

EDTA 配位滴定法测定水总硬度实验的课程思政设计

黄冬兰, 焦琳娟, 丘秀珍, 罗建民*, 王宇琳
(韶关学院 化学与土木工程学院, 广东 韶关 512005)

摘要:以分析化学实验“EDTA 配位滴定法测定水总硬度”为例,从案例导入、案例研讨、实验创新设计、实验的实施与实践、实验考核等 5 个方面进行实验课程思政创新设计。借助一定的课程思政教育载体,通过案例教学、现场演示、问题探究、任务驱动等多种教学方式,注重培养学生的专业认同感、社会责任感和科学素养,让专业实践教学与思想政治教育同向同行,实现知识传授、能力培养与价值引领的有机统一。

关键词:分析化学实验; EDTA 配位滴定法; 课程思政; 水总硬度测定

中图分类号: G642.4

文献标识码: A

文章编号: 1007-5348(2024)08-0007-05

EDTA 配位滴定法测定水总硬度是一个经典的化学分析实验^[1-2]。该实验以乙二胺四乙酸二钠(EDTA)作为滴定剂利用其配位性与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 形成较稳定的配合物来测定常量钙镁离子的总含量。该实验主要实验内容包括:(1)EDTA 标准溶液的配制和标定;(2)水总硬度的测定。实验涵盖了称量、定容、移液、滴定分析等基本操作。传统的实验内容主要是配位滴定分析,缺乏对学生创新性思维和研究性学习能力的培养,难以激发学生学习热情和学习积极性,也难以落实课程思政的建设要求。为了解决这一问题,我们深入挖掘思政元素与本实验的结合点,重塑育人目标,进行“思政寓课程,课程融思政”式教学设计,通过设计具体的教学活动引导学生积极主动参与其中,力求将思政教育渗透到实验教学全过程,重点融入健康意识、科学素养、安全教育、环保意识、团队协作及创新能力等思政元素。创新设计后的实验不仅可以大大提高学生的学习兴趣,还可以引导学生关注生命健康,培养学生学以致用能力。此外,对学生实验操作技能、养成“规范操作、周密观察”的良好习惯、树立完整准确的“量”的概念、形成严谨求实的科学态度,培养学生实验安全意识和环保意识也具有十分重要的意义。

一、课程思政案例的设计与实施

(一)案例的导入

水是人类生产和生活必不可少的物质,是生命的源泉,也是社会经济发展不可替代的自然资源。然而,目前人类能直接利用的水资源仅占全球水资源总量的 0.64%^[3]。更为严重的是,随着工业和城市的迅速发展,大量的工业废水、生活污水等不断进入水体,造成水总硬度升高、水质下降^[4-6]。这不仅会造成生产设备的破坏,还会对人体健康造成危害^[7-9]。环境水体质量监测和污染防治是保护“绿水青山”、建设生态文明的前提^[10-11]。作为衡量水质的重要指标之一,水的总硬度是指溶解在水中的钙盐和镁盐的总量,它包括了暂时硬度和永久硬度^[12]。其中,以酸式碳酸盐形成的硬度经煮沸后可以去除,称为暂时硬度;而以硫酸盐等形式存在的硬度不能通过加热的方法除去,则称为永久硬度。水的总硬度通常用 CaO (或 CaCO_3) 的质量浓度来表示。即用每

[收稿日期] 2024-02-21

[基金项目] 广东省本科高校教学质量与教学改革工程项目(粤教高函[2021]29号);广东省本科高校教学质量与教学改革工程项目(粤教高函[2023]4号);韶关学院第二十三批教育教学改革研究项目(韶学院办[2022]53号)

[作者简介] 黄冬兰(1983-),女,广东韶关人,韶关学院化学与土木工程学院副教授,博士;研究方向:分析化学、无机及分析化学的教学与科研。* 通讯作者。

升水中含有 CaO (或 CaCO_3) 的质量来表示, 单位为 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 其数值越大, 表明水的总硬度越高。

EDTA 配位滴定法是目前我国测定水的总硬度主要方法, 该方法操作简便、实验现象明显、易于实现, 其基本原理是: 在氨性缓冲溶液 ($\text{pH} \approx 10$) 中, 指示剂铬黑 T (EBT) 先与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 配位, 形成酒红色的配合物, 然后用 EDTA 标准溶液滴定游离的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} , 当达到滴定终点时, EDTA 将已与铬黑 T 配位的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 夺取过来, 从而使得铬黑 T 完全游离出来, 此时溶液由酒红色突变为游离铬黑 T 本身的纯蓝色。

(二) 案例的研讨

1. 列举典型的水硬度危害事件。实验前安排学生了解我国水总硬度分布特点和水总硬度影响因素, 列举典型的危害事件, 如工业用水总硬度过高导致设备破坏、饮用水总硬度过高导致结石、大一新生水土不服等案例。通过自主学习、小组学习并结合线上线下交流等方式, 引导学生强化对水总硬度监测意义的认识, 强化学生的环保意识, 培养学生树立保护生态文明的责任感和使命感。

2. 调研水总硬度测定方法的发展。安排学生了解水环境污染监测指标的种类和发展历程; 了解水总硬度测定的具体方法、相应原理和适用范围; 查询水总硬度检测的相关国家标准, 学习判别水质的好坏, 学会利用专业理论知识针对不同水源样本选择适用方法。在充分调研基础上, 引导学生对实验操作流程进行设计、梳理和深度优化。

(三) 实验创新设计

与传统实验方案对比, 本案例的创新性设计主要体现在以下方面: 一是引入多样性、层次化的检测对象。传统的实验方案仅检测实验室自来水的总硬度, 学生对身边常接触的水环境总硬度了解甚少。本案例引入一系列具有梯度化总硬度指标的水样, 包括自来水、纯净水、北江水、井水、韶关国家森林公园山泉水、韶关马坝苍村水库水、韶关乳源南水水库水等, 通过不同水体样品的选择和采集, 可进一步加深学生对韶关市水环境总硬度现状的了解; 通过对不同水体样品的总硬度检测和比对分析, 可以提升学生对水体指标国家标准理解, 掌握判别水体质量的基本方法。二是科研反哺教学, 将科研成果转化为教学资源。国家标准中水总硬度测定选用铬黑 T 为指示剂, 铬黑 T 虽与 Mg^{2+} 显色的灵敏度高, 但其与 Ca^{2+} 显色的灵敏度低, 当水样中钙含量高而镁含量较低时, 终点变色不敏锐, 不利于终点的判断; 本案例将团队科研成果巧妙地贯穿其中, 将铬黑 T 指示剂替换为 K-B 指示剂, 利用 K-B 指示剂颜色互补的原理提高终点变色的敏锐性, 培养学生的创新精神, 实现科研反哺教学。实验时给学生准备钙含量高而镁含量低、钙含量低而镁含量高的两种水样, 分别以铬黑 T、K-B 指示剂为指示剂对上述水样进行测定, 观察这两种指示剂在终点变色敏锐性的差异; 通过这一过程, 学生可以加深理解指示剂选择的重要性, 培养学生“具体问题具体分析”的辩证思维。

(四) 案例的实施

1. 实验准备

实验前, 安排学生采集不同来源环境水样, 包括自来水、纯净水、北江水、井水、山泉水、水库水等, 经沉降、过滤等前处理, 去除杂质后制成试液。教师可根据教学时长灵活选择一种或多种水样进行检测, 亦可安排学生进行分组实验, 不同组别采用不同来源水样进行实验。

2. 实验教学安排

(1) 预习思考: 组织学生结合超星学习通平台的“大学化学实验 3”网络课程, 观看原理讲解视频、实验操作视频和 PPT 课件, 自主学习掌握 EDTA 标准溶液的配制、标定和 EDTA 配位滴定法测定水总硬度的基本原理及主要操作, 预习后完成线上预习小测验。(2) 知识拓展: 组织学生通过资料查询, 了解水质分析相关指标、水总硬度与水体污染、水总硬度检测方法、不同用途用水 (包括生活饮用水、工业用水、农业用水、工业废水等) 对水总硬度的要求、总硬度超标水体治理的措施等。在实验前提问环节, 教师检查相关知识掌握情况。(3) 分组实验: 通过抽签, 每组学生对某一水样进行平行实验, 在完成实验后共享数据, 对异常值进行分析检验和取舍 (如 Q 检验法或 Grubbs 法), 通过多组平行实验结果, 获得分析结果的相对标准偏差。

(五) 教学过程实践

1. 预习方式多样化, 让学生明确实验的意义

为了加深学生对实验原理和实验意义的理解, 改变以往预习只是抄写实验教材的现象, 实验课前一周教师在超星学习通课程网站发布实验预习任务, 要求学生通过微课、实操视频、文献等开展预习, 预习时要

弄清楚实验的危险源和相应的应对措施,培养学生实验安全意识。此外,还要求每个学生查阅有关水总硬度测定的案例至少2个,并及时完成相应的预习小测,将预习成果写在预习报告上,预习完成且合格的学生方可进行实验。

2. 典型案例情景导入,增强社会责任感

实验中,教师通过“大一新生到外地求学,水土不服拉肚子”的生活案例导课^[13],然后向学生抛出问题:“很多人一到外地就拉肚子,这是为什么呢?如何治疗这种症状?”部分学生会认为这是“水土不服”,用家乡的泥土泡水喝可以治好。此时教师再抛出问题:“用家乡的土泡水喝下真能治好水土不服吗?”然后,引导学生探析引起“水土不服”的根本原因:不同地区的水质(如水的总硬度)存在差异,从而导致肠道菌群紊乱而引起的消化功能失调。如盐入味地引入“树立科学世界观,反对封建迷信”的思政元素,引导学生利用所学知识为生活常见问题答疑解惑,坚信科学的力量,承担社会责任,培养学生的社会责任感 and 专业使命感。

3. 科研反哺教学,培养学生创新精神

讲解金属指示剂变色原理时,通过讲述指示剂的发现和发展的故事,让学生学习科学家善于观察、勤于思考、勇于探索和敢于创新的精神。同时,融入科研成果对实验中遇到的问题进行解惑,实现科研反哺教学。比如,EDTA测定水总硬度中,部分学生滴加铬黑T指示剂,到达终点时无法观察到书上所描述的纯蓝色。经过分析比对发现,是由于高钙低镁水样对铬黑T指示剂 Ca^{2+} 不敏感,所以终点不明显。此时将团队科研成果巧妙地贯穿其中,将铬黑T指示剂替换为K-B指示剂,利用K-B指示剂颜色互补的原理提高终点变色的敏锐性,培养学生的创新精神,实现科研反哺教学。

4. 实验探究严谨求实,提升学习获得感

学生在实验操作过程中常常会遇到各种困惑和问题,针对实验中常出现的“异常现象”,教师组织学生进行探究,提升学生的自主学习能力和科学素养,培养学生树立严谨、实事求是的科学态度。比如:两个实验小组对同一个水样进行测定的实验结果相差很大,比较发现是由于两组对基准物 CaCO_3 的溶解上有差异。那么如何保证 CaCO_3 完全溶解并全部转移到容量瓶中?学生各抒己见:润湿 CaCO_3 粉末用的去离子水不能加得过多,加入少量能将 CaCO_3 粉末调至糊状即可,否则会将盐酸稀释导致 CaCO_3 粉末无法完全溶解;要在烧杯口上盖一个洁净的表面皿,防止 CaCO_3 粉末飞溅而造成损失,待 CaCO_3 粉末完全溶解后,还需用去离子水将表面皿冲洗干净,以减少 Ca^{2+} 的损失。又如在EDTA标准溶液浓度的标定实验中,部分学生滴加K-B指示剂后,无法显示Mg-K-B配合物正常的酒红色。经过分析比对发现,是由于在配制 Ca^{2+} 标准溶液时,部分学生去离子水加入过多,需加入大量的盐酸才能将 CaCO_3 粉末完全溶解,使得酸度较高,按照讲义仅加入10 mL 氨性缓冲溶液无法将体系pH调至10,故无法显示Mg-K-B配合物一样的正常酒红色。学生探究弄清实验失败的原因后,经过调整实验细节,实验获得成功。自主探究增强了学生的学习获得感,同时让学生明白了实验中每个步骤都相互制约,并对最终分析结果产生直接的影响,培养学生的辩证唯物主义世界观。

5. 课后知识拓展,增强学习挑战度

实验课结束后,除了要求学生及时完成实验报告外,还进一步拓展课后学习内容,增加学习的挑战度,使学生对本实验相关知识有更深层次的理解和应用,培养学生的专业认同感^[14]。可以安排学生以个人或小组作业的形式完成以下内容:(1)根据水总硬度大小判断不同来源水样总硬度的差异,结合水样采集的环境,分析可能影响水总硬度的因素并提出改善水总硬度的方法。(2)查询目前水总硬度测定的方法,比较其原理的异同及各自的优缺点,说明改进的思路和方法。(3)除了水总硬度,水质分析常见指标还有哪些?造成这些指标超标的主要原因是什么?如何避免?(4)结合实例谈谈在饮水安全方面,分析工作者可以做什么?

二、实验成绩评价

传统的分析化学实验考核评价方式较为单一,通常是考勤10%+实验报告20%+期末考试70%给出最终成绩,这种评价方式无法激发学生的学习积极性,无法客观公平地反映学生的实验技能和实验水平。按照“任务驱动+课程思政”的教学理念,教师通过课前预习、课堂问答、案例讨论、实验操作、实验报告、课后拓展等多种形式融入课程思政,抓好课前、课中和课后,全程跟踪学生的学习情况,将评分内容分解到教

学过程的每一个环节(见图1),主要是课前预习、案例研讨、实验过程、实验报告和课后案例拓展这5个部分,各部分占总成绩的比例依次为10%、10%、40%、30%和10%。此外,还对上述各个教学环节进一步进行细分(见图2),以全面考查学生的实验综合能力。

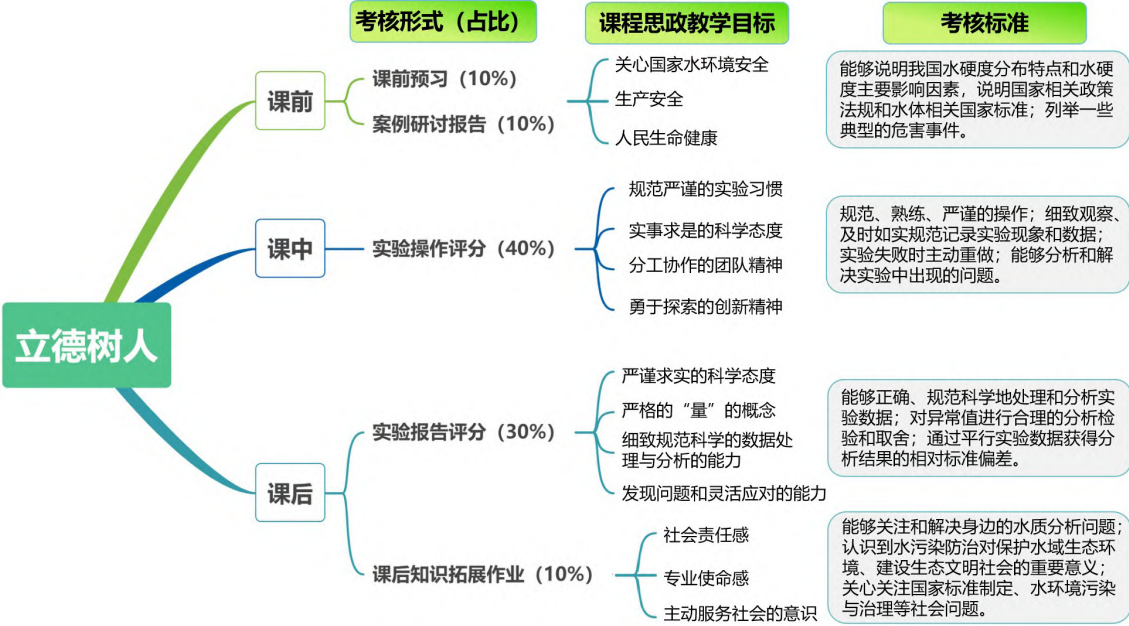


图1 课程思政教学目标达成度的考核设计

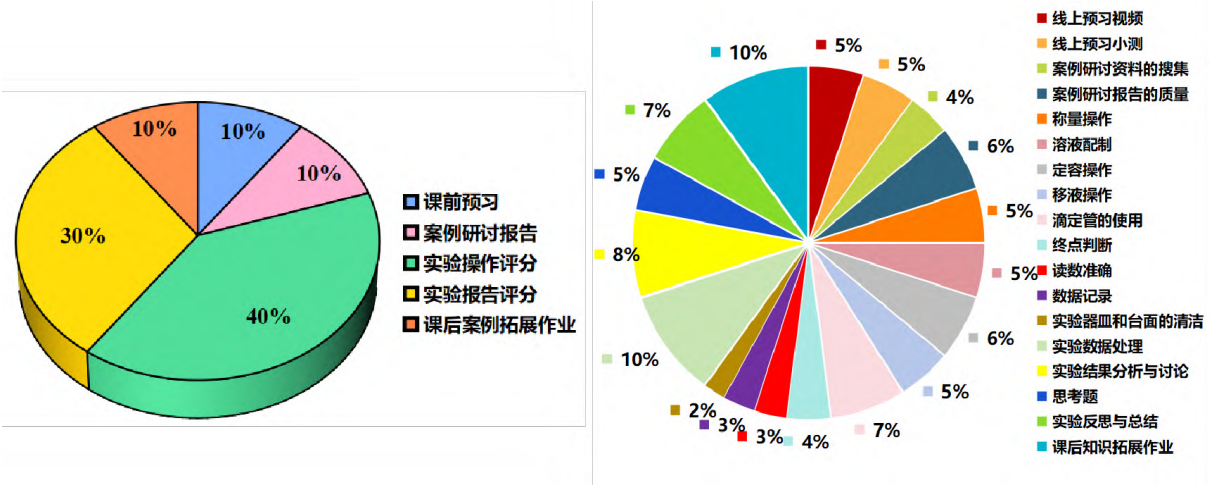


图2 分析化学实验的考核方式

融入课程思政内容后,学生对分析化学在水质分析及其在保障生产安全和人民生命健康中的重要意义有了更加深入的理解,通过进行多种水体检测样品的采集、水总硬度如何改善的拓展性思考等,培养学生的社会责任感和服务社会的意识。

三、结束语

案例以水总硬度检测为例,将“任务驱动+课程思政”理念引入分析化学实验课堂教学中,突破传统实验课堂以教师为主的教学模式,以生活案例为引导,以学生为中心,多维度融入思政元素,构建了专业实践教学与思政教育相融合的教学新模式,有望在提高学生专业实践能力的同时,帮助学生形成严谨求实的科学态度,培养学生实验安全意识、生命健康意识、环保意识和服务社会意识。

参考文献:

- [1] 武汉大学. 分析化学实验[M]. 6版. 北京: 高等教育出版社, 2021.
- [2] 曹鹏然, 郭秀春, 崔丽丽, 等. 市售不同品牌矿泉水总硬度分析[J]. 河南大学学报(医学版), 2014, 33(4): 247-249.
- [3] 王升富, 周立群. 无机及化学分析实验[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [4] 张希雨. 淳滢平原漏斗区地下水总硬度和矿化度趋增演变特征与机制[D]. 北京: 中国地质大学, 2021.
- [5] 秦正峰, 吴昊澜, 薛强, 等. 石家庄滹沱河地区地下水高硬度成因: 影响因素及多元统计分析[J]. 桂林理工大学学报, 2019, 39(1): 64-72.
- [6] 杨锐, 周金龙, 张杰, 等. 新疆和田地区平原区地下水硬度空间分布及影响因素分析[J]. 环境化学, 2020, 39(11): 3255-3263.
- [7] 韦日荣, 唐振柱, 黄江平, 等. 2017—2019年广西城市供水水质总硬度监测结果分析[J]. 实用预防医学, 2021, 28(2): 185-189.
- [8] 王丽, 王肖红, 李龙建. 2017年北京市门头沟山区农村自备井水总硬度含量分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2020, 30(2): 232-234.
- [9] 赵琦. 罗城县2013-2018年心脑血管疾病死因流行病学特征分析及与饮用水总硬度的关系研究[D]. 南宁: 广西医科大学, 2020.
- [10] 石慧, 宦双燕, 王玉枝. 高锰酸钾法氧化还原滴定实验的课程思政设计[J]. 大学化学, 2024, 39(2): 175-180.
- [11] 国家环境保护总局《水和废水检测分析方法》编委会. 水和废水检测分析方法(第四版, 增补版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2019.
- [12] 蒋立英, 仇凡. 高校饮用水硬度测定及改善方法研究[J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版), 2017, 17(3): 61-66.
- [13] 黄冬兰, 焦琳娟, 丘秀珍, 等. “分析化学实验”的课程思政教学案例[J]. 韶关学院学报, 2023, 44(11): 93-98.
- [14] 吴淑琰. 水分析化学实验课程思政教学案例设计与实践——以水中溶解氧测定为例[J]. 中国教育技术装备, 2023, (2): 139-140.

Ideological and Political Design of Measuring the Total Hardness of Water by EDTA Titration Experiment

HUANG Donglan, JIAO Linjuan, QIU Xiuzhen, LUO Jianmin*, WANG Yulin

(School of Chemistry & Civil Engineering, Shaoguan University, Shaoguan 512005, Guangdong, China)

Abstract: Taking “the determination of the total hardness of water by EDTA coordination titration of analysis chemistry experiment course” as an example, around the “curriculum ideology and politics” educational objective, the experiment curriculum ideological and political innovation design was implemented from five aspects, such as case introduction, case study, experiment innovation design, experiment implementation and practice and experiment effect check. This teaching case makes use of some ideological and political education carriers to emphasize students’ sense of social responsibility, professional identity and scientific literacy through case method of instruction, on-the-spot demonstration teaching, question inquiry teaching, task-driven pedagogy and so on, in order to realize the organic combination of professional practice teaching and ideological and political education, and realize the organic unity of knowledge imparting, ability training and value leading.

Key words: analytical chemistry experiment; EDTA coordination titration; curriculum ideology and politics; total hardness of water determination

(责任编辑: 黄玖恺)