

分析化学实验课程的分层次混合式教学研究与实践

庄媛^{1,*}, 姚喆², 李建强², 柴成文¹

¹ 北京科技大学自然科学基础实验中心, 北京 100083

² 北京科技大学化学与生物工程学院, 北京 100083

摘要: 为适应我校分析化学实验课程发展的需求, 通过改革课程内容、将课程内容模块化、设置必做和选做实验、开展实验小组教学、建立“要点”评分机制等措施, 构建了一套针对不同专业和学生的分层次、有特色的分析化学实验教学体系。探讨了分层次教学体系下, 实验分组、选做实验开展、试剂准备等具体操作模式。在课程教学过程中开展了“线上线下”相结合的混合式教学探索, 提高学生实验积极性和学习兴趣, 实现多元化教学。

关键词: 分析化学实验; 分层次教学; 教学模块; 选做实验; 混合式教学

中图分类号: G64; O6

Research and Practice of Stratified and Blended Teaching in Analytical Chemistry Laboratory Course

ZHUANG Yuan^{1,*}, YAO Zhe², LI Jianqiang², CHAI Chengwen¹

¹ Basic Experimental Center for Natural Science, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, P. R. China.

² School of Chemistry and Biological Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, P. R. China.

Abstract: The experiences of stratified teaching in analytical chemistry laboratory course were discussed. Through reforming the curriculum and teaching materials, modularizing the instruction content, offering compulsory and optional experiments, dividing and improving the examination and evaluation mechanism, a stratified teaching system for different majors and students was established. The specific mode such as the grouping principle of the experiments, implement of selective experiments and the experiment preparation were discussed under stratified teaching system. Blended Learning was used to make the learning process more effective.

Key Words: Analytical chemistry experiment; Stratified teaching; Modular teaching pattern; Selectable experiment; Blended learning

随着高校专业划分的精细化和高校扩招带来的生源差距变大, 传统的教学方式不能满足不同学生的学习与发展需求^[1]。分层次教学基于学生不同特点, 运用适合的教学方式, 引导学生发挥自身优势并在学习中更好地成长, 满足学生兴趣、职业目标^[2]和能力锻炼目标的不同需求, 是现代大学教育教学改革与发展的重要方向。

我校分析化学实验课程作为专业必修课, 面向全校化学、生物、材料、环境四个专业开设, 分

收稿: 2017-12-11; 录用: 2018-04-04; 网络发表: 2018-04-13

*通讯作者, Email: zhuangyuan@ustb.edu.cn

基金资助: 北京科技大学 2017 年度本科教育教学改革与研究面上项目(JG2017M62)

别为 80、64、32、16 学时。通过对分析化学实验课程进行改革,构建了一套针对不同专业和学生的分层次、有特色的分析化学实验教学体系,教师根据教学要求设置必做实验,学生可根据自己的兴趣、职业目标等选做实验,增加了教学内容的针对性和学生实验的自主性,在教学过程中开展混合式教学模式探索,取得了良好的教学效果。

1 分析化学实验分层次教学要求

基于学科、专业差异的分层次教学是优化教学体系、明确培养目标的重要方面。在分析化学实验教学中,不同专业的教学要求不同,如化学专业对基础操作训练的要求更为严格,环境专业更侧重分析化学实验在环境分析中的应用。不同学生对分析化学实验课程的学习需求也不同,如有些学生基础较为薄弱,如果设置的实验过于复杂,实验难以完成,达不到循序渐进的学习目标;有些学生基础较好、兴趣广泛、学习能力强,想在本专业继续深造,希望选择难度稍大,步骤较复杂的实验。这就对分析化学实验课程的分层次教学在专业分层次和不同学生分层次两个方面提出了要求:根据不同专业对分析化学实验相关知识与能力的需求,设置适合这一专业的某一层次的实验课程;同一专业的不同学生根据自身知识基础和职业目标,可以选择适合自己的某一层次的实验。也就是说,课程教学既要达到专业对学生培养的要求,又要因人而异,符合学生的不同需求。

因此,本课程在分层次设置中,对于分专业的分层次课程设计,主要根据专业的培养目标设置;对于不同学生的分层次课程设计,通过设置多种可选实验,进行分层次差异化教学。在设置必做和选做实验时,要求必做实验体现专业的培养要求,选做实验以本学科的应用型实验为主,以其他专业领域的拓展型实验为辅。

2 分析化学实验分层次教学体系建设

2.1 基于专业特色,明确教学大纲

教学大纲和培养要求是课程专业间分层次的依据。基于专业特点,本课程制定了四个专业的“课程教学大纲”和“专业实验技能考核大纲”(表 1),化学专业以分析化学检测的专业型实验、训练标准化分析测试流程为侧重点,生物、材料、环境专业以基础实验和各自分专业经典、特色的实验为侧重点。四套培养方案对应了实验课程的四个层次教学,作为分析化学实验分层次教学体系建设的指导。

表 1 不同专业的分层次教学内容与培养要求

专业	教学内容	培养要求
化学	分析化学实验基础操作、四大化学滴定实验、设计实验、研究型实验、分析测试的质量控制	进行严格的基础操作训练,掌握各类滴定操作的基本原理和常用方法,了解标准化分析测试流程,掌握复杂样品分析方法,培养实验设计能力和科学素养
材料	分析化学实验基础操作、钢铁冶金样品常用分析方法、材料专业常用仪器分析方法	掌握一般的基础操作,了解并使用各类仪器进行样品分析,了解有机、无机、金属材料的常用分析手段
生物	分析化学实验基础操作、生物专业常用样品分析方法、常用仪器分析方法	掌握一般的基础操作,了解并使用各类仪器进行样品分析,了解样品的常用分析方法
环境	分析化学实验基础操作、环境相关样品分析方法、常用仪器分析方法	掌握一般的基础操作,了解并使用各类仪器进行样品分析,了解大气、水、土壤样品的常用分析手段

2.2 改革实验教学内容

教学内容的与时俱进和实验内容的丰富是分层次教学的基本要求。因此,设置系统性、实用性、

多学科、分层次的教学内容与实验,是建立分层次教学体系的基础。

在教学内容改革建设的过程中,通过调研高校分析化学实验教材,总结教学经验与教学特色^[8-11],编写了系统全面的教学讲义,包括基础知识部分和系统性实验内容。

将现行国家标准方法编入实验教材,增加课程实用性。国家标准方法是分析检测工作中较为成熟、常用的方法,在分析化学实验教学和日常样品检测过程中,参照化工、钢铁冶金、材料、环境、生物等学科相应的分析测试国家标准^[3-7],开展了一系列实验,建立了多种样品分析检测的基本的实验方法,将这些实验纳入课程教学内容。

此外,通过设置特色实验,引入研究型教学内容,采用“学生设计-教师指导-方案确定”的教学模式,激发学生实验热情,提高学生对知识的理解程度,锻炼学生研究能力,培养学生创新意识^[12]。

2.3 分层次教学模块划分

将分析化学实验教学内容按照分层次教学的要求进行模块划分,明确不同模块的教学目的和针对性,使分层次教学更具操作性。

分析化学实验分为基础知识和实验两部分,其中基础知识部分根据不同专业培养要求(表1),划分为分析化学实验基础知识模块和分析检测专业基础知识模块(图1)。分析化学实验基础知识模块面向所有专业学生;分析检测专业基础知识模块面向化学专业学生,包括实际分析检测的各种专业性内容,如分析检测中的质量控制等,这一部分也可供其他专业学生自学。

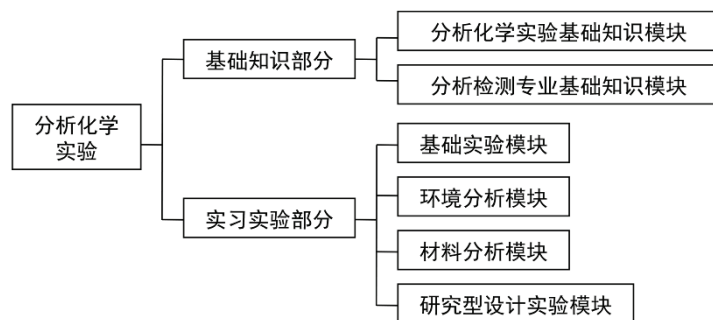


图1 分析化学实验课程模块划分

分析化学实验部分根据实验特点划分为四个模块(图1):基础实验模块、环境分析模块、材料分析模块和研究型设计实验模块。基础实验模块包括四大滴定的基本实验内容,如:盐酸与氢氧化钠的配制与标定、EDTA的配制与标定、硫代硫酸钠的配制与标定和硝酸银溶液的配制与标定等,教学目标是学会常用分析仪器的使用方法,掌握滴定分析的最基本内容。环境分析模块包括环境相关的气体、液体、固体的采样方法及化学分析,如:新装修房屋室内甲醛含量测定、河水的化学需氧量(COD)测定、循环冷却水中总有机碳(TOC)的测定等。材料分析模块包括金属材料、非金属材料、矿石等的成分分析,如:铁矿石中铁含量测定、合金中铜含量测定等。研究型设计实验部分主要为复杂物质的分析,如:茶叶中钙、镁、铁、铝的含量分析,硅酸盐中二氧化硅、三氧化二铁、氧化钙、氧化镁含量的测定等。研究型设计实验模块的教学目标是锻炼学生的综合分析能力,培养学生科研兴趣。

根据不同专业的人才培养要求,并从上述四个层次中选取实验。如环境专业的实验主要从基础实验部分和环境分析部分选取;材料专业的实验主要从基础实验部分和材料分析部分选取,从环境分析部分和研究型实验部分适当选取一些内容,供有兴趣的学生选做。

2.4 专业内分层次教学实践

为适应同一专业不同学生自身情况的差异,将所选实验项目划分为必做实验和选做实验。必做实验的设置以专业培养要求(表1)为依据。选修实验的设置考虑学生的不同职业发展方向,比如:对

于要在本专业继续深造的学生,为他们提供更加基础、深入的实验选择;对于本科毕业即参加工作或者有志于从事其他领域工作的学生,为他们提供应用性强、多元化的实验选择。通过选修实验的设置,学生根据兴趣选择并完成相应的实验,充分发挥学生的主观能动性,提高实验教学质量和教学质量。

一般情况下,必做实验从基础实验部分选取,训练基本分析技能,教师在必做实验前系统讲解各种仪器的使用方法,为后面的选做实验提供基础;选做实验从其他部分选取,学生可根据兴趣选择,提高学生的学习积极性和学习效果。学生从选做实验中所选实验学时数和必做实验学时数之和达到总学时数要求,即可完成课程。如:材料专业分析化学实验课程共 32 学时,其中必选实验占 8 学时,选做实验安排在必做实验后,占 24 学时,学生从 14 个选做实验(表 2)中选择 24 学时实验课即可。

表 2 分析化学实验中必选实验与可选实验设置(环境与材料专业)

实验类型	材料化学(32 学时)	环境工程(16 学时)
必选实验	盐酸与氢氧化钠的配制与标定(4) EDTA 溶液的配制与标定(4)	盐酸与氢氧化钠的配制与标定(4)
可选实验	酸碱滴定法测蛋壳中 CaO 含量(6) 配位滴定法测蛋壳中 Ca、Mg 总量(6) 铜合金中铜的配位置换滴定法(6) 间接碘量法测定铜合金中的铜含量(6) 阿司匹林中乙酰水杨酸含量的测定(6) 食用白醋中醋酸含量的测定(4) 铝合金中铝含量的测定(6) 铋铅混合液中 Bi^{3+} 、 Pb^{2+} 的连续滴定(4) 无汞盐 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法测定铁矿石中的全铁(4) 化学耗氧量(COD)的测定(高锰酸钾法)(6) 莫尔法测食盐中的氯(4) 丁二酮肟重量法测定镍盐中的镍含量(8) 邻二氮菲分光光度法测定铁(6) 茶叶中 Fe、Al、Ca、Mg 微量元素鉴定与定量测定(10)	EDTA 溶液的配制与标定及水的总硬度的测定(6) 阿司匹林中乙酰水杨酸含量的测定(6) 食用白醋中醋酸含量的测定(4) 氮肥中含氮量的测定(甲醛法)(6) 高锰酸钾法测定石灰石中的氧化钙量(6) 化学耗氧量(COD)的测定(高锰酸钾法)(6) 碘量法测定脂肪碘值(6) 莫尔法测水中的氯(4)

选做实验的设置提高了实验教学的实用性和灵活性,而实验总数的增加对试剂准备和教学方式提出了新的要求。随着实验数量的增加,教师需要准备的实验试剂种类变多,传统的一个教室的学生完成同一个实验的教学方式也不再适用于分层次教学的需求。因此,根据教学需要,课程将学生所选实验划分为“实验小组”,每个“实验小组”包括多个实验,安排在一个教室同时完成。“实验小组”的划分原则为,同一类型实验或学时数相近的实验安排的同一组。同一类型实验在实验方法、试剂种类等方面具有共性,安排在同一组可减少教师实验讲授和实验准备的工作量;实验学时相近的实验安排在同一组可提高实验室利用率,减少教师实验指导工作量。如,环境工程专业的可选实验中,“阿司匹林中乙酰水杨酸含量的测定”“食用白醋中醋酸含量的测定”和“氮肥中含氮量的测定”三个实验均属于酸碱滴定类实验,都包括酸或碱的配制与标定步骤,所用指示剂为酚酞或甲基橙,均需用到容量瓶、移液管、滴定管等实验仪器,将其划分为一个“实验小组”,在环境专业第二周分析化学实验课程中,实验室同时安排这三个实验。

2.5 适用于分层次教学的考核评价体系改革

在分层次教学过程中,不同层次学生的教学目标、学习目的不同,需要有分层次的考核评价机制,合理的考核评价体系能促进学生的学习热情,因此考核评价体系的改革是分层次教学改革的重要内容。我校分析化学实验根据课程分层次改革的特点,制定了系统的分层次考核评价体系。

表3 不同专业成绩构成

专业	成绩构成
化学	平时成绩 60% + 操作考试成绩 40%
生物	平时成绩 50% + 操作考试成绩 50%
材料	平时成绩 40% + 笔试成绩 60%
环境	平时成绩 40% + 笔试成绩 60%

针对不同专业课程特点,采用了不同的考核方式(表3)。对化学、生物专业来说,由于课时相对较多、注重学生基本操作技能训练,因此考核采取操作考试的形式,促进学生在平时的实验过程中规范操作,养成良好的习惯。对材料和环境专业来说,由于实验课时和实验数少,注重相关知识在其专业的应用,因此考核采取笔试的形式。

由于同一专业不同学生所选实验不同,需要对学生平时成绩进行客观评分。为了让学生根据自己的需求选择真正适合自己的实验,在不同实验的给分上不采取差异化对待,建立了“要点”评分模式(表4)。平时成绩的考核要点是实验预习、实验纪律、卫生情况、实验报告;操作考试的考核要点是实验基本素养、实验操作、实验结果、实验报告;笔试的考核要点是基础知识、基本操作、对实验步骤的理解。平时成绩考核注重学生实验习惯、技能的培养和对实验结果的分析能力,在实验的过程中允许学生犯错,操作具体步骤不纳入评分标准。此外,平时成绩对实验结果平行性不做要求,操作考试则要求学生的实验结果具有平行性。

表4 化学专业评分要点及成绩占比

成绩组成	评分要点	分数占比
平时成绩(60)	实验预习	5
	实验纪律	5
	卫生情况	5
	实验报告	45
操作考试(40)	实验基本素养	10
	实验操作	20
	实验结果	5
	实验报告	5

2.6 网络平台和选课系统建设

通过实验开放平台建设、实验选课系统建设、实验室开放等措施,提高学生选课自主性和实验自主性。在实验开放平台的设置上,明确教学实验室基本情况、实验室教学计划、实验教学大纲、实验教学计划等内容;在实验选课系统中,明确实验教材、实验项目和实验时间、考核办法等,学生可以根据专业特点和大纲要求,在校园网上自选实验项目和实验时间,发挥学生自主性;通过在一个实验室布置多个实验,并在实验时间上充分开放,进行实验室开放式教学。教师在实验指导的过程中,以实验为教学单位进行讲解,构建学生小班教学体验,提高教学质量。

3 混合式教学模式改革

课程进行了“线上-线下”结合的混合教学模式改革。线上教学采用微信公众号、“雨课堂”等形式。微信公众号主要用来推送实验仪器的基本操作教学视频、实验室安全知识、实验要求、预习报告和实验报告的撰写等内容,适用于各个专业的学生进行线上学习。“雨课堂”主要进行分专业的线上教学内容推送,不同专业的课程在“雨课堂”中分为不同班级,教师按照不同班级的课程进

度分别推送实验的基本流程、注意事项和实验中出现的问題等内容,同时学生在“雨课堂”中通过点击“不懂”和“收藏”按钮对教学内容进行反馈(图 2),增强课前师生互动,使实验讲解更有针对性。线下教学在实验室进行。在实验前,教师重点解决学生在“线上学习”中反馈的问题,在实验过程中进行针对性的指导与引导。混合式教学丰富了教学资源,学生在实验前能够更深入地了解实验过程,填补部分学生实验前理论知识的不足,在提高学习实验效率和教学效果等方面起到了积极作用。

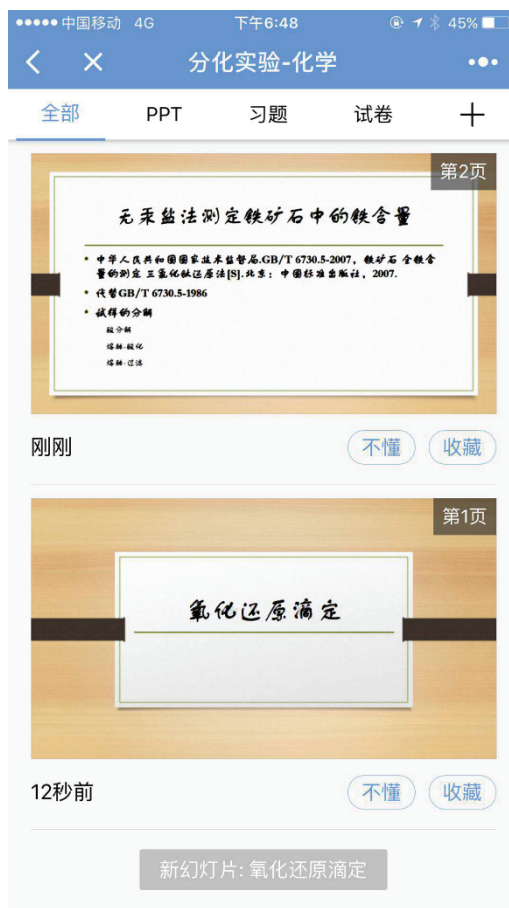


图 2 “雨课堂”学生端界面

4 应用效果

分层次教学在分析化学实验课程中应用两年来,课程可选实验总数达学生应选实验数的 2.5 倍,学生所选实验的数量与种类呈现多样化特点。对参与课程学习的学生进行问卷调查显示,增加可选实验数并实行分层次教学对提高学生实验积极性和学习兴趣等方面具有重要作用。

$$\text{平均综合得分} = \frac{\sum (\text{频数} \times \text{权值})}{\text{本题填写人次}} \quad (1)$$

问卷调查学生在选择实验时,专业相关性、个人兴趣、实验难易程度、能力培养四个方面重要程度的排序,其权值按重要程度依次递减为 4、3、2、1,通过式(1)计算每个方面的平均综合得分,平均综合得分越高表示重要程度越高,结果显示(图 3),学生选择实验时,更看重个人兴趣和专业相关性两个方面,最不看重实验难易程度。此外,参与调研的学生均使用过公众号和“雨课堂”进行线上学习。

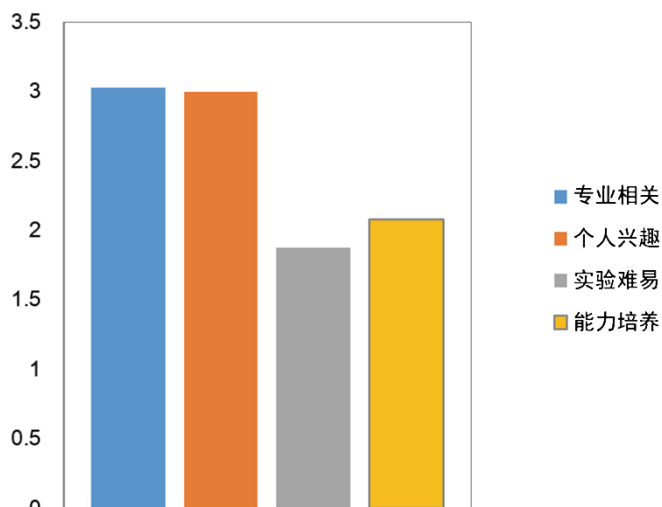


图3 可选实验选择依据调研

5 结语

分层次教学在分析化学实验课程改革中取得了良好的效果, 学生从被动学习到主动获取知识, 充分发挥了化学实验课程在培养创新型人才方面的作用。随着课程的发展、高校在培养人才方面的新思路和新要求以及学生在学习过程中的反馈, 课程体系和课程内容还需进一步完善。如更加科学地进行层次划分; 完善线上学习内容, 增加线上学习形式; 对每个实验的训练重点和难易程度进行详细说明, 便于学生根据自身情况进行选择; 进一步丰富课程内容, 及时更新实验项目, 开展研究型教学, 使课程与时俱进等。

参 考 文 献

- [1] 杨孝平, 俞军, 陈萍, 许春根, 王为群. 中国大学教学, **2006**, No. 3, 14.
- [2] 张立彬, 张功, 杨祖念. 大学物理, **2012**, No. 6, 50.
- [3] 中华人民共和国国家技术监督局. GB/T 6730.10-2014. 铁矿石硅含量的测定重量法. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [4] 中华人民共和国国家技术监督局. GB/T 3286.1-2012. 石灰石\白云石化学分析方法: 氧化钙量和氧化镁含量的测定络合滴定法和火焰原子吸收光谱法. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [5] 中华人民共和国国家技术监督局. GB/T 32116-2015. 循环冷却水中总有机碳(TOC)的测定. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [6] 中华人民共和国国家技术监督局. GB/T 29599-2013. 纺织染整助剂 化学需氧量(COD)的测定. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [7] 中华人民共和国国家技术监督局. GB/T 6730.5-2007. 铁矿石全铁含量的测定 三氯化钛还原法. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [8] 北京大学化学与分析工程学院分析化学教学组. 基础分析化学实验. 第3版. 北京: 北京大学出版社, 2010.
- [9] 孙尔康, 张建荣. 分析化学实验. 南京: 南京大学出版社, 2009.
- [10] 马忠革. 分析化学实验. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [11] 邓珍灵. 现代分析化学实验. 长沙: 中南大学出版社, 2002.
- [12] 庄媛, 刘杰民, 姚喆. 大学化学, **2017**, 32 (7), 44.