编者按: 课堂教学是学校实施人才培养的最基础环节。好的课堂教学必须以先进的教育理论和教学理念为指导,以先进的教学方法、教学技术、知识组织和考核方式所构成的系统的教学模式作为支撑。相较于知识传递,能力和素质的养成对教学理念、教学模式的依赖度更大:好与差的教学,其区别往往不在于知识本身,而在于知识的组织方式、传递方式和引导方式。在我国高校,“教学理念相对落后、教学内容方法陈旧”一直是影响课堂教学水平、制约高层次人才培养的“顽瘴痼疾”。要落实立德树人根本任务,全面提升课堂教学质量,培养符合社会发展需要的时代新人,就必须从根本上改变课堂的教学理念和教学方法,推进“课堂革命”。

近年来,化学类课程教师关注教学理念和教学方法改革的比例明显提高,改革的水平和效果显著提升。为了引导广大教师进一步学习新理念、采用新方法、落实新要求,《大学化学》编辑部决定继续出版“教学理念和方法改革”专刊。该专刊共精选25篇论文,主要聚焦先进理论和理念的落实、教学模式的创新、信息技术的融合、特色人才培养、推进研究性教学等。希望能够给广大教师提供经验和借鉴,从而引导和推进改革,及时总结和交流经验,更好达成“两性一度”要求,推进化学类课程课堂教学改革再上新台阶。

TEP 教学模式在分析化学教学中的应用 ——以“酸碱滴定分析法”教学为例

陈联梅^{1,*}, 韦万丽², 李红梅¹, 漆文胜¹

¹ 成都大学食品与生物工程学院, 成都 610000

² 贵州师范大学化学与材料科学学院, 贵阳 550001

摘要: 为了实现高等教育培养应用型和创新型人才目标,需要改变目前分析化学教学中“重知识和技能传授、轻能力培养和价值引领”的教学现状,提出“理论知识(Theory)–自主实验(Experiment)–实践应用(Practice)”融合教学模式(简称TEP)。TEP教学模式在实施过程中,通过“任务”这条主线将三个教学环节紧密相连,构建一个递进式教学体系。在理论教学中采用“任务和问题驱动式”教学,激起学生学习的主动性和积极性;在实验教学中要求学生自主完成相对简单的实验任务,培养学生自主学习和思考的能力;在实践应用环节,要求学生独立完成有意义有难度的任务,培养学生的应用能力和创新能力。在每个教学环节中巧妙地融入思政内容,实现“立德”与“树人”的有机统一。为了使TEP模式有效实施,还需做好课程的教学评价。

关键词: TEP 教学模式; 任务; 思政内容; 教学评价

中图分类号: G642; O6

TEP Teaching Method Applied in Analytical Chemistry Course: Application in Acid-Base Titration

Lianmei Chen^{1,*}, Wanli Wei², Hongmei Li¹, Wensheng Qi¹

¹ School of Food and Biological Engineering, Chengdu University, Chengdu 610000, China.

² School of Chemistry and Materials Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China.

Abstract: In order to cultivate innovative and practical abilities of college students, it is essential to change the status that knowledge and skill are emphasized, but abilities and moral values are undervalued. Therefore, TEP teaching

收稿: 2021-07-01; 录用: 2021-07-20; 网络发表: 2021-09-01

*通讯作者, Email: chenlianmei845@163.com

基金资助: 成都大学教学项目(CDKCSZKC202006, CDKCSZTD202005)

method is applied in analytical chemistry course. TEP method is a blended teaching model of theory, experiment, and practice. The aim is to construct a progressive teaching system by experimental tasks and practical tasks. First, some tasks and questions are put forward to encourage the students' initiative and curiosity; then, students actively look for the answers in learning process; after learning theoretical knowledge, the students can perform experimental tasks themselves with the help of laboratory manual and videos; finally, the students must independently carry out challenging practical tasks. In order to achieve the goals of moral education, the content of ideological and political education should be aptly added into all departments of TEP method. Additionally, an appropriate teaching evaluation is made to implement the TEP method effectively.

Key Words: TEP teaching method; Tasks; Content of ideological and political education; Teaching evaluation

分析化学是一门实践应用性很强的学科，在资源勘探、生产控制、食品安全、环境保护、药品检测等领域发挥重要作用^[1]。因此，在分析化学教学中，可以将理论知识、实验技能与实践应用充分结合，激发学生学习的兴趣和热情，培养学生解决实际问题的能力，从而实现高等教育培养应用型和创新型人才的目标。分析化学是化学、化工、材料、食品、药学、医学、生命科学等相关专业的必修基础课，一般在大学一年级第二学期开设。本课程开设的时间较早，对于大学生人生观、价值观、世界观的形成，具有极其重要的地位^[2,3]。

然而，目前分析化学教学中普遍存在一个问题——“重知识和技能传授，轻能力培养和价值引领”。由于很多高校设立了实验中心，理论课和实验课大多分开教学，无法有效契合。理论课教师负责把知识点讲清楚讲透彻；学生被动学习和接受，缺乏主动性和驱动力。理论教学中基本不涉及实验内容，也很少触及应用实践。实验课上，指导教师先讲解实验内容和演示操作技能，然后学生“照葫芦画瓢”操作即可。整个实验过程波澜不惊，几乎没有意外，也就缺乏思考。可见，目前的分析化学教学没有充分体现理论知识和实验内容“紧密相连、相互促进”的特点，也没有充分培养学生自主学习和思考的能力，更没有将学到的知识和技能去创造性地实际解决问题，培养学生的应用能力和创新能力。

我国著名化学家、教育家戴安邦指出，“只传授化学知识和技术的化学教育是片面的，全面的化学教育要求，既传授化学知识与技能，又训练科学方法和思维，还要培养科学精神和品德。”《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2006–2020)》中提出，要改变人才培养模式，培养应用型和创新型人才。因此，每位高校分析化学教师，有责任去思考在分析化学教学中如何来培养学生的应用能力和创新能力^[4–6]。在长期的教学中，我们探索了一种新教学模式——将理论知识(Theory)、自主实验(Experiment)与实践应用(Practice)进行融合教学，简称TEP模式。在各个教学环节，结合教学内容，充分挖掘所蕴含的思政内容，并巧妙融入到教学活动中，达到传授专业知识、能力培养与价值引领的同向同行，实现“立德树人”的人才培养目标(见图1)。

图1 TEP教学模式的示意图

1 TEP教学模式的内涵

TEP教学模式包括三个教学环节,它们之间紧密相连、相互促进。(一)理论课上,首先提出本章将要完成的实验任务和实践应用任务,找出完成这些任务必须要解决哪些问题?掌握哪些知识点?让学生带着任务和问题去学习知识点,激起大家学习的主动性和积极性。(二)实验课上,学生利用已学的理论知识、参考实验教材和实验技能微视频,自主完成实验任务,培养学生自主学习和思考的能力,教师一定要做好监管和指导。(三)学生利用所学的知识和技能,去独立完成有意义有挑战性的任务,教师在必要时才给予指导。在实践应用过程中,学生需要查阅文献来设计实验方案,自己配液,完成实验,撰写实验报告,制作PPT,最后与全班同学分享交流。实践应用环节对培养学生的应用能力、创新能力和综合素养起着画龙点睛的作用;然而在目前的分析化学教学中往往被忽略,或者只是做1-2个综合实验。因此,我们提出的TEP教学模式,就是将实践应用充分融入到理论和实验教学中。在每个教学环节中巧妙地融入思政内容(如爱国情怀、哲学思想、科学素养、环保意识、安全意识等),实现“立德”和“树人”有机统一。

2 TEP教学模式的实施过程

以“酸碱滴定法”教学为例,阐述TEP教学模式实施的具体过程(见图2)。从整个教学过程来看,TEP教学模式通过“任务”这条主线,构建了一个由易到难的递进式教学体系。

图2 TEP教学模式的实施过程

2.1 理论课上采用“任务和问题驱动式教学”

在学习酸碱滴定分析法之前,首先提出本章将要完成的实验任务和实践应用任务。向学生展示一些生产生活中常见食品、药品、肥料的图片,比如白醋、柠檬酸、纯碱、奶粉、阿司匹林、氮肥等,从它们的说明书中找出主要成分是醋酸、柠檬酸、碳酸钠、蛋白质、乙酰水杨酸、铵盐,这些主要成分的含量都可以用酸碱滴定法来检测。本章学完后,学生将自主完成实验任务“白醋中醋酸含量的测定和混合碱的含量分析”;再独立完成实践应用任务“商品柠檬酸纯度的测定和氮肥中氮含量测定(蒸馏法)”。通过让学生完成生活中熟悉的食品、药品、肥料等的检测任务,一方面激起大家的兴趣、热情、求知欲,另一方面激起学生的责任心和担当意识,要把自己视为质检员,学好知识和技能,为人民群众把好质量关^[7]。

然后,找出完成这些任务需要解决哪些问题和掌握哪些知识点。(1) 这些物质能否直接用NaOH或HCl标准液来滴定?必须学习酸碱滴定原理知识,掌握酸和碱能被直接滴定的条件。如果不能直接滴定,可否想办法间接滴定?(2) 选择什么指示剂?需要学习指示剂的变色原理和选择原则。指示剂的选择需要根据滴定曲线和滴定突跃来选择。(3) 如何绘制滴定曲线和找出滴定突跃?滴定曲线的横坐标是加入滴定剂的体积(或者滴定分数),纵坐标是溶液的pH,因此必须学习各种溶液中 $[H^+]$ 的计算。(4) 如何计算各种溶液的 $[H^+]$?以前无机化学中已经学了溶液的 $[H^+]$ 计算,那么分析化学中的计算和无机化学中的计算有何异同?(5) 在滴定过程中,溶液pH在不断变化,如何计算各组分在不同pH的分布分数和浓度呢?需要学习分布分数的相关知识。通过层层抽丝剥茧,找出完成任务需

要解决的各个问题，也就阐明本章主要知识点和它们之间的内在逻辑联系。古人云：“学起于思，思起于疑，行成于思，思成于惑”。巧妙恰当的设问是很重要的教学手段和教学艺术中的高级智慧。

接下来，学生带着任务和问题去学习。学习目的很明确，学生就会积极参与课堂教学，主动寻求答案，因此学习的兴趣和热情大大提高。在学习每个知识点时，教师要有意识地将知识点和任务联系起来，为后面自主完成实验任务和独立完成应用任务奠定理论基础。比如学习溶液 $[H^+]$ 计算时，考查学生是否掌握了HAc、NaAc、 Na_2CO_3 、 $NaHCO_3$ 、 $(NH_4)_2SO_4$ 、氨水等溶液pH的计算。学习酸和碱能被直接滴定的条件时，让学生判断HAc、 Na_2CO_3 、 $NaHCO_3$ 、 $(NH_4)_2SO_4$ 、氨水、乙酰水杨酸等溶液是否能够被直接滴定？如果不能，能否采用返滴定和间接滴定方式进行测量？学习指示剂时，让学生选择滴定HAc、 Na_2CO_3 、 $NaHCO_3$ 、 $(NH_4)_2SO_4$ 、乙酰水杨酸溶液时所需要的指示剂。学习多元酸的滴定原理时，掌握一步滴定和分步滴定的条件，为后面完成应用任务商品柠檬酸(三元有机酸)纯度的测定打下基础。

2.2 实验课教学中采用“学生自主完成实验”

实验课内容是理论知识的直接应用，相对比较简单。学生已经在理论课上学习了相关原理知识，又有实验教材和实验技能的微视频作为参考，不再需要教师冗长地讲解，完全有能力自主完成实验。自主完成实验的具体过程见图3。在此环节，学生为主，教师为辅，培养学生自主学习和思考的能力。

图3 自主完成实验任务的具体过程

课前教师将课件和实验技能视频上传到网络教学平台，并有针对性地提出一些关于滴定原理、计量点的pH、指示剂的选择、数据处理等方面的问题。学生仔细阅读教材、课件和观看实验技能视频后，写好详细的预习报告，认真思考教师提出的问题。实验课上，教师要严格检查预习情况，让学生来演示实验操作技能。自主实验过程中，肯定会出现各种问题，启发学生自己思考解决。教师时刻监管，发现操作不正确的同学，督促其再次观看实验教材和实验技能视频后予以改正。实验完成后，教师仔细检查每位同学的实验数据；如果发现数据误差大，必须要求学生找出其原因后重做。没有了教师冗长地讲解，学生就有充裕时间来做实验和思考，还有足够时间来讨论和反思。刚开始实施自主实验，学生缺乏自信，总担心实验做不好。几次实验后，学生就慢慢养成了自主学习和思考的习惯，能够自主高效地完成实验。让学生自主完成实验，需要教师付出更多责任心和精力，但是对培养学生自主学习和思考的能力很重要。

2.3 实践应用环节要求“学生独立完成任务”

当学生已掌握基本理论知识和实验技能之后，他们就能够完成有意义有挑战的实践应用任务。古人云：“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行。”通过实践应用环节，让学生真正感受到知识的重要性，开拓学生的视野，培养学生的应用能力和创新能力。通过实践应用环节，让学生明白，学习知识和技能的目的是为了生产生活服务；知识和技能是否真正掌握的标准，不是能做考试题，而是能应用它们去创造性地解决生产生活中的实际问题。

在本章，我们设计了两个有意义有难度的任务。

任务一是商品柠檬酸纯度的检测。设计这个任务的原因有四个方面：① 柠檬酸用途广泛。它不仅是食品饮料中的重要添加剂，还是安全的金属清洗剂(如水垢清洗剂)。柠檬酸与我们的生活密切相关，学生很感兴趣。② 在理论书和实验教材中没有柠檬酸的相关知识，需要去查阅文献，将学

生的视野拓展到书本外的广阔领域。③ 柠檬酸是三元酸，要比实验教材上测定一元酸的难度更大；但没有超出理论课的知识范畴，因为理论课上已经介绍了多元酸的测定原理。④ 加深对本章各个知识点的理解和应用。

任务二是用蒸馏法测氮肥(如铵盐)中的氮含量。设计这个任务的原因有四个方面：① 蒸馏法测氮的应用非常广泛，可以测氮肥(如铵盐)和有机氮(如蛋白质)中的氮含量，这些物质与我们的生活密切相关。② 实验室没有测氮仪，鼓励学生根据原理设计简易装置。此任务具有很大挑战性。大一学生基本没设计过实验装置，但在实际生产生活或者科研中，往往需要自己来设计搭建一些简易装置。通过此任务，既锻炼学生灵活应用的知识能力，也锻炼动手动脑能力。③ 装置的设计必须考虑安全性，培养安全意识。④ 利用实验室常见的玻璃仪器来设计简易的定氮装置，往往查不到文献，可以培养学生的创新能力。

完成实践应用任务的具体步骤见图4。首先，学生先查找文献，设计好方案，交给教师检查是否可行。然后，小组成员一起完成实践应用任务。在完成过程中，肯定会遇到各种困难和问题，需要大家团结协作才能解决。完成过程中允许失败，在失败中反思，直至成功。任务完成后，书写实验报告，并做成PPT。教师组织大家交流讨论，分享实践过程的失败与成功经验。不同小组之间相互学习，相互启发。

图4 完成实践应用任务的具体过程

完成实践应用任务的时间需要合理安排。相对简单的应用任务，可直接同实验任务一起完成。比如商品柠檬酸纯度测定，可以和白醋中醋酸含量测定实验一起完成，无需另占时间。比较难的应用任务，如蒸馏法测铵态氮肥中的氮含量，视为综合实验，专门安排时间完成。因此，需要调整分析化学实验内容，适当减少验证性实验，增加这种有实际意义有难度的综合实验。任务完成后，交流讨论可以安排在晚自习进行。

TEP教学模式的实施，需要课程组教师们的统筹规划。最好的方式是理论课和实验课都由同一位教师担任，这样有利于理论内容、实验内容、实践应用充分融合。如果理论课和实验课是由不同教师担任，那么两位教师需要充分交流沟通。理论课教师要主动了解实验内容，将其融入理论教学中；负责实践应用项目的设计和指导。实验课教师要了解学生理论知识的学习情况，不再作冗长的重复讲解；充分了解实践应用项目的内容，并指导学生完成。在整个教学环节中，担任理论课和实验课的两教师一定要加强交流，充分配合。

3 在TEP教学模式中巧妙地融入思政内容

分析化学理论课和实验课中蕴含丰富的思政内容(如爱国情怀、哲学思想、科学素养、环保意识、安全意识等)。充分挖掘这些思政元素，并巧妙地融入到理论教学、实验教学、实践应用中，实现“立德”与“树人”的有机统一。

理论教学中，发掘分析化学史上中国科学家及其成就，以他们的优良品德作为价值引导，培养学生的爱国情怀和民族自信。比如在讲到混合碱的测定时，引入我国化工奠基人侯德榜先生“制碱救国”的艰辛历程，学习侯老为国为民奋发图强的精神。在讲到克氏定氮法测奶粉中的蛋白质时，引入“三聚氰胺奶粉事件”，和学生一起探讨事故产生的多方面原因，以及怎样才能避免食品安全事

故再次发生, 给学生上一堂生动的关于监管、法律、道德、诚信及检验方法的综合课, 有利于学生形成正确的人生观和价值观。在讲指示剂时, 可以引入波义尔意外发现石蕊指示剂的故事。从中可看出, 很多研究成果是建立在偶然发现的基础上, 但是必须要重视偶然, 对偶然现象要深入研究, 养成良好的科研习惯。在课程教学中, 把马克思主义哲学思想与分析化学的基本原理知识进行耦合, 有利于学生形成正确的思想观和方法论。比如通过滴定过程的滴定曲线, 可以清楚地看到量变到质变的规律。“共轭酸碱对的关系”体现了对立统一的关系。计算溶液中 $[H^+]$ 时, 要分清楚主要矛盾和次要矛盾, 根据实际条件选择相应的计算公式; 不能处处都用精确公式, 也不能处处都用近似公式。缓冲溶液中加入少量强酸、强碱和水时, 具有缓冲能力; 但是加入大量的强酸、强碱和水后, 就不再具有缓冲能力, 因此任何时候都要掌握好“度”。

在实验教学中培养学生的科学素养和工匠精神, 加强学生的环保意识和安全意识。分析化学实验对测试结果有着严格的准确度和精密度的要求, 因此可以培养学生严格的“量”的概念、良好的实验技能、细致的实验习惯、实事求是的实验态度和精益求精的工匠精神, 这些是以后从事科学研究和日常工作必备的基本素养。测试结果超出误差范围, 一定要找出问题的症结所在, 让学生体会到“细节决定成败”。在使用实验试剂时, 要厉行节约。能回收利用的药品, 决不能丢弃。比如无机化学实验中粗盐提纯产品NaCl、制备的高锰酸钾产品, 可用作分析化学实验中莫尔法、高锰酸钾法的测试样品。比如润洗移液管和滴定管的 $AgNO_3$ 溶液, 可以回收利用。切记废液不能直接倒进下水道, 必须倒入废液桶去做无害处理。打碎的玻璃仪器要专门回收, 不要伤害到他人。处处都要严格要求, 培养学生的环保意识。实验室里会接触到有毒、易燃、腐蚀性药品, 需要使用玻璃仪器、酒精灯、电炉等, 极易引发安全事故。因此, 每次实验都要进行安全教育, 严格执行本次实验的安全措施, 时刻牢记安全高于一切。

实践应用环节, 培养学生独立做事的能力。在这个环节, 学生会遇到困难, 会面临挫折和失败, 容易气馁, 教师要耐心鼓励他们。每个人的成长过程中, 一定要经历挫折和失败。只有不畏挫折, 敢于尝试, 敢于探索, 才能成为学习和生活的强者。

4 做好TEP模式的教学评价

为了使TEP教学模式有效实施, 必须将实践应用纳入理论课和实验课的成绩考核中。分析化学考核内容包括平时成绩(50%)和期末考试(50%)。平时成绩包括课堂小测试(20%)、每章总结和习题(30%)、每章测试(30%)、实践应用任务的方案设计(20%)。在每次课的教学内容讲完后, 留下几分钟来完成课堂小测试。小测试内容包括本次课的重要知识点; 题型有填空题、选择题、判断题; 测试方式可在网络教学平台完成, 便于批改和统计。利用课堂小测试, 既总结了本次课的重点内容, 又及时了解学生对知识点的掌握情况。每章学完后, 要求学生用思维导图来梳理总结本章知识点, 建立自己的知识体系。每章的练习题设计成一份试卷, 题型和期末考试卷一致, 内容包括本章主要知识点的直接应用和灵活应用, 具有一定的难度。试卷要严格批阅给分。每章结束后要进行单元测试, 可以把所有重要知识点都设计成选择题, 一般在25分钟完成, 在网络教学平台上进行。每章测试后, 一定要与表现差的同学深入谈话, 帮助其找出原因, 给予更多的关心、鼓励和监管。实践应用任务的方案设计考查内容包括文献查阅、实验原理、装置设计、实验步骤、数据处理、注意事项、安全措施等方面。

分析化学实验考查内容包括每次实验的预习和完成情况(50%)、实践应用任务的完成情况(20%)、实验理论知识考查(30%)。实验预习情况包括预习报告的书写和回答问题的正确性。实验完成情况包括实验态度是否认真、操作是否规范、实验结果的准确度、误差分析、实验报告书写等方面。实践应用任务的完成情况包括溶液配制、实验操作、结果的准确度和精密度、注意事项、PPT制作、班组交流等方面; 此环节的评价方式有教师评价、小组内自评和小组之间互评^[8]。实验理论知识考查内容包括本学期所有实验的基本操作、实验原理、结果计算、方案设计等方面。

5 结语

TEP教学模式旨在将“理论知识-自主实验-实践应用”进行融合教学。通过“任务”这条主线,构建一个递进式教学体系。在理论教学中,先提出本章要完成的实验任务和实践应用任务,找出完成这些任务必须要解决哪些问题,采用“任务和问题驱动式教学”,激起学生学习的主动性和积极性。在实验教学中,要求学生自主完成相对简单的实验任务,培养学生自主学习和思考的能力。在实践应用环节,要求学生独立完成有意义有难度的任务,培养学生的应用能力和创新能力。在每个教学环节中巧妙地融入思政内容,实现“立德”与“树人”的有机统一。为了使TEP模式有效实施,还需做好课程的教学评价,将实践应用纳入理论课和实验课的成绩考核。从近年来的教学反馈看,学生越来越喜欢分析化学和分析化学实验课程,综合素养明显提高,深切体会到知识和技能的重要性,领悟到应用能力和创新能力的重要性,更具有责任心和担当意识,很多学生愿意在课余时间进入教师的实验室参与科学研究。

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] 孙寅璐, 姜宏月, 熊英. 大学化学, 2021, 36 (3), 2002016.
- [3] 朱丽丽, 孟令国. 辽宁科技学院学报, 2020, 22 (3), 49.
- [4] 张三兵, 周文峰, 鲁润华. 大学化学, 2018, 33 (11), 75.
- [5] 王永祥, 耿凤华, 徐茂田, 瞿鹏. 商丘师范学院学报, 2019, 35 (4), 87.
- [6] 马莹, 张恒, 刘刚, 宋其圣, 胡清萍. 化学教育, 2020, 41 (6), 52.
- [7] 马心英, 薛守庆, 陈美凤. 山东化工, 2017, 46 (3), 112.
- [8] 李娇, 金谷, 李玲玲, 姚奇志, 刘红瑜, 王晓葵. 大学化学, 2021, 36 (7), 2006061.