问题为切入点, 抛砖引玉, 由学生运用所学知识, 通过查阅资料和课堂讨论, 思考解决办法。

关键词: 科研问题; 理论教学; 教学改进

中图分类号: G64; O6

Integration of Scientific Research into Classroom Teaching

DAI Ke¹, LIANG Hua^{2,*}, HUANG Heyan³, HU Hailong³, HUO Jichuan³

¹ School of Materials Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan Province, P. R. China.

² State Key Laboratory of Environment-Friendly Energy Materials, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan Province, P. R. China.

³ Analytical and Testing Center, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan Province, P. R. China.

Abstract: When it comes to integration of scientific research into teaching, it is always on scientific fruits sharing, while people often overlook the importance of scientific problem in teaching. Here to improve the teaching efficiency, we have tried to introduce a specific problem encountered during our scientific achievement reaching into classroom teaching as an entry point. The students work out the solution via data consulting and classroom discussion with their learned knowledge.

Key Words: Scientific research problem; Theory teaching; Educational improvement

科学研究是人类探索自然界和自身的重要方式之一。科研成果向产业转化对于经济发展具有关键作用, 并且是研究的终极目的, 而基础研究是探索问题的必经阶段。2018年5月29日, 李克强总理在两院院士大会上的经济社会发展形势报告中, 也指出了基础研究的重要性。但是, 基础研究的转化过程却存在漫长甚至失败的可能。高校教师从事的研究工作大部分属于基础研究, 对其而言, 基础科研成果的产业化还有些遥远, 但科研成果向教学的融入, 却近在咫尺。

不少教学尝试已经表明, 科研向教学的转化有利于开阔学生视野, 培养科研兴趣, 是一种非常值得提倡的做法^[1-4]。这种方法在实验教学中已逐渐得到推广, 在理论教学中的尝试则相对较少^[5,6]。

收稿: 2018-09-12; 录用: 2018-09-25; 网络发表: 2018-10-11

*通讯作者, Email: dandelion1978@163.com

基金资助: 西南科技大学教育教学研究与改革项目(17xn0023); 国家自然科学基金(21501143); 西南科技大学博士基金(13zx7104, 11zx7143)

无论理论或实验教学, 科研的融入侧重科研课题的介绍或成果普及, 少有深入课题本身与课堂教学相结合, 而将基础科研中遇到的问题融入教学的做法, 更是鲜有报道。好奇心是自主学习的动力, 问题能激发学生的求知欲, 调动学生的主观能动性, 使其在探寻解决问题方法的过程中加深对知识的理解和体会。因此, 我们结合课时安排, 在一门选修课“食品分析”的理论课教学(含 24 学时)中, 前后抽出 2 学时, 结合科研过程遇到的实际问题, 以问题引导的方式开启了科研向教学的融入之旅的尝试。

1 问题引入背景

本校材料科学与工程学院的应用化学专业学生必须掌握的课程中, 有不少涉及化学分析和仪器分析的知识。由于必修课时紧张, 在其中融入科研知识往往点到即止, 学生意犹未尽。开设选修课旨在巩固学生已有基础知识的前提下, 扩大学生的知识面, 培养对将来科研和工作方向的兴趣。红外光谱、核磁共振波谱是本专业大三学生已经学过的必修知识, 在实际的食品分析当中, 常常会用到这些测试技术及知识。而在理论学习中, 学生对这部分内容的认识目前多局限于书本知识, 在随后进入的毕业设计及进一步深造和工作过程中, 他们才真正接触这些技术。但在前期的学习中, 由于资源有限, 每个学生并不能通过实际操作获得这些谱图, 即使接触了相关仪器, 也往往关注操作技术, 而忽视对数据及反映的问题进行分析。科研成果取得过程中遇到的问题及解决方法, 正好为这类分析提供了可贵的案例。

铝金属制品在日常炊具、药物中使用广泛, 酸雨的污染更容易使铝离子(Al^{3+})通过土壤、蔬菜、水果及水体进入我们的身体。而铝并非人体必需元素, 过量摄入将危害健康, 影响甲状腺功能, 毒害心血管系统及内分泌系统^[7]。因此在食品分析中, 常涉及 Al^{3+} 的检测。我们在做科研项目的某个子课题时, 设计了一个对 Al^{3+} 有特异识别功能的探针 A 及其衍生物^[8], 其中 A 的分子结构见图 1 插图。为了探寻 A 与 Al^{3+} 反应机理, 以氘代二甲基亚砜(d_6 -DMSO)为溶剂, 分别测试了 Al^{3+} 加入前后的 A 的核磁共振氢谱, 以观察其结构变化(图 1)。

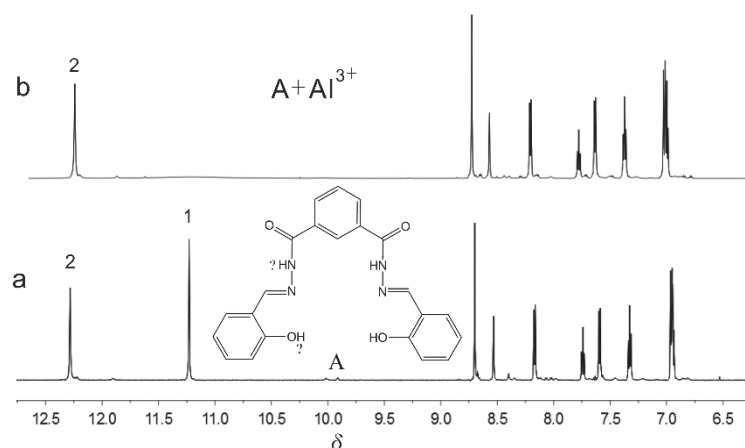


图 1 A 的核磁共振氢谱图

(a) Al^{3+} 加入前; (b) Al^{3+} 加入后

插图 A 的分子结构, 溶剂为 d_6 -DMSO

如图 1 所示, 图 1a 是 A 的核磁共振氢谱图, 由于氘代 DMSO 为非质子溶剂, 不含活泼氢, $-\text{NH}$ 和 $-\text{OH}$ 中的氢不会与溶剂作用, 因此氢的信号很明显, 但这两类氢具体与哪个原子连接却不明确(在图 1 插图上打了问号)。从图 1 中看出, 加入 Al^{3+} 后, 1 号位置的氢信号消失(图 1b), 这说明 Al^{3+} 与 1 号氢相连的原子发生了作用。为了弄清楚 Al^{3+} 和探针分子的哪个原子发生作用, 必须确定这两个位置的氢的归属问题。在以上简单介绍课题背景和意义后, 课堂上把这个问题抛给了学生。

2 问题解决过程

核磁共振谱图的学习侧重判定各个峰的归属问题，这里把问题变得简化并具有针对性，方便学生思考解决办法。在课堂上给出这个案例的具体问题后，学生分组在课后寻找解决问题的方法，一周后在课堂上进行讨论。由于此前他们已经学过仪器分析必修课的内容，里面有一章专门介绍核磁共振谱图，因此他们查资料的过程不仅是在寻求解决问题的答案，也是对所学知识进行重新梳理和理解。

接下来的课堂讨论课上，每组学生代表分享了小组成员的问题、困惑及答案和解决方法。有学生提出：书上介绍的这两种氢的位置都给出了范围，但这两种氢的范围有重叠，该如何解决呢？有学生很自信地指认了两种峰的位置，说明是从文献中查到的，并和大家分享了这篇文献。还有学生提出用氘代水来检验，—OH 上的氢属于活泼氢，加入氘代水后，会与氘代水发生氢交换而使信号消失。学生存在困惑是很正常的现象，笔者对他们积极思考解决问题办法的行为表示了极大肯定，同时将加入少量氘代水后探针 A 的核磁共振谱图展示出来(图 2)，并让学生进行观察分析。

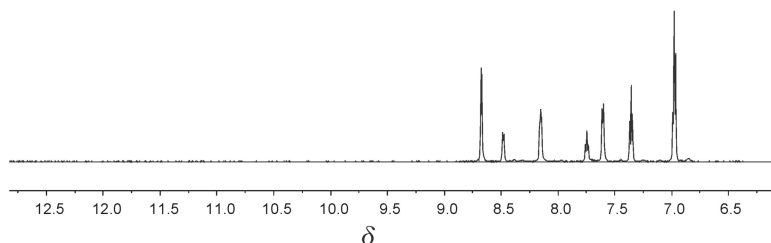


图 2 探针 A 加氘代水后的核磁共振氢谱

主体溶剂为 d_6 -DMSO

由图 2 发现，加入少量氘代水后，化学位移在 δ 11–12.5 之间的 1 号和 2 号峰均消失，说明这两种活泼氢均被氘代水交换，也再次证明 1、2 号为仲胺和羟基上的活泼氢，但采用此法仍不能成功区分两者，因此需要考虑别的方法来解决这个问题。如何从已学过的分析知识中选择简单可行的办法解决这个问题呢？通过学生分组讨论及教师引导的方式，得出解决办法：由红外光谱分析可能区分这两个基团。他们已学过红外光谱的理论知识，经过查阅资料知道：仲胺基和羟基的红外吸收峰的位置有可能重叠，但形状不同，N—H 峰更尖锐，而 O—H 较宽，可能区分两者。若探针 A 与 Al^{3+} 发生反应，由核磁共振氢谱已经证明是—OH 和—NH 当中只有其中一个基团与金属离子作用，因此红外光谱很有可能给出提示。由于溴化钾(KBr)做样品载体时容易吸水，若水的一OH 峰太大，会导致样品特征信号被掩盖，因此测试时必须保证样品和 KBr 载体在测试前保持干燥。

不仅如此，还应注意的是：在公共区域做实验时，防止交叉污染非常重要，否则将得出错误的信息。在学生的毕业设计甚至研究生阶段容易发生此类错误。如何避免呢？答案很简单：测一个空白样品，即测一个不加样品的 KBr 红外光谱。图 3 是被污染的 KBr(图 3a)和干净的 KBr(图 3b)空白样品的红外对照图，两者差异一目了然。在座的学生感觉很震撼：空白被污染后居然有如此强的信号。实际上这种现象在研究生测试过程中也会出现，当分析数据找不到头绪时，笔者会建议他们测定一下空白，很多时候就是仪器、试剂、试管本身不干净，造成解图的困难。提早让本科学生接触这些易犯又不易察觉的基础问题，可减少他们以后不必要的科研弯路。

测试当中的污染问题解决后，按照设想方法测定得到可信的红外光谱数据如图 4 所示。学生可以从图中清晰地观察到，在波数 3425 cm^{-1} 附近，有个宽的信号峰，对应于 O—H 的伸缩振动吸收，而在 3225 cm^{-1} 的地方，能看到一个尖锐的吸收峰，对应 N—H；加入铝离子后，O—H 和 N—H 的强度对比大大下降。这清楚说明羟基上的氧和 Al^{3+} 发生了作用，而仲胺基的氮却没有参与其中。因此，通过核磁共振氢谱和红外光谱辅助，解决了我们开头提出的问题。

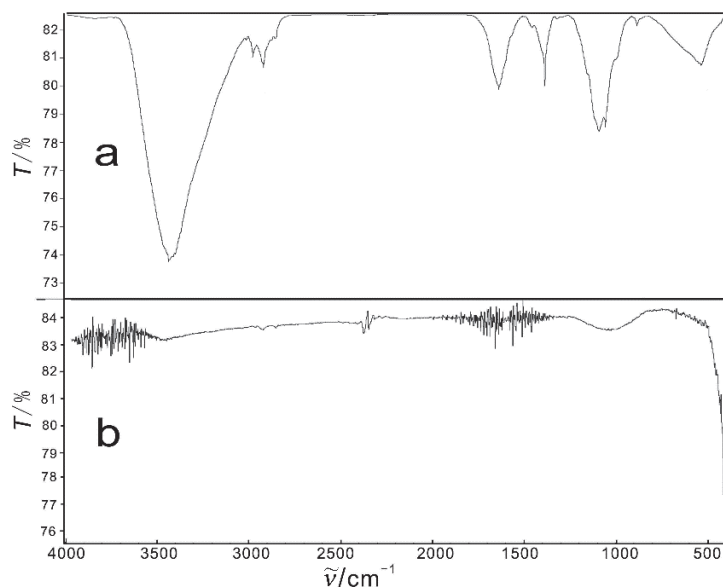


图3 被污染的 KBr 空白(a)和干净的 KBr 空白(b)的红外谱图

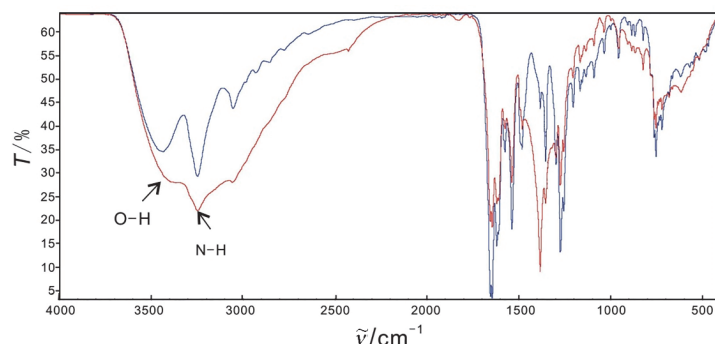
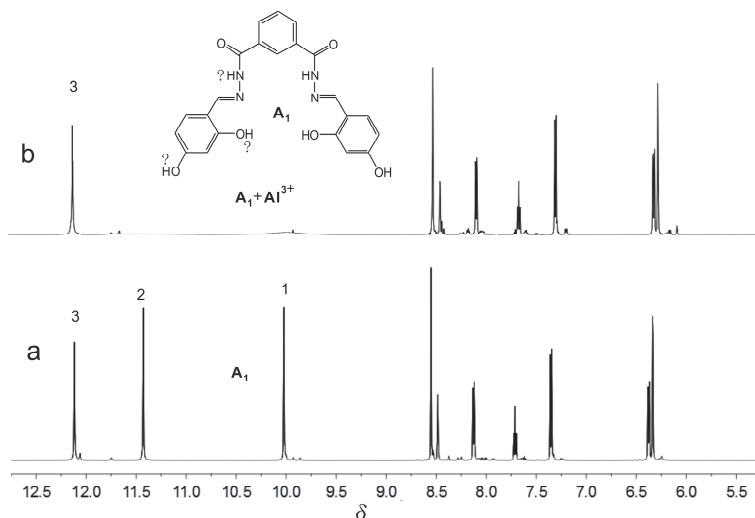


图4 未加 Al^{3+} 前探针 A 的红外光谱图(蓝色), 加 Al^{3+} 后探针 A 的红外光谱图(红色)

电子版为彩图

我们在实验室前期探索中, 为了研究 A 周围基团对 Al^{3+} 识别的影响, 还特别引入羟基得到 A 的衍生物 A_1 。趁学生的分析热情未退, 这里也将 A_1 与 Al^{3+} 作用前后的核磁共振氢谱与他们进行了分享(图 5), 并让他们结合图 1 的情况, 在课堂上讨论活泼氢的归属。学生通过观察发现, 首先 A_1 与 A 的区别在于 A_1 的 3 号位及对称位置多了一对羟基。而通过核磁共振氢谱发现, 这对羟基也参与了 Al^{3+} 的识别。有了对 A 的分析经验, 学生能将 $-\text{NH}$ 和两个 $-\text{OH}$ 进行快速区分。不仅如此, 他们通过教师引导还可发现, 由于 A 和 A_1 结构细微处不同, 两者与 Al^{3+} 作用的方式是有差异的, 这种差异有可能说明羟基的引入增强了探针和 Al^{3+} 作用能力, 将有利于识别能力的提高。当然具体的差异还需其他多种手段(例如质谱、元素分析、紫外及荧光光谱等)辅助才能定论。学生参与讨论后, 能逐渐体会到简单的分子设计对物质性质的影响, 有助于对他们科研素质的培养。另外比较图 1 和图 5 发现, 虽然同样是羟基, 但邻位羟基(对应 A_1 中的 2 号位)和对位羟基(对应 A_1 中的 3 号位)对应的氢的化学位移却有很大差异。这是因为 2 号羟基上的氢除了受到 3 号位羟基的影响, 还受到苯环及附近 $-\text{CH}=\text{N}-$ 共轭作用的影响。因此核磁共振谱图信号的判断, 需要根据分子的实际结构进行综合考虑, 不能对书本知识断章取义, 否则有可能得出相反的结论。通过本次实例问题的分析, 学生加深了对核磁共振谱图知识的理解, 有利于今后学以致用。

图5 A_1 的核磁共振氢谱图(a) Al^{3+} 加入前; (b) Al^{3+} 加入后插图为 A_1 的分子结构, 溶剂为 d_6 -DMSO

所谓条条大路通罗马, 须向学生说明的是, 解决问题的分析方法可能不止一种。核磁共振波谱除了氢谱, 还包含碳谱、氧谱和氮谱等等。不过由于测试灵敏度的差异, 选择其他核磁共振测试方法时须考虑样品的溶解性、累加时间、测试条件等问题, 这种细节提示有助于让学生认识测试的条件要求, 便于其今后合理地选择测试方法。

我们区分 $-NH$ 和 $-OH$ 的根本目的是为了探究 A 与 Al^{3+} 作用的机理。由于课堂讨论时间有限, 因此在设计教学环节的最后可提出开放的课后思考题: 如何根据学过的配位知识及有机分析测试技术, 推测 A 与 Al^{3+} 的配位机制? 对此感兴趣的学生可以在课后与教师进行交流, 在相互讨论中, 教师可进一步了解学生对知识的理解程度, 并从学生的问题中思考教学的改进方法, 甚至为科研找到新思路。

3 科研问题融入教学的意义

1) 加深学生对所学知识的理解。学生学习知识的目的在于运用, 而他们在大学阶段很少具备运用知识的意识, 因此在以后工作或读研阶段需要运用所学知识时, 不得不再重新学习相关内容。将科研问题渗透到教学中, 能激发学生的求知欲, 使其在对问题的解决过程中深刻理解知识的用武之地。

2) 为储备科研人员打下基础。通过课堂上深入浅出的问题探讨, 学生在加深学习印象的同时, 意识到基础科研也能触手可及, 体会到问题解决后, 如施一公院士所说的“基础研究的喜悦无与伦比”^[9], 激发科研兴趣, 逐渐建立科学研究的素养, 有利于培养科研领域的生力军。

3) 实现科研成果向教学的转化, 实现科研和教学的相互促进。将科研问题融入教学, 可使科研成果向教学的转化具有普遍性, 将科研问题与学生分享, 不但使学生对知识有深刻的理解, 提高教学效果, 还能使教师在学生的反馈中受到启发, 从新的角度认识科研问题, 促进科研工作开展。

4 结语

科研成果取得的过程中必然面临科研问题, 通过将科研问题融入教学, 能激发学生求知欲, 在寻找问题解决方法的过程中提高学生的学习参与度, 同时加深学生对知识的深刻理解, 有利于实现科研成果向教学的转化。我们通过这种尝试发现, 相比于实验教学易受资源制约, 这种转化在大学

理论课堂上更具可行性和普遍性,并且学生的反馈对教师的教学和科研均具有启发性。今后在选择科研问题时,在注意难易程度及与教学内容的切合度的同时,还应注意根据反馈结果调整科研问题,融入今后教学的时间和比例。如果这种方法得到重视并在教学中推广,可望最终实现科研和教学的双赢。

参 考 文 献

- [1] 熊非, 王伟祥, 顾尚武. 实验室研究与探索, **2017**, 36 (11), 162.
- [2] 向丹, 高培红, 张雯. 大学化学, **2016**, 31 (2), 11.
- [3] 石先莹. 大学化学, **2015**, 30 (5), 26.
- [4] 梁华, 戴可, 柯改利, 李娴. 实验技术与管理, **2018**, 35 (8), 171.
- [5] 张丽丹, 贾建光, 马丽景, 吕志. 中国大学教学, **2012**, No. 6, 42.
- [6] 周智华, 李国斌, 唐安平, 刘立华, 徐国荣. 当代教育理论与实践, **2017**, 9 (1), 65.
- [7] 钟国清. 无机及分析化学. 第2版. 北京: 科学出版社, 2014: 386–387.
- [8] Liang, H.; Li, Z. C.; Wu, D. Q.; Dai, K.; Zhong, L. Y.; Liu, Y. G.; Yan, M. H.; Tuo, X. G. *Sensor Actuat. B-Chem.* **2018**, 269, 846.
- [9] 王皓毅. 科技中国, **2017**, No. 11, 102.