

## 基于主题研讨的光谱分析化学教学实践研究

华鑫, 刘松琴\*

东南大学化学化工学院, 南京 211189

**摘要:** 在分析化学教学中采用基于主题研讨的教学方法, 不仅有利于掌握分析方法的基本原理和实际应用, 还能使学生了解分析方法的最新发展动态。本文将着重介绍光谱分析化学教学方法改革的必要性, 并从主题研讨的案例设计、研讨实施、效果评价、教学实践结果及存在的问题等方面进行综合分析, 为提高分析化学的教学效果提供新思路。

**关键词:** 主题研讨; 分析化学; 光谱分析; 翻转课堂

**中图分类号:** G64; O6

## Research on Teaching Practice of Spectral Analytical Chemistry Based on Thematic Discussion

Xin Hua, Songqin Liu \*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China.

**Abstract:** The implementation of thematic seminar-based pedagogy in analytical chemistry education demonstrates dual advantages in enhancing comprehension of analytical methodologies' fundamental principles and practical implementations, while simultaneously fostering awareness of cutting-edge advancements in analytical techniques. This study elucidates the imperative for pedagogical innovation in spectral analysis instruction through systematic examination of seminar case design, implementation protocols, assessment metrics, and empirical outcomes. The investigation further identifies current challenges and proposes evidence-based strategies for optimizing chemistry education outcomes, offering novel insights for curriculum development in analytical chemistry disciplines.

**Key Words:** Theme discussion; Analytical chemistry; Spectral analysis; Flipped classroom

### 1 引言

分析化学是化学四大基础课程之一, 围绕物质的定性与定量方法展开学习。按照测量原理, 分析化学的内容主要分为化学分析法和仪器分析法<sup>[1]</sup>。其中, 光谱分析法是仪器分析的重要组成部分, 可解决多种物质的定性与定量分析问题。光谱分析法主要包括紫外-可见吸收光谱法、红外吸收光谱法等吸收光谱和荧光光谱法、化学发光分析法等发射光谱法<sup>[2]</sup>。目前, 国内大部分分析化学课程教学的特点是大班上课、教学内容多、知识点分散、教学速度快。传统的教学方法忽视了学生的主体作用, 教师往往采用单向灌输的方式进行教学, 而对学生是否能够理解和应用考虑较少。由于学生的认知能力有所不同, 部分学生因为跟不上教师的思路而失去学习兴趣, 思维完全与课堂脱节, 不能真正牢固地掌握知识, 更谈不上灵活运用知识解决实际问题。另一方面, 随着科学技术的发展,

收稿: 2024-08-11; 录用: 2024-10-16; 网络发表: 2025-04-08

\*通讯作者, Email: liusq@seu.edu.cn

基金资助: 东南大学2022年度校级教学改革研究与实践项目

目前国内外分析化学学科发展速度较快,各种分析方法和分析设备也在不断升级,此外,在线检测技术、智慧检测实验室等新概念也在不断发展。目前所使用教材的更新速度远远不能满足分析化学学科的发展速度,相关教学内容具有较大局限性。因此,需要在教学过程中,对教学内容进行补充和完善,并培养学生跟踪前沿科技进展以及利用智能化方式解决实际问题的能力。

近年来,基于主题研讨的教学方法取得了较好的教学效果,以紧密贴合教学内容的具体案例为主导,设置具体场景与目标,结合翻转课堂教学模式,驱动学生化被动为主动,自主完成查找资料、内容组织、幻灯片制作、课堂展示、讨论与总结等环节,从而培养学生运用所学知识分析、解决问题的能力,激发学生对于科学研究的初步兴趣,并明确团队合作的重要性<sup>[3]</sup>。目前,国内部分高校已针对分析化学相关教学内容进行了翻转课堂教学实践探索,提出了若干既贴合教学内容,又符合学生兴趣的研讨主题,例如:“分析化学之彩妆与护肤品”、“水质的检测与测定”<sup>[4]</sup>、“Nernst方程的推导及应用”<sup>[5]</sup>、“水果电池的原理”<sup>[6]</sup>等,取得了较好的教学效果。然而,目前翻转课堂的主题设计主要围绕化学分析方法展开,而针对光谱分析法的研讨主题探索较少。基于此,本文探讨了基于主题研讨的光谱分析化学教学方法与实践心得,为分析化学的创新教学方法研究提供有益参考。

## 2 教学过程的设计与实施

图1展示了基于主题研讨的光谱分析化学教学实践总体流程图。首先由教师完成主题设计、基础知识讲授、分组及任务布置、文献查找培训等环节,再由学生完成任务分解与分配、文献查找、信息整合、PPT制作、现场展示等任务,随后由教师进行现场点评,并针对展示中的知识点与学生进行进一步探讨,最后,教师与学生分别对研讨进行评价与总结。后文将对各环节进行具体说明。

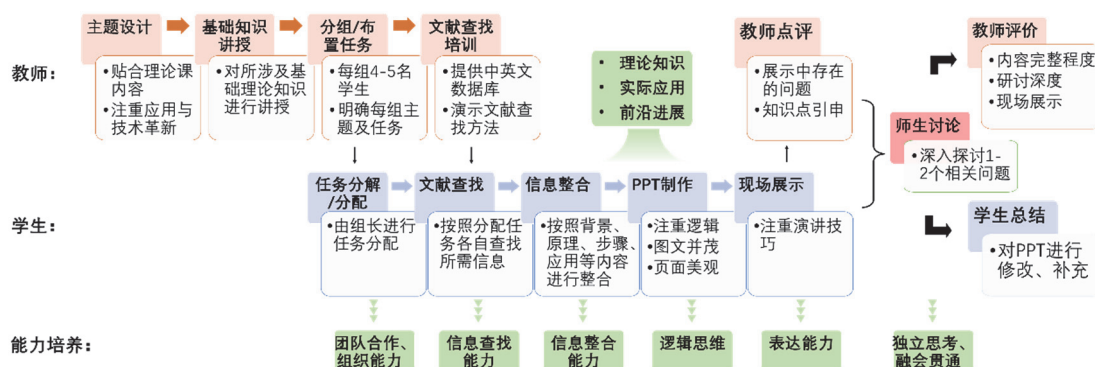


图1 基于主题研讨的光谱分析化学教学实践流程图

### 2.1 主题设计

研讨主题的内容设计是本教学方法顺利实施的关键。研讨内容既需紧密贴合理论课程内容,又能在理论课所举案例基础上进一步提升,从而将若干知识点串联起来,达到综合应用的目的。为此,我们选择了四个代表性主题:(1) 新冠病毒检测——实时荧光逆转录-聚合酶链反应(RT-PCR)方法,(2) 新冠病毒检测——抗原检测方法,(3) 荧光共振能量转移方法,(4) 化学发光免疫分析技术。四个主题具体说明如下:

#### 2.1.1 新冠病毒检测——实时荧光RT-PCR方法

新冠疫情期间,新冠病毒检测方法的应用为抗击疫情奠定了重要基础。期间,学生曾多次进行新冠病毒核酸检测,但对核酸检测的具体方法原理却知之甚少。实时荧光RT-PCR方法作为新冠病毒核酸检测的金标准,其检测过程主要包括病毒RNA提取、RNA反转录成cDNA、cDNA扩增与检测等步骤,其检测原理涉及荧光光谱检测方法及其与病毒核酸的定量关系<sup>[7]</sup>。因此,该主题既与学生生活息息相关,又融合了课程教学内容的重要组成部分。

### 2.1.2 新冠病毒检测——抗原检测方法

新冠病毒检测的另一种常用方法是基于试纸条的抗原检测方法，虽然准确性不如核酸检测法，但比核酸检测法更加简便与快捷。抗原试剂条检测法涉及到抗原抗体特异性相互作用以及光学检测的一个重要分支——比色法<sup>[8]</sup>，其检测原理已应用于多个领域，如：早孕检测、糖尿病检测等。考虑到大多数同学都有过自己操作新冠病毒抗原试剂盒的经历，因此，该主题的研讨可加深学生对于该检测方法的体会。

### 2.1.3 荧光共振能量转移方法

荧光共振能量转移(FRET)是一种非辐射能量转移现象，当能量供体(D)与受体(A)具有适当的光谱重叠并距离足够近时，能量从激发态供体荧光团转移到基态受体(另一个荧光团或猝灭剂)上，从而发生供体荧光猝灭或受体荧光增强的现象<sup>[9]</sup>。基于FRET的检测方法是荧光光谱法的一个重要分支，目前已成功应用于生化分析、水质分析以及食品检测等诸多领域，例如：双色碳点与试纸条结合，通过FRET原理可实现水中铜离子含量测定<sup>[10]</sup>；利用核酸适配体灵活设计双FRET探针，可实现食品中赭曲霉毒素A的灵敏检测<sup>[11]</sup>。

### 2.1.4 化学发光免疫分析技术

化学发光免疫分析技术的基本原理是将探针标记的抗体与待测物中的特定分子结合后，通过化学方法激发标记物发光，从而对待测物进行定性与定量分析。这一技术的优势在于其高灵敏度、高特异性、广泛适用性和简单易行的操作过程，该方法在临床检测、环境保护、食品安全等领域具有广泛应用，例如：基于金纳米颗粒(AuNP)修饰及化学发光免疫分析的便携式芯片可以实现同一个样品中5种抗生素和5种真菌毒素的快速、灵敏检测，在食品检测中具有良好的应用前景<sup>[12]</sup>。

## 2.2 研讨实施

在实施主题研讨前，按照常规教学方法对光谱分析法理论内容进行讲授，使学生具备光谱分析法的基本理论知识储备。讲授内容包括吸光光度法、比色法、荧光分析法以及化学发光分析法等。在此基础上，提前一周对学生分组并进行任务分解。每组包含学生4-5人，其中1人为组长，负责任务的分配与组织。每组各负责一个主题内容，要求学生提前对主题内容进行调研。考虑到分析化学课程一般面向低年级本科生，学生对于专业文献的查阅途径还比较陌生，故可建议学生通过以下途径查找资料：中文文献可在中国知网(CNKI)，万方等数据库查找，英文文献可通过Web of Science，美国化学会(ACS)等途径查找，此外，还可通过其他科普性网站，如哔哩哔哩(B站)、维基百科等网站查找图文资料，但须对内容的科学性和严谨性进行仔细甄别。

对查找的资料内容进行汇总与整理，制作展示幻灯片，在制作的过程中，注重图文并茂，并可适当加入一些动画或视频，使内容更丰富与生动。在实施主题研讨过程中，每组自行选择一位同学作为代表进行调研内容展示。具体以PowerPoint幻灯片等方式进行展示，每组展示时间为10分钟。展示结束后，由教师主导，对学生展示内容进行评价，并提出1-2个问题供所有学生进行讨论。最后，针对学生展示不清楚或不全面的内容进行补充与说明，帮助学生巩固知识。

如图1所示，在研讨进行过程中，一方面可以帮助学生巩固书本上的基础理论知识，并使学生充分了解各类分析方法的实际应用领域以及最新研究进展；另一方面，经过任务分配、文献查找、信息整合、PPT制作、现场展示、师生讨论等一系列流程，有助于锻炼学生的团队合作与组织能力、信息查找与整合能力、逻辑思维能力、表达能力以及独立思考能力等，提升学生的主观能动性，帮助学生建立正确积极的学习态度与习惯，为进一步学习与工作打下良好基础。

## 2.3 效果评价

主题研讨的效果主要从内容完善程度、研讨深度以及现场展示三个方面进行评价(表1)。一般而言，针对一种分析方法的讨论应包含背景、检测方法的原理(包括定性与定量原理)、方法步骤、应用领域与案例等内容。如图2所示范例(具体内容见附件1)中，首先在背景部分介绍了新冠肺炎疫情的基本情况，明确新冠病毒快速检测的必要性及其常用检测方法，强调了实时荧光RT-PCR方法在新冠

病毒检测中的重要地位, 进而介绍生活中的分子发光现象及其分类; 进一步, 介绍RT-PCR方法的基本原理, 包括分子荧光的发光原理、荧光定量原理以及RT-PCR检测新冠病毒原理三部分; 随后, 对RT-PCR方法的流程和步骤进行详细阐述, 主要包括采样、病毒RNA提取、cDNA反转录、cDNA PCR扩增以及实时荧光分析等步骤; 最后, 对该方法的应用领域进行总结, 阐述其在基因表达分析、病原体检测、遗传性疾病筛查以及癌症诊断及监测方面的应用, 并对其应用局限性进行讨论。展示内容的完善程度对展示效果至关重要, 直接体现了学生对于研讨内容调研的全面程度, 因此在效果评价中应占较大比重(50%)。

表1 基于具体案例分析的评价标准

考核项目	占比%	考核目标
内容完善度	50	包含背景、检测原理、方法步骤、应用领域与案例等内容
研讨深度	20	在基本内容的基础上有更加深入的调研(如最新科研进展、检测方法的局限性等)并有自己的思考
现场展示	30	幻灯片条理与美观、学生表达能力、协作能力

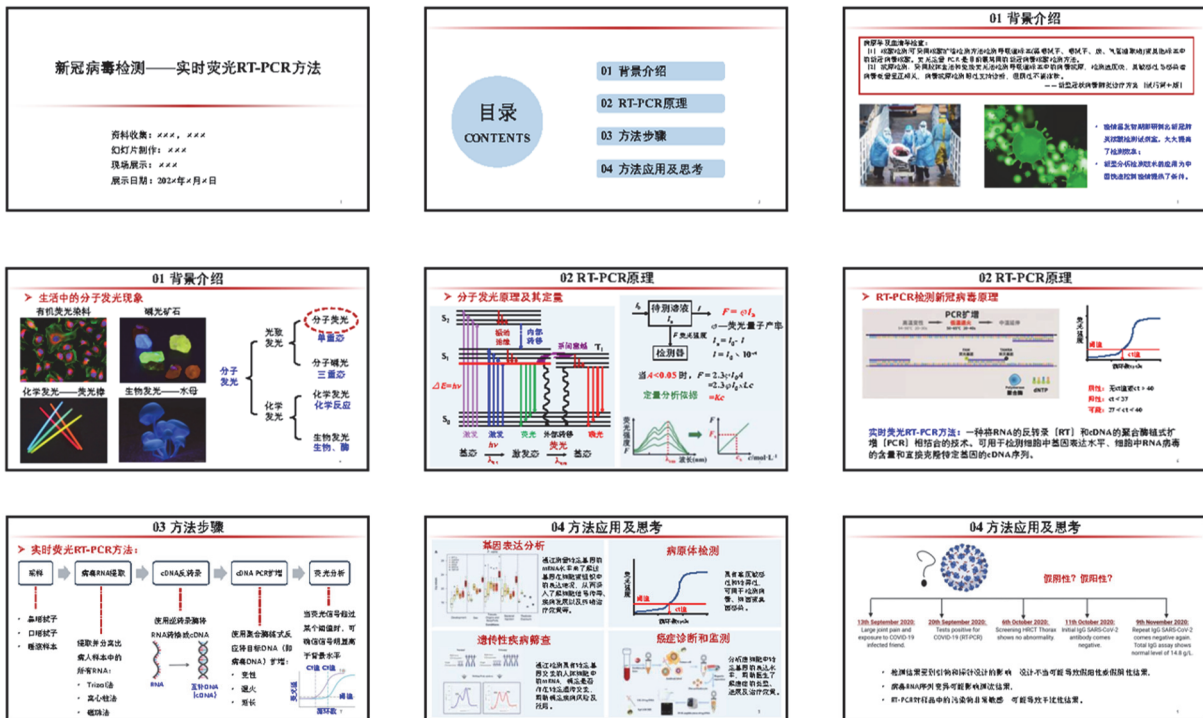


图2 实时荧光RT-PCR方法介绍范例

在内容完善的基础上, 研讨深度可进一步提升, 例如: 在探讨RT-PCR新冠病毒检测方法中, 虽然该方法具有较高的准确性, 被作为临床检测的“金标准”, 但通过查阅最新文献发现, 该方法可能产生假阴性和假阳性结果<sup>[7]</sup>。据报道, 许多具有典型新冠肺炎临床特征和特异性CT图像的“疑似”病例未被诊断出<sup>[13]</sup>, 因此, RT-PCR阴性结果并不能排除新冠感染的可能性, 不应作为治疗或患者管理决策的唯一依据。通过引导学生查找RT-PCR方法产生假阴性和假阳性结果的原因(图2), 不仅可以锻炼学生查找信息、分析问题的能力, 还能使学生意识到当前科学与技术的发展并不完善, 引导学生客观看待问题, 并鼓励学生将来积极投身科研事业, 为国家的科技发展贡献力量。另外, 研讨深度的提升还体现在对各种分析方法未来发展趋势的预测方面。例如: 随着科技的发展, 化学发光免疫分析技术的仪器设备也在转型升级, 向智能化、自动化方向发展, 目前市场上已经有具备自动病

毒核酸提取、自动样品处理、自动检测结果分析等多个智能化功能的化学发光免疫分析仪器。例如，国产品牌亚辉龙在全自动流水线及配套系统方面，推出了全开放式流水线以及智能临床实验室软件系统，支持生化、免疫、凝血、血球和糖化血红蛋白5种分析平台，最多同时连接12台分析系统，使得化学发光免疫分析技术具备更高的普适性和使用价值。另外，化学发光免疫分析技术是一种高通量、高灵敏度的检测技术，其产生的数据量庞大、复杂和多样化，传统的数据处理方法已经无法满足现代科学研究和临床应用的需求。因此，发展智能化的数据处理与应用是解决该问题的关键。基于人工智能和机器学习的数据处理工具已经开始被应用到化学发光免疫分析技术中，能够对大量的数据进行快速、高效的处理分析，能够帮助医生更快地得出诊断结论，从而提高诊断的准确性和迅速性。例如，2022年安图生物推出了新一代Autolumo A6000系列高通量化学发光免疫分析仪，检测速度最高可达 $2400\text{ T}\cdot\text{h}^{-1}$ ，并能实现对大规模数据的快速分析，可满足肿瘤相关抗原、肝病、激素、感染性疾病、肝纤维化、呼吸道病原体、心肌疾病等多种项目的快速检测需求。此外，应用人工智能技术对大规模的数据进行监测分析，还能够发现病毒等未知疾病，在疫情防控等方面具有重要的意义。针对这些最新发展技术进行探讨，不仅能拓展学生的知识面，也能进一步激发学生的学习兴趣。

现场展示质量的高低直接关系到课堂效果的好坏，这对于文献内容的梳理、幻灯片的制作以及展示人的现场表达能力提出了较高的要求。学生收集的信息主要来源于综述性论文，在梳理的过程中应注意内容与主题的匹配度，并按照背景、检测原理、方法步骤、应用领域与案例的思路分别进行整理。在幻灯片制作过程中应讲求重点突出、页面美观、避免大段文字的展示方式，将文字内容进行总结，提纲挈领，图文并茂，并适当加入一些动画或视频，使内容展示更加生动、易懂。在现场展示的过程中，应注意声音洪亮，思路清晰，加强语言组织，避免平铺直叙或念稿子的表达方式。若能做到与台下同学有一定互动，则能获得更好的效果。

### 3 教学实践结果及存在的问题

近三年来，本教研组(东南大学化学化工学院分析化学教研组)在生物医学大类本科一年级学生中试点上述基于具体案例分析的课堂教学模式，取得了较好的效果，通过该教学实践，学生对于相关知识的理解有了进一步提升。一方面，学生在期末考试中对于光谱分析相关题目的完成度与准确率较高。如图3所示，2020–2021学年尚未实施基于具体案例分析的课堂教学模式，2022–2024学年实

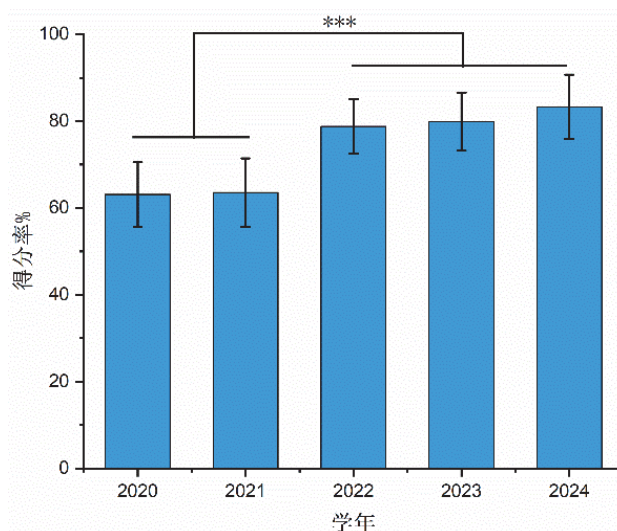


图3 不同学年期末考试光谱分析相关题目得分率统计(\*\* $p < 0.001$ )

施了该教学模式。结果显示, 2022–2024学年期末考试光谱分析相关题目得分率比2020–2021年有了显著提高, 平均得分率从63.1% (2020)、63.5% (2021)提升到78.8% (2022)、79.9% (2023)以及83.3% (2024), 2020、2021年平均成绩与2022、2023及2024年平均成绩具有显著性差异( $p < 0.001$ ), 取得了良好的效果。另一方面, 近两年来选择承担分析化学相关大学生创新创业训练项目的学生数量有所增加(10–15%), 表明该教学实践对于提高学生对分析化学学科的兴趣也有积极的推动作用。

由于该教学实践主要面向大一本科生展开, 在实施的过程中仍面临一些问题。首先, 绝大部分学生没有经历过查找文献的相关训练。因此, 在布置任务时, 需对学生进行简单培训, 引导其在各化学相关数据库输入合适的关键词以寻找相应的文献。其次, 由于专业知识的积累有限, 学生对于文献内容的理解可能有偏差, 例如: 部分学生将化学发光与光致发光混为一谈, 需要教师在后续研讨环节加以指出并修正。再者, 部分学生在现场展示的时候不注意演讲技巧, 提前准备稿子照着念, 平铺直叙, 不注意眼神、手势以及与台下学生的互动, 使得课堂效果不尽如人意。最后, 由于学时的限制, 一学期中该教学实践的开展以1–2次为宜, 不应过于频繁以增加学生学习负担。

## 4 结语

本文探讨了基于主题研讨的光谱分析化学教学方法的必要性、案例设计、研讨实施、效果评价、教学实践结果及存在的主要问题。我们针对分析化学课程中光谱分析相关教学内容进行了基于主题研讨的教学方法探索, 在强化学生对于光谱分析方法基本原理理解的同时, 帮助学生更加深入地了解这些方法是如何具体应用到生活的方方面面, 同时也拓展了学生对于分析化学前沿研究领域的视野, 培养了学生分析问题、寻找信息的能力, 提升了科研兴趣, 为学生进一步从事相关科学研究奠定了良好的基础。

## 参 考 文 献

- [1] 武汉大学. 分析化学. 第6版. 北京: 高等教育出版社, 2016: 2.
- [2] 方惠群, 于俊生, 史坚. 仪器分析. 北京: 科学出版社, 2021: 1–10.
- [3] 尹霞, 赵艳, 赵敬哲. 大学化学, **2021**, *36* (7), 2010032.
- [4] 雍海波, 杨得政, 范辉. 造纸装备及材料, **2024**, *53* (3), 226.
- [5] 蒋海英, 郭慧林, 程永亮, 徐同玉, 刘季铨, 彭明丽. 大学化学, **2024**, *39* (8), 84.
- [6] 余凡, 李艾华, 刘芸, 朱天容, 王亮, 徐俊晖, 王亚珍. 大学化学, **2024**, *39* (8), 36.
- [7] Tahamtan, A.; Ardebili, A. *Expert Rev. Mol. Diagn.* **2020**, *20* (5), 453.
- [8] 高歌欣, 陈建成. 大学化学, **2022**, *37* (9), 2205031.
- [9] Algar, W. R.; Hildebrandt, N.; Vogel, S. S.; Medintz, I. L. *Nat. Methods* **2019**, *16* (9), 815.
- [10] Liu, C.; Ning, D.; Zhang, C.; Liu, Z.; Zhang, R.; Zhao, J.; Zhao, T.; Liu, B.; Zhang, Z. *ACS Appl. Mater. Inter.* **2017**, *9* (22), 18897.
- [11] Xie, C.; Li, X.; Yu, Q.; Wang, M.; Yang, B.; Ying, B.; Wu, P. *Sensor. Actuat. B-Chem.* **2024**, *408*, 135515.
- [12] Chai, F.; Wang, D.; Zhu, L.; Zheng, W.; Jiang, X. *Anal. Chem.* **2022**, *94* (17), 6628.
- [13] Wang, Y.; Kang, H.; Liu, X.; Tong, Z. *J. Med. Virol.* **2020**, *92* (6), 538.