



LBL + TBL + PBL 教学法在“分析化学”教学中的应用

江银枝, 高丽萍, 贾彦荣

(浙江理工大学理学院, 杭州 310018)

摘要: 为了提高教学效果, 增强学生实践能力, 在“分析化学”课程教学中推行基于授课(LBL)+基于团队(TBL)+基于解决问题(PBL)的复合教学法。对该课程基本概念和数据处理等内容采用 LBL 教学, 对于滴定分析法和吸光法等内容进行 TBL+PBL 教学。将学生分成学习小组, 课前给出相关科学问题和学习大纲, 各小组进行自主学习, 课上教师引导学生进行知识讨论、学习、总结并进行章节考核。由教师、助教和学生组成考核队伍, 从过程和结果两方面考核学生学习效果。通过两轮教学实践, 发现采用 LBL+TBL+PBL 复合教学法明显提高了学生的平均成绩、高分率和及格率, 同时学生的学习积极性得到了提高。这种混合教学法不仅能促进学生有效学习知识, 还能提高学生的综合能力。

关键词: 基于问题的教学法; 基于团队的教学法; 基于授课的教学法; 分析化学; 学习效率

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2019) 10-0585-06

Application of LBL + TBL + PBL teaching method in Analytical Chemistry

JIANG Yinzhi, GAO Liping, JIA Yanrong

(School of Sciences, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to improve teaching effect and enhance students' practical ability, the composite teaching method of the lecture based learning (LBL), the team based learning (TBL) and the problem based learning (PBL) was put forward in Analytical Chemistry teaching. LBL teaching was adopted for basic concepts and data processing of the course, and TBL+PBL teaching was used for titrimetric analysis method and light absorption method. The students were grouped. Before class, relevant problems and learning program were given to students. Each group learned independently. In class, the teacher guided students to discuss, learn and summarize knowledge, and carried out chapter examination. The teacher, teaching assistant and students formed the examination team to assess students' learning effect of process and result. Through the two rounds of teaching practice, it was found that, the composite teaching method obviously improved students' average scores, high score rate and pass rate. Meanwhile, students' learning initiative also improved. Such mixed teaching method can not only promote students to effectively learn knowledge, but also enhance their comprehensive ability.

Key words: problem based learning (PBL); team based learning (TBL); lecture based learning (LBL); Analytical Chemistry; learning efficiency

收稿日期: 2018-06-09 网络出版日期: 2019-04-10

基金项目: 浙江理工大学教改项目(kg201703)

作者简介: 江银枝(1973—), 女, 湖北鄂州人, 副教授, 博士, 主要从事化学合成与分析、化学教学等方面的研究。

“分析化学”课程是化学、医药学、材料学专、环境、食品、生物等专业的基础课程,对于各相关专业的人才培养具有重要意义,因此有关该课程的教学改革也是各专业教师的关注热点^[1-3]。以往的分析化学课程的教学改革主要采用 LBL 教学法((Lecture based learning,基于授课的教学法),以教师为中心,强化教师的“授业”功能,注重完成既定的教学目标,由教师主导整个教学过程,学生只是被动学习。根据“金字塔”学习理论^[4],LBL 教学法导致学生学习效率低下,学习主动性缺乏,不利于高素质人才的培养^[5]。在学生规模扩大的情况下,为了保证课程教学质量,新的教学法得到关注。20 世纪 60 年代美国神经病学教授 Barrows 提出了 PBL (Problem based learning,基于解决问题的教学法)。该教学法率先在加拿大麦克马斯特大学推行^[5-9]。目前,包括荷兰的马斯特里赫特大学等世界顶级院校和国内的上海第二军医大学等医学院引入了 PBL 教学法,均取得了良好的教学效果。PBL 教学法改变了传统的 LBL 教学法以老师为主导的教学模式,其明显优势在于调动了学生的学习积极性和团队协作精神。此外,20 世纪 70 年代美国俄克拉荷马州立大学的 Michaelson 教授提出了 TBL(Team based learning,基于团队的教学法)^[5,8-14]。该方法迅速在美国、加拿大、韩国、澳大利亚、中国等国家地区医学院的医学教学中被推广应用。

随着中国高等教育的大众化发展,教学资源存在一定程度的稀缺,LBL 教学法有利于缓解这一矛盾,而且培养的学生一般理论基础扎实,但是易导致学生高分低能,所以 LBL 教学法逐渐成为高素质人才培养的桎梏。而 PBL 和 TBL 教学法在医学人才培养方面效果良好,对实验型和应用型学科如化学和生物学等学科的人才培养具有较强的借鉴意义^[15-17]。培养复合型人才是教育发展的趋势,因而有必要依据实际情况,改变教学法,利用有限的教学资源,探索培养新型人才的有效教学方法。鉴于以上分析,本文依据“分析化学”理论和实践应用并重的课程特点,在课程教学过程中针对不同章节分别采用 LBL、PBL 或 TBL 组合的教学法,目的是使学生既能系统掌握基本知识体系,又能提高学习效率,增强学习兴趣和信心,最终提升综合素质。通过这种教学改革探索,希望为相关的课程教学改革提供实践依据。

一、“分析化学”教学困境

“分析化学”课程包含绪论、定量分析概论、滴定

分析概论、数据处理、酸碱滴定、络合滴定、沉淀滴定、氧化还原滴定、沉淀重量法和吸光法 10 个知识单元。目前该课程在教学过程中存在以下困境。

1. 教学内容多,学时少

20 世纪末,一些高校对“分析化学”课程开始教学改革,由于对这门课程的重要性认识不够,将其学时进行压缩,以至于目前该课程在大部分院校工科专业是 32 学时,理科专业采用 48 学时,还有部分院校的化学专业将“分析化学”与“无机化学”合并成一门课,即“无机及分析化学”。这门课不仅包含有许多概念和理论,还涉及到大量的数学推导;既有记忆型知识,还有推理型知识。所以在教学过程中,该课程存在内容多但学时少的矛盾。

2. 传统的授课式的课堂教学效果不理想

由于“分析化学”教学内容多而广,学时少,而且有一半的数学推导,为了完成教学内容,按传统的教学法教师往往“满堂灌”。因为教师注重完成课堂教学的既定目标,习惯按着自己的教学设计和思路讲解,而忽略了学生的接受过程。尤其是涉及到数学推导,学生如果有疏忽,就很难跟上课堂教学进度。这种教学过程不利于师生互动,教师容易忽视学生的课堂反应和接受程度,导致学生的学习效率低下,未能全面理解和掌握知识,难以达到预期教学效果。

3. 难以达成教学目标,不利于新工科人才培养

当前,中国高等教育正在加快推进工程教育改革创新,推动新工科教育发展,对工程科技人才提出了更高的要求^[18-19]。新工科建设目标就是要培养可持续发展的全方位素质人才,所以教学的核心任务是教会学生学的能力,从知识、能力和品格(人文情怀)三个方面塑造全方位的素质人才^[20-22]。2017 年 4 月关于新工科建设的“天大行动”^[20]主张在教学方法 and 形式上“问学生志趣变方法”,推行“以学生为中心”的教育理念,形成“以学习者为中心”的工程教育模式;在专业设计建设方面提出“为满足产业需求建立专业”,其中海洋、生物医药、新材料、基因工程、核技术等将是新工科专业群的方向之一^[20-22]。而“分析化学”作为这些学科的专业基础课程,如果不进行教学改革,难以培养具有家国情怀、富有创新性、复合型的新工科人才。所以要在教学学时少、内容多的情况下,培养具有自主学习能力的工科专业型人才,必须改变“分析化学”教学方法,调动学生的学习兴趣和学习的积极性。

“分析化学”课程内容主要包括三个部分:第一部分是基本概念,第二部分是分析数据的代数计算

与统计处理,第三部分是分析方法理论与应用。这三个部分覆盖的教学内容多,但是课时分配较少。该课程教学目标包括三方面:知识层面是学生掌握分析理论、分析方法和分析数据的统计处理;能力层面是学生将知识转化为内需,解决实际的分析问题,以及解决问题过程中自主阅读和总结文献的能力,与人合作共同解决学科问题的能力;品格层面就是培养学生的人文情怀,需要形成科学伦理观,具有团队合作精神和面对困难的信心和勇气。“分析化学”课程学习任务重,而且需要融合数学、物理等相关学科知识。在学习过程中,部分学生对于数学推理出现畏难情绪,他们只愿背公式,不愿意费心力去弄明白公式的推理,知其然而不知其所以然,导致实际解决问题的能力不足。如果仅仅采用传统的教师授课为主的教学方法,难以激发学生对知识的探究精神,不利于提升学生的知识、能力和品格,难以达成课程教学目标。因此,为了达成课程教学目标,适应新工科人才培养的需要,一定要采取新的教学方法,让学生主导学习过程,让教师辅导教学过程,引导学生自主学习和互助学习。

二、LBL+TBL+PBL 教学法及其实施

(一) LBL+TBL+PBL 教学法

LBL 教学法即基于授课的教学法,其教学主体是教师,中心是教师公开授课和学生听老师讲课。LBL 教学法有利于进行精确、系统、连贯的知识传授,对于普及大班教学发挥了重要作用。但是 LBL 教学法仅仅注重课程本身,所以难以发挥学生的主动性,学生学习效率低下,不利于现代高素质人才的培养^[1]。

TBL 教学法即基于团队的教学法^[1,4-10],是以学生为中心、以团队为基础的教学法。TBL 教学法将学生分成小团队,学生以团队形式围绕教学单元中的核心概念及其应用展开主动学习。TBL 教学法旨在通过学生的自我学习和团队的互助学习,使学生主动获取知识并应用知识,有利于学生的自我学习能力、终身学习的能力和团队协作能力的培养。

PBL 教学法即基于解决问题的教学法^[1-5],其主体是学生,中心是教师引导学生自我学习、以问题为导向,该方法改变了传统的 LBL 教学中老师为主导的教学模式,明显的优势在于调动了学生的学习积极性和团队协作精神^[1-5]。PBL 教学法围绕某个现实问题,学生需要主动地探索和构建知识新体系,不仅通过查阅文献和总结文献学习知识,而且有助

于提高解决问题的能力 and 语言表达能力。

根据“金字塔”学习理论,学生分组讨论学习、实践练习、互助学习是比听老师讲课更为有效的学习方法,实施这些方法的主体是学生。PBL 和 TBL 教学法就是以学生为主体,以解决问题为导向,教师指导学生团队进行互助学习和讨论学习的过程。因此,将 LBL、TBL 与 PBL 教学法相结合既保证了学生对课程基础理论的学习,又推动了他们对知识的扩展应用。然而,TBL 和 PBL 教学法需要学生花费大量的课后时间主动学习,需要小班化教学和强大的师资力量支撑;但强调以解决问题为目标的学生自我学习,不利于学生对知识的系统学习和掌握。LBL 教学法则对学生的能力要求不高,教师比较容易控制教学进度,可以大班授课和节约教学资源。可见,三种教学法各有利弊。为了适应当前高等教育的发展趋势,在有限的教育资源条件下,培养基础扎实的高素质专业人才,不能采用单一的教学方法,需要探索复合型教学方法。

(二) LBL+TBL+PBL 教学法在“分析化学”课程的实施

结合“分析化学”课程教学存在的问题,为了在有限的时间内、在不增加或少增加学生的课后学习负担前提下,有效地完成课程教学目标、提高学生的学习效果、促进复合型人才的培养,在实际教学过程中采用了 LBL+TBL+PBL 教学法。

1. 教学前期准备

(1) 分解知识点,确定教学方法,制定教学计划

首先,将“分析化学”整个课程的 10 个知识单元进行分解,根据各知识点确定不同的教学方法。比如,对于以概念为主的知识单元(包含绪论、定量分析概论、滴定分析概论、数据处理)采用 LBL 教学法;对于应用性很强的知识单元定量方法学(包含酸碱滴定法、络合滴定法、氧化还原滴定法)采用 TBL+PBL 混合教学法。整个教学周期,对该课程教学按照教学计划表(表 1)执行。

表 1 教学计划表

教学周	知识单元	教学法
1—4	绪论、定量分析概论、滴定分析概论、数据处理	LBL
5—7	酸碱滴定法	TBL+PBL
8—10	络合滴定法	TBL+PBL
11—12	沉淀滴定与沉淀重量法	TBL
13—14	氧化还原法	TBL+PBL
15—16	吸光法	TBL

(2) 分组

第一次课堂教学时,教师对学生分组。PBL 和 TBL 教学法对学生采用随机分组的方式,每组 4~6 位组员确定后,从中推荐一名组长,负责协调组内人员的任务分配,督促组员按时完成任务。

(3) 制定评价体系

合理的评价体系可以对学生们的学习能力、积极性、效果等多方面进行评价,达到以评促教的目的。本课程从以下两个方面制定评价方案。

一是评价人员。改变以往由主讲教师担任唯一的评价员,由主讲教师、助教教师、学生组员多个主体评价,各主体的评价成绩比例分配为:教师评价(70%)、助教评价(10%)、组内评价(10%)、组间评价(10%)。其中,教师评价结果包括小测试、课堂考勤、课堂表现和期末考试的成绩。单元小测试的内容以概念为主,题型为客观题;期末考试注重考察基于概念的知识应用,题型有客观题和主观题;助教评价主要针对课后作业以及随堂练习;组内评价侧重小组完成任务过程中同组内各组员的贡献;组间评价是指由其他组来评价本小组完成任务的情况。

二是评价方式。评价得分包括个人分值和团队

分值。其中:个人分值占 80%,包括作业(10%)、考勤(5%)、小测试(10%)、回答问题(5%)、期末考试(50%);团队分值占 20%,包括小组 PPT(5%)、小组 word 文档(5%)、小组讲解(5%)、组员整体参与度(5%)。这种方式评价既考虑学生个人能力,也考虑学生的团队合作与协调能力,可以让学生参与整个教学过程,提高他们的自我管理意识和竞争意识。

2. 教学实施过程

(1) LBL 教学法

1—4 周,教师按章节教学目标集中讲解、跟学生讨论理论知识点,并对学生进行测试。这个教学环节虽然采用 LBL 教学法,但是会事先在线教学平台为学生提供教学视频、测试卷和阅读材料等,以便于学生课前预习和课后复习,提高学生的学习兴趣 and 积极性。

(2) TBL+PBL 教学法

第一步,教师提出问题和知识框架。教师提前两周按组别布置 TBL+PBL 教学内容,包括提出科学问题、给出关联的知识单元与知识点框架图。以酸碱滴定章节为例,图 1 是教师事先提供给学生的关于酸碱滴定的一个科学问题以及与之关联的知识框架图。

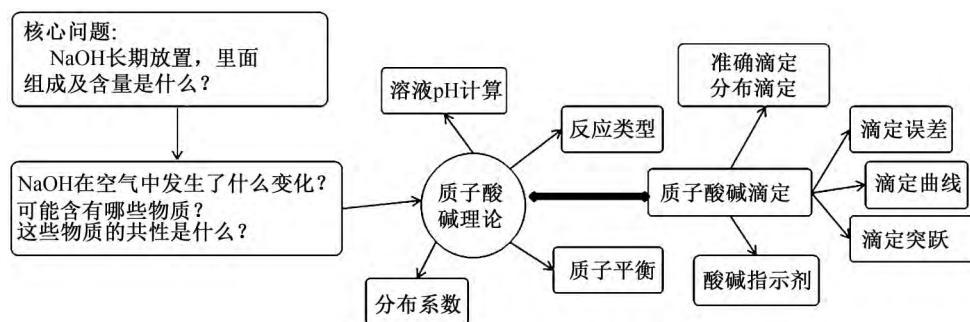


图 1 酸碱滴定问题及知识框架

教师结合图 1, 从一个实际生产和实验室管理中出现的酸碱问题“氢氧化钠放置变质问题”出发, 引导学生思考三个科学问题: a) 氢氧化钠在空气中发生了哪些变化? b) 可能含有哪些物质? c) 这些物质的共性是什么? 学生依据以往学过的无机化学知识, 结合逻辑判断, 可以给出以下答案: a) 氢氧化钠在空气中会和水、二氧化碳反应, 生成碳酸钠或碳酸氢钠; b) 这个体系可能含有氢氧化钠、碳酸钠、碳酸氢钠三种物质中的一种或两种; 氢氧化钠、氢氧化钠和碳酸钠、碳酸钠、碳酸钠和碳酸氢钠、碳酸氢钠; c) 这三种物质的共性就是在水溶液中呈碱性。在此基础上, 教师继续引导学生去探求酸碱理论的知识: 酸碱物质的分类、质子酸碱溶液的反应与反应实质、质子酸碱溶液中的组分分布、质子酸碱溶液的 pH 值

计算等。接着, 教师继续引导学生探求用盐酸去识别上面科学问题中涉及的三种物质: 氢氧化钠、碳酸钠、碳酸氢钠, 以及这个识别过程的特点。于是涉及以下知识点: 酸碱滴定曲线、滴定突跃、滴定终点的判断、准确滴定与分步滴定、酸碱指示剂等。在对这些知识都学习完成之后, 学生会发现科学问题“氢氧化钠放置变质问题”得到了解决。这种以问题为导向、以解决问题为目标、围绕问题的知识学习框架图拓展教学可以引导学生思考, 激发学生自主学习和探求解决问题方法的欲望。

第二步, 学生自主学习。学生依据知识框架图(图 1), 结合老师对知识框架图的解读, 以小组为单位, 在指定的时间内分组学习教材、查找资料、文献, 观看学习视频, 完成知识框架的自我构建, 形成问题

解决方案(书面 word 文档和 PPT 文档)。学生除了完成自我学习以外,还要根据被分配的任务扮演不同的角色:资料查阅员、讨论记录员、文档制作员、PPT 制作员、PPT 讲解员、组长(组织协调)。在这一过程中,即掌握了概念和原理,又了解到实验实施过程的设计,不仅可以培养自主学习和构建知识的能力,而且提升解决科学问题的系统思维能力。

为了督促学生的自我学习,任课教师利用浙江省高等学校在线开放课程共享平台,进行“分析化学”在线课程建设。教师首先依据教学计划,定期发布相关知识的网络教学微视频;其次准备相关章节的过关测试卷、章节考试卷。学生的视频观看时间、测试和考试成绩都将计入该课程平时成绩。小组视频的平均观看时间、测试和考试的平均成绩、视频观看和测试的人员参与率将影响小组得分。这样学生不仅要自己积极参与,还要组织同组学生参与,有利于培养团队合作精神,提高个人的组织协调能力。

第三步,课内讲解、讨论、总结、测试。学生以小组为单位,对指定的知识点和问题讲解本组形成的问题解决方案,教师和其他组成员对该方案进行点评和补充。在这一过程中,教师依据学生的表现,给出不同组的团队积分和个人积分;学生小组之间和小组内部也有互评,并给出积分。教师以单元测试的形式对学生进行章节知识考核,教师准备若干问题,以提问的方式帮助学生梳理知识点,巩固知识体系;让不同的学生来回答同一个问题,得出最理想的答案。提问环节尽量保证每个学生都有表达的机会,其目的—是保证每个学生的学习效果得到检验,二是督促每个学生平时在小组学习中不滥竽充数,三是有利于教师控制教学进度。课程结束以后,教师安排集中闭卷考试,检验学生对理论知识学习与应用的效果。最后,教师收集各评价人员的评价和测试、考试成绩,按照评价体系给出每个学生的总体评价。此外,课程教学组结合学生期末对该课程的调查问卷,总结学生整体学习效果与教学目标达成度,并分析原因,提出新一轮的教学计划、目标与举措。

三、LBL+TBL+PBL 教学法的实施效果

(一)培养了学生的综合能力和人文情怀

(1)培养了学生的自学能力,提高学习的主动性和积极性

其一,在线学习过程和测试有利于督促学生养

成自我管理的习惯。其二,学生课外要按老师在课前给出的学习大纲自我学习,提出解决相关科学问题的方案,培养了学生自我学习的能力。其三,课堂上老师要随机提问,学生要回答和讲解对知识点的学习理解。学生为了在课堂上正确回答问题,必须提前主动学习,课上能表达自如,由此增强了学生学习的主动性和积极性。

(2)培养了学生的团队合作协调能力,加强了学生的交流沟通能力

各个团队为了解决老师提出的科学问题,需要完成文献调研、文档整理、小组讨论记录、成果汇报、人员组织协调等诸多任务,这需要各团队的学生一起讨论、交流和分享,通过良好的组织协调能力和团队合作能力,最终形成一个合理的方案。多数学生坦言,交流沟通能力、语言组织表达能力在这一过程中得到提高。

(3)培养了学生的人文情怀

其一,学生个人观看在线视频的时长、线上测试的参与率和成绩直接影响团队的整体评价,所以学生逐渐形成了个人利益服从集体利益的荣誉感,进而积极主动地在团队中发挥自己的作用。其二,学生在整个学习过程中既有相互合作,又要有自己的观点,在讨论中达成统一意见。在这个过程中,他们体会到了分享的快乐、交往表达的快乐,既丰富了他们的情感体验,又培养了学生的团队精神。

在整个学习过程中,学生经历了由课程开始的畏难到最后的成就感、由起初的抱怨到最后的欣喜、由起初的羞于表达到最后积极参与讨论、由起初不愿起来回答问题到最后主动回答问题,他们实现了自我能力的认知与拓展。这些经历增加了他们的自信心,也增强了他们面对困难的勇气和克服困难的毅力。

总之,在这种混合教学法的推进过程中,学生不仅学到了课程知识,而且也有很多意外的收获,他们的表达能力、思维能力、交往能力都有了一定的提高。笔者开展的调查结果显示,90%的学生表示接受并喜欢这种教学法。

(二)考试成绩比较

表2给出了2017年春学期和2017年秋学期笔者在两个专业的平行教学班分别采用单一的LBL教学法和LBL+TBL+PBL复合教学法的期末试卷成绩,两个班期末考试卷的试题和评分规则均一样。从表2中可以发现,采用LBL+TBL+PBL复合教学法,学生的卷面成绩有所提高,高分率、及格率、平均分均有所升高,低分率有所下降。

表2 采用LBL教学法和LBL+TBL+PBL教学法的期末考试成绩对比

实施时间	教学方法	高分率/%	平均分	及格率/%	低分率/%
2017年春季学期	LBL	2.4	62.0	52.4	20.8
	LBL+TBL+PBL	9.3	65.2	63.0	16.7
2017年秋季学期	LBL	3.1	62.0	54.1	20.4
	LBL+TBL+PBL	9.1	67.6	72.7	11.4

注:及格(卷面分 ≥ 60),低分(卷面分 ≤ 50),高分(卷面分 ≥ 90)。

四、结 语

为了改变课堂教学气氛,提高学生的学习参与度和学习效果,培养学生的综合素质能力,在“分析化学”课程教学中引入LBL+TBL+PBL复合教学法,同时制定了适合复合教学法的学习效果考核方法,实现对学生学习过程和结果的双重考核。通过实施LBL+TBL+PBL复合教学法,学生的学习主动性与积极性增强,自学能力、语言表达能力、团队合作能力得以提高,人文情怀得以提升,“分析化学”课程期末试卷考试成绩较以往成绩明显提高。但是这一方法的顺利实施一方面需要学生配合,投入更多的学习时间,另一方面要求教师根据课程要求,熟练地控制课堂进度和引导学生学习。“分析化学”采用LBL+TBL+PBL教学法有待继续完善,主要是教师在科学问题设置、课堂教学进度把控等方面需要进一步提高,同时在线视频、作业、测试、考试等发布的时间节点有待优化,以更好地提高学生的学习主观能动性和教学效果。

参考文献:

- [1] 陈怀侠,王升富,张修华,等.现代分析化学课程教学改革与实践[J].大学化学,2018,33(12):8-11.
- [2] 魏丹毅,谢洪珍,胡宇芳.基于能力培养的分析化学过程考核模式[J].宁波大学学报(教育科学版),2018,40(6):104-108.
- [3] 李敏晶,于晓彩,何洁,等.英才班《分析化学》课程考核方式改革的探索与实践[J].当代教育实践与教学研究,2018(6):70-71.
- [4] Witt P W F. Audio-visual methods in teaching[J]. Audiovisual communication review, 1954, 2(4): 291-298.
- [5] 于述伟,王玉孝. LBL、PBL、TBL教学法在医学教学中的综合应用[J]. 中国高等医学教育,2011(5): 100-102.
- [6] 李晓丹,张少林. PBL:一种新型的医学教育模式[J]. 第一军医大学分校学报,2004,27(1): 88-90.
- [7] 吴刚. 基于问题式学习模式(PBL)的述评[J]. 陕西教

育:高教版,2012(4):3-7.

- [8] 曹净植. PBL与TBL两种教学模式之比较[J]. 教育教学论坛,2014,20(5):88-89.
- [9] 马少华,应志国. PBL、TBL、CBE三种教学法的比较研究[J]. 中国高等医学教育,2012(10):109-110.
- [10] 朱肖菊,王晓杰,朱朝辉. PBL与TBL教学法的比较及其利弊分析[J]. 课程教育研究:新教师教学,2014(7):191-191.
- [11] 张楚延. 大学里,什么是一堂好课[J]. 高等教育研究,2007,28(3):72-75.
- [12] 师亚莉. 基于小组的学习(TBL)教育方法研究[J]. 西安邮电大学学报,2013(z1):24-26.
- [13] 胡兆华,艾文兵,简道林. TBL教学模式的实施过程及其在我国医学教育中的应用现状和前景[J]. 中国高等医学教育,2011(8):105-106.
- [14] Michaelsen L K, Bauman K A, Fink L D. Team-based learning: A transformative use of small groups in college teaching [M]// Team-Based Learning: A Transformative Use of Small Groups. Praeger, 2002: 287-289.
- [15] 张小凡,周伟丽. PBL教学模式的实践效果研究[J]. 教育教学论坛,2018(2):174-176.
- [16] 闫飞. 小议大学化学循环式PBL教学模式的研究和构建[J]. 化学工程与装备,2017(10):311-313.
- [17] 蔡少君,彭湘红,赵东. PBL+TBL教学模式在材料专业综合实验中的应用[J]. 江汉大学学报:自然科学版,2018,46(1):55-57.
- [18] 冯亚青,杨光. 理工融合:新工科教育改革的新探索[J]. 中国大学教学,2017(9):16-20.
- [19] 胡波,冯辉,韩伟力,等. 加快新工科建设,推进工程教育改革创新:“综合性高校工程教育发展战略研讨会”综述[J]. 复旦教育论坛,2017,15(2):20-27.
- [20] 张凤宝. 新工科建设的路径与方法刍论:天津大学的探索与实践[J]. 中国大学教学,2017(7):8-12.
- [21] 周开发,曾玉珍. 新工科的核心能力与教学模式探索[J]. 重庆高教研究,2017,5(3):22-35.
- [22] 李华,胡娜,游振声. 新工科:形态、内涵与方向[J]. 高等工程教育研究,2017(4):16-19.

(责任编辑:陈丽琼)