

基于逻辑思维和创新思维的分析化学经典内容教学设计 ——以酸碱滴定法的应用为例

侯娟*, 周晨, 孙晶*

长春理工大学化学与环境工程学院, 长春 130022

摘要: 分析化学课程以定量分析为重点, 注重学以致用、知行合一。为培养学生的创新思维和逻辑思维, 以“酸碱滴定法的应用”为例, 从微观知识内容出发, 构建理论体系的逻辑关系。据此进行教学设计, 注重梳理知识主线, 深入思考逻辑关系, 重构课程资源。通过基于项目案例的教学方法, 激发学生的主动性和创新性, 提升教学效果。

关键词: 分析化学; 创新思维; 逻辑思维; 教学设计

中图分类号: G64; O6

Teaching Design of the Classical Analytical Chemistry Content Based on Logical and Innovative Thinking: A Case Study of the Application of Acid-Base Titration Method

Juan Hou*, Chen Zhou, Jing Sun*

College of Chemistry and Environmental Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China.

Abstract: The Analytical Chemistry course focuses on quantitative analysis, emphasizing the integration of theory and practice, and the unity of knowledge and practice. To cultivate students' innovative and logical thinking skills, this paper uses the "application of acid-base titration method" as a case study. Starting from microscopic knowledge content, it constructs the logical relationships within the theoretical system. Based on this, the teaching design is developed, focusing on clarifying the knowledge framework, deeply considering logical relationships, and reconstructing course resources. Through a project-based case teaching method, the initiative and innovation of students are stimulated, enhancing the effectiveness of teaching.

Key Words: Analytical chemistry; Innovation thinking; Logical thinking; Teaching design

分析化学课程以定量分析为重点, 具有丰富的知识体系和严谨的逻辑关系, 注重应用且实践性较强。它是化学类专业重要的学科基础课程, 可以为后续专业课程的学习和学生毕业后从事相关研究工作打下良好的理论基础和扎实的实验技术基础^[1-3]。授课过程中, 教师应熟悉并深刻理解章节内容的逻辑关系, 立足微观知识内容, 展示宏观逻辑主线。同时融入热点事件、经典案例、科研成果, 注重启发和内化, 引导学生思考, 充分发挥其主动性和主体作用。构建问题和案例导向的教学方法, 培养学生独立获取知识和解决实际问题的能力, 从而提高创新意识和科研思想。

我校分析化学课程开设于大一年级下学期, 主要内容包括酸碱滴定法、配位(络合)滴定法、氧化

收稿: 2023-10-10; 录用: 2023-11-10; 网络发表: 2023-11-21

*通讯作者, Emails: houjuan0503@126.com (侯娟); sj-cust@126.com (孙晶)

基金资助: 吉林省高教科研课题(JGJX2023C21)

还原滴定法、沉淀滴定法以及重量分析法,此外还包括基础知识部分的误差及分析数据的统计处理。作为专业基础课程,分析化学本身具有严谨的逻辑关系,每部分教学内容都应层层递进,介绍方法原理、分析步骤、分析条件、结果计算、数据分析以及综合运用。而对于大部分初入大学生活的學生而言,其自学能力不强,对于知识的理解和运用往往存在问题。授课教师如何引导学生串联微观知识内容,宏观展示章节间的内在逻辑联系,突出重点和难点,延伸至实际分析应用显得尤为重要。

本文以酸碱滴定法的应用为例,介绍基于逻辑思维和创新思维培养的分析化学课程教学设计与实践,以期同类课程的教学实践与改革提供参考。

1 前端分析

1.1 学情分析

学生已经学习过酸碱滴定法的基本原理,不同酸碱体系pH值计算的方法,酸碱指示剂的选择原则,对酸碱滴定应用的一般思路有一定了解。本节课旨在引导学生总结应用思路,形成思维逻辑链。基于案例分析,将酸碱滴定分析法的新理论、新方法、新技术和新应用引入课堂教学,鼓励学生利用所学知识提高自身的创新能力和解决实际分析问题的能力。

1.2 教学内容分析

所选教材为《分析化学》(华东理工大学、四川大学主编,第七版)^[4]。本部分内容隶属第四章第八节,为酸碱滴定法的应用实例。本节内容是前面所学理论知识的实际应用,前后联系紧密,构成完整的知识体系,对酸碱滴定法在环境、食品、生物样品分析的应用和实践具有重要的指导意义。

1.3 教学目标分析

知识目标:掌握酸碱滴定法进行硼酸、铵盐和混合碱测定的分析原理、操作流程及结果计算。

能力目标:能够利用酸碱滴定法的基本知识解决化学领域相关的实际问题,并总结归纳出分析方案设计的一般步骤。

素质目标:建立分析化学中“量”的概念,领会设计方案的思维过程,感受“准确性”在定量分析中的意义,形成科学的逻辑思维以及严谨求实的工作态度。

1.4 教学重难点分析

教学重点为实际分析样品测定的方法、原理、一般操作步骤、注意事项及其结果计算。

在课程讲授中的难点问题有两方面,其一是样品含量测定的原理、操作注意事项以及误差产生的原因。解决方法为通过具体案例分析,引导学生对不同测定方法进行比较,从而掌握实际应用中的不同适用情况和方法局限性,并拓展至现代科学前沿分析方法。难点二是构建一般分析过程方案设计的思维导图,用方法学理论评价分析结果。解决方法为通过对酸碱滴定分析应用方法的案例进行综合分析,形成方案设计基本思路,提升实际问题分析解决能力。

1.5 教学方法

结合课程内容和实际应用,以热点事件、名人传记、科研故事等为切入点,激发学生学习兴趣,主动开展研究。由浅入深,通过对比分析案例和小组讨论引导学生归纳总结,形成思维逻辑链。结合实际分析问题和相关科研工作,使学生能够真正理解分析化学是如何应用的,分析方法是如何评价和改进的,启发学生对科学问题的思考。线下课程教学结合雨课堂、学习通开展,通过APP实现考勤、互动、练习、随机问答,也可播放一些网络资源辅助课堂教学。授课采用的教学方法包括讲授法、视频法、问答法、案例法、课堂讨论法等。课后结合线上资源、课后作业等形式考察学生的掌握情况。同步理论课程开展分析化学实验,扎实理论知识,做到相辅相成。

2 教学活动设计及讨论

2.1 混合式教学模式

如图1所示,构建操作性强、可调整的“课前-课中-课后-课前”教学模式大循环。线上平台提

供知识载体和交互虚拟空间，使在线群体协作学习常态化。线下课堂开展项目式、问题引导式学习方式，构建“导入—探究—解决—总结—反思—迁移—创新”知识体系大循环，夯实学生能力培养。丰富课程资源，突出实用性、趣味性、前沿性，强调课程对专业培养目标和学生毕业要求的达成；建立高校区域联盟，实现优质资源共享。融合多学科知识模块，培养学生跨学科思维，融入前沿技术、科研案例和校企合作项目，助力进阶思维养成。同时，以网络平台、智慧教室、虚拟仿真平台搭建多边互动式教学环境；建立助教团队，完善教师培训体系，强化教师能力和数字化素养。

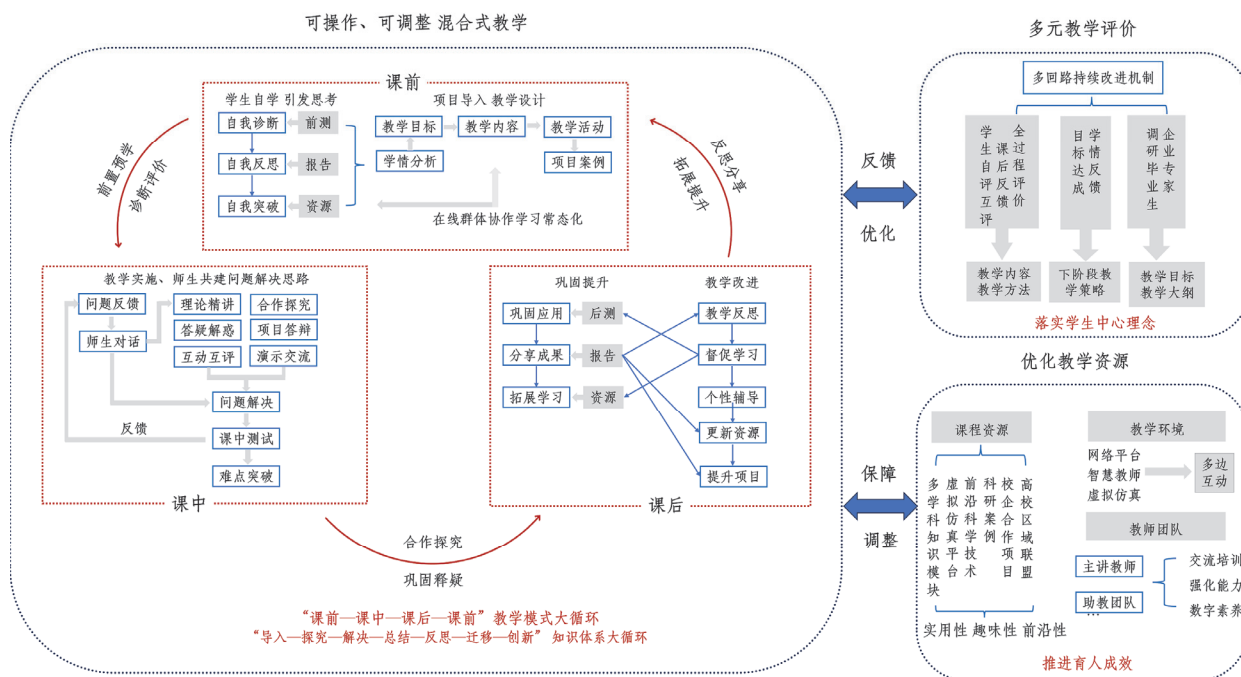


图1 混合式教学模式

2.2 前置预习

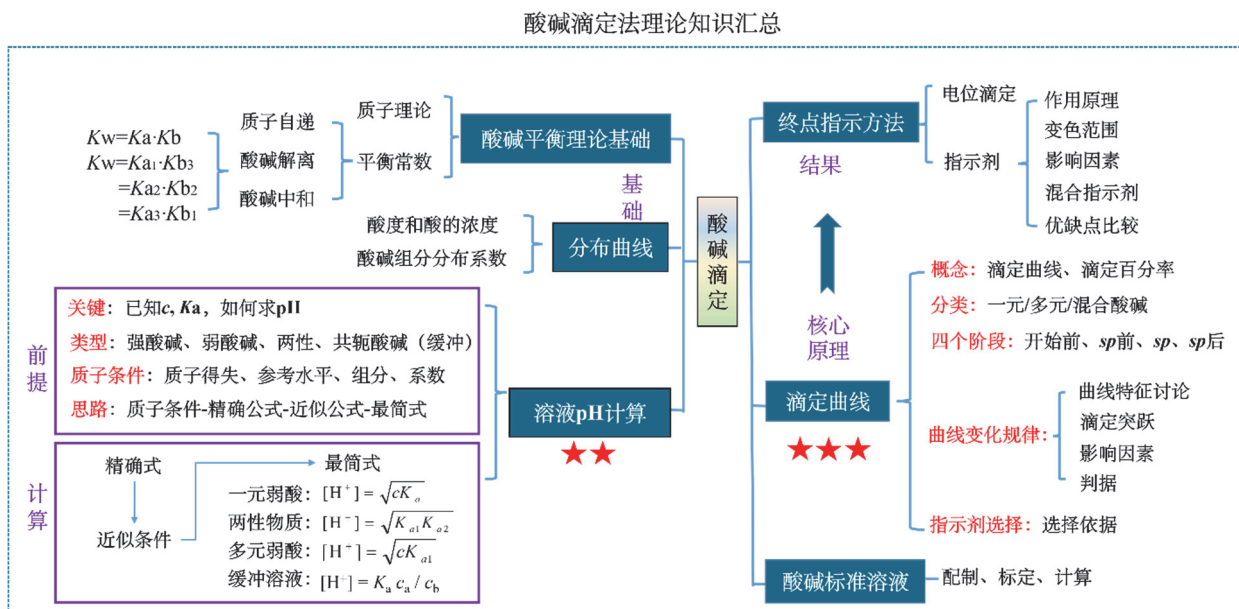
通过平台课前测试，学生开展本章节理论知识的自我诊断，从而巩固理论所学，查找知识疏漏点，进行针对性学习^[5]。要求学生绘制第四章理论知识框架或思维导图，明晰本章知识结构，形成逻辑思维(如图2所示)。

2.3 基于项目案例的教学过程

我校化学类专业分析化学课程采取“小班授课”模式，有利于基于项目案例的教学形式开展，倾向于充分调动教师和学生的双主体地位，形成探索型课堂。以贴近生活的分析案例讨论为主体，提高教学实用性，充分调动学生的主动性和参与度^[6-8]，激发课堂活力。如果班级人数过多，难以实现小班化教学的转化，也可尝试开展“大班授课+小班研讨”的教学模式。大班授课主要进行知识框架讲授、重难点解析和学习方法引导。深入了解学生知识基础、认知能力、性格特点后，将其有机分成若干小组，建立线上交流群，定期开展小班研讨模式，如小组授课、案例讨论和科研延伸。也可将大课题进行拆解为子课题，发放到不同讨论小组，进行分组汇报和信息整合，以此作为大班授课的有利补充。

在本节内容中，我们设计了如下案例，在线下课程之前发布给学生，引发学生思考。在课程讲授中4-6人为一组，以滴定剂、判据、pH计算、指示剂、滴定结果这一逻辑关系开展研讨和汇报，逐渐形成酸碱滴定法分析的一般思路。

(1) 硼酸的测定：硼元素广泛存在于水产品、土壤、植物和矿石中，许多含硼的化合物都是转化为硼酸来测定的。



问题①：硼酸可否直接准确测定？

问题②：硼酸和多羟基化合物的反应是什么？

问题③：滴定反应如何进行？滴定剂和指示剂如何选择？

问题④：化学计量点时滴定剂和硼酸的计量关系如何？滴定误差如何产生？

通过直接提问，强化理论知识，让学生将理论知识和实际问题相衔接，并一步步引导学生将答案具体化，理解滴定反应的实质。通过对滴定前、滴定中、滴定后的组分和指示剂的颜色变化，来明确反应过程，引导学生思考影响终点判断的因素，从而理解知识间的逻辑关系。

拓展至实际案例，如：国家标准钢铁及合金化学分析方法中和滴定法测定硼量^[9]，硼酸衍生物测定葡萄糖的科研文献^[10]，让学生形成进阶思维。

(2) 铵盐的测定：铵盐广泛存在于肥料、土壤试样以及生物试样如蛋白质、生物碱中。在授课过程中，由简入难，从无机氮含量测定推演至有机氮含量测定，消除学生畏难情绪。在充分理解测定原理、操作注意事项以及误差产生的原因后，引导学生对不同测定方法进行比较，从而掌握实际应用中的不同使用情况和方法局限性，并拓展至现代科学前沿分析方法。

分析方法①：甲醛法。

提出弱酸强化方法，布置任务，由学生给出滴定剂，终点pH，指示剂，计算公式等，并讨论甲醛法的注意事项，总结方法的优缺点。

分析方法②：蒸馏法。

图片和视频展示蒸馏法的基本操作设备及流程，提问：滴定过程的组分信息，滴定剂，滴定反应，终点计算方法和指示剂选择。引导学生对比甲醛法和蒸馏法的优缺点和适用范围的差异。通过探索研讨、互动式学习提高学生参与度，灵活运用归纳法、演绎法和对比法构建研究方法之间的纽带。

分析方法③：凯氏定氮法。

依据无机氮含量测定的方法，小组讨论并推演有机胺类化合物检测的方法。讲解凯氏定氮法的步骤，思考凯氏定氮法的缺点。给出分析案例——三聚氰胺事件，进而延伸至高效仪器分析方法，将新技术、新方法引入课堂，让学生充分感受“准确性”的意义，养成精益求精、坚持探索的科学精神。

(3) 混合碱的分析：未知混合碱试样中可能含有 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 中的一种或几种，通过不同组分组合分析，设计讨论课题，让学生逐步形成研究思路，提升其全面思考和解决实际问题的能力。

讨论内容①：火碱又称烧碱、苛性钠，化学名称为氢氧化钠(NaOH)。工业生产中，烧碱 NaOH 中常含有 Na_2CO_3 杂质，如何分别测定两者的含量？

讨论内容②：是否需要讨论 NaOH 和 NaHCO_3 的混合形式。

讨论内容③：某未知混合碱试样中可能含有 Na_2CO_3 ， NaHCO_3 ， NaOH 中的一种或几种，请设计实验方案，采用双指示剂法进行分析。

通过硼酸的测定和铵盐的测定方案，学生已初步掌握酸碱滴定分析的研究思路。在本部分中，通过分组讨论形成研究方案、小组进行汇报，组间开展评价和总结，进一步反思提升，形成酸碱滴定法的一般应用思路：试样分析→可行性分析→滴定方式→具体方案→结果评价。

2.4 提升总结

以课后小测进一步巩固所学，同时布置设计实验项目，如： $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ 混合试样各组分含量分析； $\text{HCl-H}_3\text{BO}_3$ 各组分含量分析； Na_3PO_4 、 Na_2HPO_4 、 NaH_2PO_4 、 NaOH 组分分析等。学生在线提交研究方案和报告，进一步提升其将理论知识用于实际解决问题的能力。

此外，铵盐的测定和混合碱的分析也是线下分析化学实验的内容，学生可以通过理论所学，进行实验检验，促进知行合一。我们也定期开放分析化学实验室，鼓励学生对设计实验项目进行探索，或加入到分析化学研究生课题小组中参与科研项目，进一步提升学生的实践能力和科学素养。

2.5 教学效果

在以往的授课中，教师往往注重理论知识的系统性，而忽略具体应用案例的分析，导致学生虽然掌握了定义和基础知识，会计算、会解题，但无法联系实际问题，在案例分析中束手无策。为切实提高学生学习兴趣和创新能力，我们开展课前-课中-课后混合式教学与案例分析相结合的课程改革模式。在课前，我们要求学生开展主动学习，对重要知识点进行考察。将易错点、重难点问题反馈至课上，开展针对性讲解，并有效节约课堂时间。线下课堂以案例分析和问题讨论为主，鼓励学生发散思维，将所学知识进行实际应用，并对拓展性项目和具体实际问题进行设计和评价。对开展试点的化学类专业学生开展课后问卷调查，回收有效问卷104份。90%以上的学生更喜欢这种课堂形式；约80%的学生认为自己已初步具备解决化学分析相关问题的能力，并掌握了实验设计能力；近90%的学生认为分析化学课程对未来的科研工作有极大帮助(表1)。

表1 问卷调查情况统计

问题	非常同意	同意	一般	不同意	非常不同意
基于项目案例的混合式教学模式更有利于课程内容的学习，我更喜欢	78	15	8	3	0
通过这门课程的学习，我具备解决化学分析相关问题的能力，并掌握了实验设计能力	72	13	12	7	0
我认为所学的分析化学内容对以后的课程或者科研工作有帮助	90	9	5	0	0

3 结语

结合混合式教学模式和项目案例教学法的优势, 我校分析化学课程开展系列教学改革, 并取得较好成效。通过丰富教学内容、精选项目案例、运用现代信息技术, 注重以学生为主体的教学活动开展。为进一步激发学生的学习自主性, 将理论知识和实际问题相结合, 以基于项目案例的教学方式培养学生的逻辑思维和创新实践能力, 推进教育理念落地。在未来, 我们将进一步丰富课程案例, 兼顾多学科融合, 强调提升知识的综合运用能力, 为培养应用创新型人才奠定基础。

参 考 文 献

- [1] 陈怀侠, 党雪平, 葛伊莉, 黄建林. 大学化学, **2020**, *35* (9), 53.
- [2] 牛娜, 陈立钢, 侯娟, 纪伟. 大学化学, **2022**, *37* (8), 2111052.
- [3] 陈怀侠, 葛伊莉, 王升富, 张修华, 黄建林. 化学教育(中英文), **2022**, *43* (8), 61.
- [4] 华东理工大学, 四川大学. 分析化学. 第7版. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [5] 李海玉, 高红方. 化工管理, **2023**, No. 24, 41.
- [6] 何婧琳, 曹忠, 李丹, 张玲, 谭淑珍, 陈平, 李伟. 大学化学, **2016**, *31* (8), 27.
- [7] 陈联梅, 韦万丽, 李红梅, 漆文胜. 大学化学, **2022**, *37* (4), 2107004.
- [8] 薛丹, 张笑, 史俊, 吴亚, 赵益霏. 当代化工研究, **2023**, No. 17, 135.
- [9] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 223.6-1994 钢铁及合金化学分析方法 中和滴定法测定硼量. 北京: 中国标准出版社, 2009: 192-196.
- [10] Liu, S.; Liu, H.; Chen, Q.; Hou, J.; Yang, G. *Microchim. Acta* **2022**, *189*, 36.