

浅谈理论与实际相结合的原则在分析化学教学中的运用

李爱峰*, 贾文丽, 王蕾, 刘静文

聊城大学化学化工学院, 山东 聊城 252000

摘要: 理论与实际相结合是教学工作中必须坚持的一项基本原则, 在分析化学教学中, 结合学生的专业特点对教学内容进行合理的规划, 将教学内容与日常生活、生产实践、新闻事件及学科发展相结合, 努力激发学生的学习兴趣, 增强教学内容的实用性、时代感和历史感, 让学生在掌握分析化学基础知识、基本理论的同时, 提高分析、解决问题的能力, 也为提高科学素养和创新能力打下良好的基础。

关键词: 分析化学; 教学; 理论与实际相结合

中图分类号: G64; O6

Efforts on the Application of “Integration Theory with Practice” in Analytical Chemistry Teaching

LI Aifeng *, JIA Wenli, WANG Lei, LIU Jingwen

College of Chemistry and Chemical Engineering, Liaocheng University, Liaocheng 252000, Shandong Province, P. R. China.

Abstract: “Integration theory with practice” is a basic principle that must be upheld in teaching. In analytical chemistry teaching, the teaching contents should be organized rationally according to professional characteristics of the students. The teaching contents should also be connected with daily life, production practice, news events, and discipline development. This is beneficial to stimulate the students' interest in learning, and strengthen the practicability and the sense of current and historical of teaching contents. It is also helpful for the students to grasp the fundamental knowledge and the basic theories of analytical chemistry. Furthermore, students' ability to analyze and solve problems can be improved, and their scientific literacy and innovation capability can be fostered.

Key Words: Analytical chemistry; Teaching; Integration theory with practice

随着科学技术的快速发展及各学科之间的不断融合和相互交叉, 分析化学的研究对象和研究层次都进入到崭新的阶段。科技的发展对人才的要求不断提高, 不仅要求从业人员具备扎实的理论基础、较强的实践经验, 还要具备分析、解决问题的能力^[1]。然而, 分析化学内容复杂、知识深奥、概念抽象, 学生普遍反映学起来比较吃力, 学习兴趣不高。如何激发学生对该课程的学习兴趣, 在有限的教学时间内取得良好的教学效果, 就成为每一名分析化学教学工作者亟待解决的问题。我们在长期的教学实践中, 贯彻理论与实际相结合的原则, 打破教材内容的局限, 适当引入一些与生活 and 生产实践密切相关的案例, 取得了良好的效果。

1 与学生的专业特点相结合, 合理规划教学内容

分析化学是化学、医学、药学、农学、环境、建筑工程等专业的一门重要的专业基础课。针对我校不同专业、不同年级学生的认知水平和专业特点, 我们制定了不同的教学大纲, 根据学时数的要求及专业发展的需要, 对教学内容进行了合理规划。

例如, 对于化学专业的学生, 分析化学的学时数为56, 教学大纲涵盖了“绪论”“定量分析化学概论”“分析化学中的数据处理”“酸碱滴定法”“络合滴定法”“氧化还原反应滴定法”“沉淀滴定法”“重量分析法”及“分析化学中常用的分离与富集方法”。其中四类滴定分析方法是教学的重点内容, 每一类滴定分析方法都要首先学习相应的化学平衡理论, 再学习滴定分析的基本原理(包括滴定曲线、准确滴定及分步滴定的判别式、突跃范围及其影响因素、指示剂的选择、终点误差的计算)及应用。对于环境专业的学生, 分析化学的学时数为48, 教学大纲中删去了“分析化学中的数据处理”。对于建筑工程专业的学生, 分析化学的学时数只有36, 教学大纲中删去了“分析化学中的数据处理”及“分析化学中常用的分离与富集方法”。即使是看似相同的教学内容, 由于受学时数的限制, 具体内容及需要学生掌握的程度也有差别。例如, 对于“酸碱滴定滴定误差的计算”, 化学专业的学生要掌握两种方法——代数法和林邦终点误差公式法, 环境专业的学生只需掌握林邦终点误差公式法, 建筑工程专业的学生仅需了解林邦终点误差公式法即可。

此外, 在讲授某些章节的教学内容时, 要结合学生的专业特点有所侧重地进行。例如, 在学习高锰酸钾法的应用时, 药学专业的学生重点学习双氧水中 H_2O_2 及甘油制剂中甘油的含量测定, 环境科学专业的学生重点学习COD (chemical oxygen demand, COD)及甲醛的含量测定, 食品科学专业的学生重点学习食品中亚硝酸盐、还原性糖、维生素C及乙醇的含量测定, 材料科学专业的学生重点学习铁矿石中的铁及软锰矿中 MnO_2 的含量测定, 建筑工程专业的学生重点学习石灰石中钙的含量测定。

2 与日常生活相结合, 努力激发学生的学习兴趣

分析化学教学存在着内容繁杂、知识深奥、概念抽象的问题, 给学生的学习带来了困难, 特别是某些公式的推导过程容易让人感到枯燥乏味。但是, “知之者不如好之者, 好之者不如乐之者”, 兴趣是最好的老师。因此, 只要设法激发起学生的学习兴趣, 唤醒他们的学习热情, 问题就容易得以解决。分析化学是一门实用性很强的科学, 如果能将所学到的抽象内容与日常生活相结合, 让学生利用所学的知识解决生活中存在的问题, 在解决问题的过程中获得参与感和成就感, 就能有效地激发学习热情。如表1所示, 在学习滴定分析方法的应用时, 我们精心选取了许多与日常生活紧密联系的案例。

例如, 在学习碘量法的应用时, 我们向学生介绍了“碘盐风波”, 围绕这一事件我们提出如下问题进行讨论: (1) 为什么国家推广加碘食盐? (2) 碘的摄入量与甲状腺疾病有什么关系? (3) 食盐中加入的碘以什么形式存在? (4) 如何测定加碘食盐中碘的含量? 学生对于这个来源于生活, 与身体健康息息相关的问题非常感兴趣, 鉴于已有的生活常识, 前两个问题回答得非常顺利。后两个问题在课堂上一时回答不出来, 但课后查阅资料、分组讨论的热情非常高涨。通过查阅资料发现食盐中加入的碘大部分以 KIO_3 形式存在, 少部分以 KI 形式存在。学生刚刚学完碘量法, 很容易就能想到 KIO_3 的测定可以使用间接碘量法, 即在酸性条件下, 加入过量的 KI , 与 IO_3^- 反应析出 I_2 , 再用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定 I_2 ($\text{IO}_3^- + 8\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{I}_3^- + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 3\text{I}^-$)。但是, 这样的实验方案无法测定出食盐中 KI 的含量, 如果在测定 KIO_3 之前将 KI 转化成 KIO_3 , 问题就能得以解决。于是, 这就又涉及到氧化还原滴定前的预处理过程。将 KI 转化成 KIO_3 , 需要加入预氧化剂(例如 Br_2 , $3\text{Br}_2 + \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O} = \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{Br}^-$), 为了使预氧化过程定量进行, 预氧化剂必须过量。过量的氧化剂必须除去(例如用 HCOONa 除去过量的 Br_2 , $\text{Br}_2 + \text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}^+ + 2\text{Br}^-$), 否则会造成实验结果偏高($\text{Br}_2 + 3\text{I}^- = \text{I}_3^- + 2\text{Br}^-$)。通过这样的案例教学, 学生不仅对于氧化还原滴定的预处理及

碘量法的应用有了更深入的学习,而且极大地激发了学习兴趣,调动了学习的积极性。

例如,在学习“提高络合滴定选择性的途径”时,我们向学生介绍了“水的钙镁硬度分析”。首先,从“水壶结垢”这一现象提出“硬水”“软水”“水的总硬度”“水的钙镁硬度”等概念,了解硬水对于人体健康及工业生产的影响,接下来提出下列问题:(1) Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 是否满足用EDTA准确滴定的条件?(2) Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 是否可以通过控制酸度分步滴定?(3) 水的总硬度的测定需要的酸度范围如何?选择哪种缓冲溶液?(4) 水的总硬度选择哪种金属指示剂?滴定终点附近溶液颜色变化情况如何?(5) 水中还可能有哪些金属离子?对测定有没有干扰?如何消除干扰?(6) 各种掩蔽剂、缓冲溶液及指示剂的加入顺序如何?(7) 利用哪种试剂可以将 Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 分离?(8) 强碱性条件下用EDTA滴定 Ca^{2+} 时选择哪种指示剂?滴定终点附近溶液颜色变化情况如何?上述问题涉及到准确滴定、分步滴定的判别式、络合滴定中的酸度控制、缓冲溶液、金属指示剂、络合掩蔽法以及沉淀掩蔽法等相关知识,将多个知识点有机地组合在一起,起到“以点带面”的作用。通过这样的学习,在学生的脑海中各个知识点不再是孤立的、零散的,而是彼此环环相扣形成致密的知识网络。

表1 滴定分析法在日常生活中的应用

分析方法	应用示例	分析方法	应用示例
酸碱滴定	硼酸乳膏中硼酸含量的测定	氧化还原滴定	高锰酸钾法测定双氧水中过氧化氢的含量
	阿司匹林片中乙酰水杨酸含量的测定		高锰酸钾法测定食品中亚硝酸盐的含量
	饮料中苯甲酸含量的测定		酸性高锰酸钾法测定水的 COD
	食醋中醋酸含量的测定		高锰酸钾法测定食品中还原糖的含量
	食品中蛋白质含量的测定		高锰酸钾法测定室内甲醛的含量
	饼干中碳酸钠、碳酸氢钠含量的测定		溴酸钾法测定薄荷苯酚软膏中苯酚的含量
	六氯酚皂液中六氯双酚的含量测定		重铬酸钾法测定水的 COD
络合滴定	胃舒平药片中铝含量的测定		重铬酸钾法测定土壤中腐殖质的含量
	自来水钙镁硬度的测定		直接碘量法测定果蔬中抗坏血酸的含量
	钙铁锌口服液中铁含量的测定		间接碘量法测定葡萄糖注射液葡萄糖的含量
沉淀滴定	莫尔法测定盐腌泡菜中氯化钠的含量		间接碘量法测定 84 消毒液中次氯酸钠的含量
	佛尔哈德法测定酱油中氯化钠的含量		间接碘量法测定加碘食盐中碘的含量
	法扬司法测定测定海带中碘的含量		硫酸铈法测定硫酸亚铁片中铁的含量

3 与生产实践相结合,提高教学内容的实用性

分析化学在工农业生产中起着举足轻重的作用,从工业原料的选择、工艺流程的控制到成品质量的检测,每一步都离不开分析化学^[2]。我们在教学过程中对教学内容进行了深入挖掘,选取了许多与工农业生产紧密关联的案例(见表2)。

例如,在学习络合滴定法的应用时,结合“1995年上海锦浦大厦建筑安全事故”,向学生介绍了这是一起由于使用劣质水泥造成的质量安全事故,围绕这一事故,我们提出如下问题进行讨论:(1) 水泥中 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CaO 和 MgO 的含量对于水泥的品质有什么影响?(2) 如何测定水泥中 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CaO 和 MgO 的含量?针对这个问题,学生很容易就想到Fe、Al、Ca和Mg四种金属元素的含量测定可以使用络合滴定法。那么接下来就有下面一系列的问题:(1) 它们是否满足准确滴定的条件?(2) 它们能否通过控制酸度实现分步滴定?(3) 它们分别在什么样的酸度范围内进行滴定?(4) 如何选择合适的缓冲溶液控制溶液的酸度?(5) 它们是否都能使用直接滴定的方式?(6) 选择哪些金属指示剂来指示终点?(7) 滴定终点附近,指示剂的颜色变化如何?由于学生已经学习了准确滴定、

分步滴定的判别式、分步滴定的酸度控制、金属指示剂、提高络合滴定选择性的途径及络合滴定的滴定方式等相关知识,因此以上问题的回答并不困难。实践证明,在教学中将书本上的理论知识与生产实践有机地结合在一起,不仅有效调动了学生学习的积极性,还能帮助学生树立学好分析化学的信心和决心。

例如,在学习酸碱滴定的应用时,围绕“三聚氰胺奶粉事件”,我们提出如下问题进行讨论:(1)三聚氰胺在工业生产中有哪一些主要用途?(2)食品中添加三聚氰胺对人体有哪些危害?(3)为什么不法分子向奶粉中添加三聚氰胺?(4)用酸碱滴定法测定食品中的氮含量,实验步骤分为哪几步?(5)将氮含量乘6.25后折算成蛋白质的含量是否合理?优点、缺点分别是什么?(6)如何测定食品中的三聚氰胺?(7)测定食品中蛋白质的含量还有哪些方法?通过分析上述问题,学生不仅了解了分析化学在生产中的重要作用,更重要的是认识到分析方法的合理与否要经过实践的检验,“道高一尺,魔高一丈”,分析化学也需要不断地发展和完善。

表2 滴定分析法在生产实践中的应用

分析方法	应用示例	分析方法	应用示例
酸碱滴定	混合碱的含量测定	氧化还原滴定	高锰酸钾法测定石灰石中钙的含量
	化肥硫酸铵中氮含量的测定		高锰酸钾法测定软锰矿中二氧化锰的含量
	钢铁中磷含量的测定		高锰酸钾法测定铅丹中铅的含量
	钢铁中碳含量的测定		高锰酸钾法测定硫铁矿中铁的含量
	工业醋酸中乙酸的含量测定		高锰酸钾法测定烟花爆竹混药剂中草酸钠的含量
	油脂皂化值的测定		重铬酸钾法测定铁矿石中全铁的含量
	油脂酸值的测定		重铬酸钾法测定土壤中水溶性有机碳的含量
络合滴定	锡合金中锡含量的测定		亚砷酸钠-亚硝酸钠法测定普通钢中锰的含量
	水泥中铁铝钙镁的含量测定		直接碘量法测定燃料中四乙基铅的含量
	工业硫酸镍中镍含量的测定		直接碘量法测定钢铁中硫的含量
沉淀滴定	莫尔法测定工业废水中银的含量		直接碘量法测定水产品中砷的含量
	佛尔哈德法测定镉黄中硫化镉的含量		间接碘量法测定铜矿石中铜的含量
	法扬司法测定工业用盐中氯化钠的含量		间接碘量法测定漂白粉中有效氯的含量

4 与新闻事件相结合,增强教学内容的时代感

现有的分析化学教材对于如何提出问题几乎没有涉及,但是在实际工作中,提出问题是很重要的一步,只有提出问题才谈得上解决问题。因此,首先要介绍实际问题提出的背景,然后对问题的本质进行分析,接下来分析解决问题的思路,最后设计科学可行的实验方案解决问题。此外,现有的分析化学教材中很多例题比较陈旧,时代感不强,难以吸引学生的注意。我们对近年来引起社会广泛关注的新闻事件,尤其是食品、药品安全事件进行了归纳整理(见表3),并引入到教学中,学生普遍反映通过这些案例的学习,提高了他们分析问题、解决问题的能力。

例1:1994年6月在美国举行的世界杯足球赛中,阿根廷球员马拉多纳因被查出服用了禁药——麻黄碱而被取消了比赛资格。围绕这一新闻事件,我们提出如下问题进行讨论:(1)麻黄碱有哪些物理、化学性质?(2)麻黄碱对人体有哪些作用?(3)麻黄碱的碱性强弱程度如何?是否能够被盐酸准确滴定?(4)对于极弱的酸碱,如何设法进行强化?(5)非水溶液酸碱滴定测定麻黄碱,选择哪种溶剂?选择哪种指示剂?滴定终点附近溶液的颜色变化如何?(6)非水溶液酸碱滴定能否测定尿液中微量的麻黄碱?(7)麻黄碱的测定还有哪些方法?

例2: 2016年12月18日, 四川省巴中市发生了一起因误用亚硝酸盐引起的集体食物中毒事件。围绕这一新闻事件, 我们让学生自主提出问题进行讨论, 学生们提出的问题主要有: (1) 亚硝酸盐有哪些性状? 与食盐有哪些异同? (2) 亚硝酸盐在食品行业有哪些用途? (3) 哪些类型的食品中亚硝酸盐的含量容易偏高? (4) 亚硝酸盐对人体健康有哪些危害? (5) 亚硝酸盐有哪些化学性质? (6) 如何测定亚硝酸盐的含量? (7) 食品要经过哪些预处理过程? 针对上述问题, 让学生自己查阅文献并设计实验方案。虽然有的学生设计的实验方案还存在各种各样的问题, 但是, 通过上述问题的讨论不仅能将理论与实践有机地结合起来, 更重要的是锻炼了学生提出、分析、解决问题的能力。

表3 某些新闻事件中反映出来的分析化学问题及其解决方案

时间	新闻事件	分析化学问题	解决方案
2008年3月	三聚氰胺奶粉事件	食品中蛋白质的含量测定	
2012年9月	面粉硼砂门事件	硼砂的测定	酸碱滴定
2008年	毒减肥药事件	双胍类药物的测定	
2012年5月	毒米线事件	铝的测定	
2014年8月	米粉铅超标事件	铅的测定	
1956年8月	日本水俣病事件	汞的测定	络合滴定
2012年4月	毒胶囊事件	镉的测定	
2009年5月	湖南安仁锌中毒事件	锌的测定	
2011年4月	甘肃平凉牛奶亚硝酸盐中毒事件	亚硝酸盐的测定	
2011年4月	山东青岛福尔马林浸泡小银鱼事件	甲醛的测定	
2001年6月	广西玉林吊白块米粉事件	亚硫酸氢钠和甲醛的测定	氧化还原滴定
2005年4月	雀巢碘超标事件	碘的测定	
2001年3月	湖南郴州砷中毒事件	砷的测定	
2005年11月	黑龙江哈尔滨水污染事件	COD的测定	
2015年9月	辉山高钙奶下架事件	硫氰酸钠的测定	沉淀滴定法

5 与学科发展相结合, 增强教学内容的历史感

如今, 分析化学已发展成为一门应用性强、研究对象广泛而深入的成熟学科, 这是长期以来人类智慧不断积累的结果。我们对分析化学发展史上著名科学家的主要贡献进行了整理(见表4), 并融入到教学过程中, 实践证明这种方式不仅能够活跃课堂气氛, 帮助学生深入理解知识, 激发学生的学习兴趣, 让学生了解分析化学的发展历史和趋势, 还能培养学生的科学素养和人文素养^[3]。

例如: 波义尔是第一个把植物浸取液用做酸碱指示剂的化学家。这一发现背后有一个有趣的故事: 一天, 波义尔实验室的紫罗兰不小心被盐酸飞沫沾上而变成了红色, 他感到很新奇, 同时更感兴奋, 决心探根究底、搞个水落石出。他开始研究各种酸对紫罗兰的作用, 并且联想到, 紫罗兰对碱溶液是不是也有某种特殊的反应呢? 是不是还有其他的有色植物比紫罗兰的效果更好呢? 进一步研究发现许多植物的浸取液可以鉴别酸、碱溶液, 其中以石蕊的效果最好, 遇酸变红, 遇碱变蓝, 这就是他苦苦寻找的双色指示剂。后来, 他还用石蕊浸取液把纸浸透、烤干, 制成石蕊试纸^[4]。在教学中辅以这些有趣的故事, 既能活跃课堂气氛, 使学生加深对酸碱指示剂的认识, 又能让学生领悟到科学需要细致的观察、严谨的态度和缜密的思维。

此外, 目前绝大多数分析化学教师都具有硕士以上学位, 在做好教学工作的同时也都承担着科研工作, 平时需要查阅大量文献, 可以将自己的科研方向与教学内容相结合, 给学生介绍分析化学的研究热点和研究进展。

表4 分析化学发展史中的重大事件

分析方法	时间	科学家	贡献	参考文献
定性分析	1821年	汉立希	选择一定数量的试剂区分溶液中不同性质的元素, 以便减少分析的盲目性	[5,6]
	1829年	罗塞	明确提出阳离子系统定性分析法	[5,6]
	1841年	弗雷泽纽斯	把常见氧化物分为6个组, 从此系统分析法得到广泛的应用	[5,6]
	1865年	波义耳	总结了水溶液的各种检验方法和鉴定反应, 提出“定性检出极限”的概念	[7]
酸碱	1645年	波义耳	发现了酸碱指示剂, 为酸碱下了明确的定义	[8]
滴定	1685年	格劳贝尔	把硝酸滴加到锅灰碱中, 至不再发生气泡, 作为反应达到中和点的标志	[5]
	1729年	日夫鲁厄	以碳酸钾为标准物测定醋酸的纯度, 以发生气泡停止作为滴定终点	[5,6]
	1750年	费朗索	用硫酸滴定矿泉水时, 以紫罗兰浸液作为指示剂, 滴定到溶液变红为终点	[5,6]
	1790年	罗维兹	以碳酸钾滴定醋酸时, 向醋酸中加入少许钙盐, 根据碳酸钙沉淀的出现确定终点	[5]
	1795年	德克劳西	发明了“碱量计”, 以后改进为滴定管	[5,6]
	1803年	布拉克	首次注意到碳酸气在酸碱滴定中的干扰作用及使用指示剂的误差问题, 对指示剂误差进行了校正, 也是首次采用返滴定方式的人	[5]
	1855年	莫尔	推荐用草酸标定氢氧化钠溶液, 用碳酸钠标定硝酸溶液。标定不必一定要用纯净的被测物质, 可由其他适当的基准物代替。	[5]
络合	1892年	维尔纳	提出络合物的配位理论	[8]
滴定	1945年	施瓦岑巴赫	研究EDTA及其络合物, 提出以紫脲酸胺为指示剂, EDTA滴定水的硬度	[9]
	1946年	施瓦岑巴赫	提出以铬黑T为指示剂, EDTA滴定水的硬度, 奠定了络合滴定的基础	[9]
	1948年	施瓦岑巴赫	提出以KCN为掩蔽剂掩蔽 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Co^{2+} , 用 NH_4F 掩蔽 Al^{3+}	[9]
氧化	1795年	德克劳西	以靛蓝的硫酸溶液滴定次氯酸至溶液颜色变绿为止, 成为最早的氧化还原滴定	[5,6]
还原	1826年	比拉迪厄	制得碘化钠, 用于次氯酸钙的测定, 以淀粉为指示剂, 发明了碘量法	[5,6]
滴定	1835年	盖吕萨克	以亚砷酸为基准物质, 靛蓝为指示剂, 滴定次氯酸盐, 首次使用氧化还原指示剂	[5]
	1840s	沙布斯和彭尼	各自独立地使用了重铬酸钾标准溶液滴定亚铁, 以铁氰化钾做指示剂	[5]
	1840年	帕斯居厄	首次用碘的酒精溶液作为滴定剂, 滴定水中的硫化氢	[5]
	1845年	杜夫劳斯	将碘化钾加到 Fe(III) 试液中, 以氯化亚锡滴定析出的碘, 开创了间接碘量法	[5]
	1846年	马格里特	使用高锰酸钾溶液滴定亚铁, 以其自身的紫红色指示滴定终点	[5]
	1847年	佩鲁兹	制定了以高锰酸钾回滴亚铁为基础的许多方法, 例如测定硝酸、亚硝酸及铬酸盐	[5]
	1853年	本生	在间接碘量法中以亚硫酸钠滴定析出的碘, 用于测定氯、溴等二十余种物质	[5]
	1853年	施瓦兹	在间接碘量法中, 以硫代硫酸钠代替不稳定的亚硫酸钠, 以滴定析出的碘	[5]
	1853年	赫培尔	使用高锰酸钾标准溶液滴定草酸	[5,7]
	1855年	莫尔	提出用高锰酸钾滴定草酸的方法测定二氧化锰以及钙、铅等	[5]
	1861年	朗格	建立了铈量法, 以硫酸铈滴定亚铁及亚铁氰酸盐, 利用硫酸铈的颜色判断终点	[5]
沉淀	1833年	盖吕萨克	制定了著名的银量法	[5,7]
滴定	1851年	李比希	提出了测定氰化物的银量法	[5]
	1853年	李比希	提出以硝酸汞滴定氯化物, 以尿素为指示剂, 建立了汞量法	[5]
	1856年	莫尔	提出以铬酸钾为指示剂的银量法	[5,7]
	1874年	佛尔哈德	提出了测定酸性介质中卤化物的间接沉淀滴定法, 用铁矾作指示剂, 以硫氰酸盐回滴加到试液中的过量银	[5,7]
	1923年	K. 法扬司	发现荧光黄及其衍生物能指示 Ag^+ 滴定卤化物的终点	[7]

待续

续表4

重量 分析	克拉普鲁特	创立了一系列定量操作方法(如灼烧、恒重、干燥等), 利用换算因子求得金属的重量, 引入重量百分比的概念	[5,6]
	贝采利乌斯	发明各种分析仪器(如坩埚、干燥器、过滤器、水浴锅、无灰滤纸、高灵敏度的天平), 把定量分析的准确度提到一个新高度	[5,6,10]
1846年	伏罗森纽斯	写出定量分析的教材, 介绍分析化学的技艺, 把分析天平的灵敏度提高到0.1 mg, 从而提高了重量分析的水平	[5,6]
1904年	普雷格尔和库 尔曼	共同设计可以精确到微克级的微量天平和微量分析技术, 只用1-3 mg试样就可以进行比较迅速和准确的定量分析	[8]
1930年	唐宁康	在硫酸铝溶液中加入尿素, 加热近沸, 缓慢生成紧密的碱式硫酸铝沉淀, 奠定了均相沉淀法的基础	[11]

6 结语

综上所述, 在分析化学教学过程中, 不受教材内容的局限, 注意将教学内容与学生的专业特点、日常生活、生产实践、新闻事件及学科发展相结合, 选取典型的案例融入到教学中, 增强分析化学的教学内容的实用性、时代感和历史感, 既可激发学生的学习兴趣, 加深对分析化学基础知识的理解, 又有助于提高其分析、解决问题的能力, 同时也为提高科学素养和创新能力打下良好的基础。

参 考 文 献

- [1] 刘丹, 唐江宏. 江苏理工学院学报, **2017**, 23 (6), 116.
- [2] 武汉大学. 分析化学. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [3] 王益林. 山东化工, **2017**, 46 (24), 158.
- [4] 林敏, 陈妮娜. 内蒙古电大学刊, **2007**, No. 2, 98.
- [5] 赵匡华. 化学通史. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [6] 张家治. 化学史教程. 太原: 山西教育出版社, 2004.
- [7] 刘艳. 哈尔滨学院学报, **2001**, 22 (4), 138.
- [8] 侯纯明. 化学史话. 北京: 中国石化出版社, 2012.
- [9] 施瓦岑巴赫, G.; 弗拉施卡, H. 络合滴定法. 北京: 冶金工业出版社, 1981.
- [10] 陆玉琴, 季鸿昆. 扬州师院学报, **1987**, 7 (4), 63.
- [11] 郑用熙. 北京地质学院学报, **1957**, No. 1, 102.