基于工程认证标准构建无机化学实验课程标准化教学大纲 ——以湖北大学化工与制药类专业为例

李玲*, 王凯, 王娟, 王峥, 张驰, 朱文华, 田丽红, 王应席

湖北大学化学化工学院, 武汉 430062

摘要: 新工科背景下, 基于工程教育专业认证标准的要求, 针对我校化工与制药类专业的无机化学实验信息化教学改革现状, 构建了标准化无机化学实验教学大纲。细化了课程目标, 关联了毕业要求与具体指标点, 增加了课程目标达成度评价, 实现课程评价的量化。标准教学大纲的构建有助于教师减少实验教学中的差异性, 并形成“目标导向”的教学理念, 提高课程建设的质量。构建我校化工与制药类专业第一门实践课程的标准化大纲, 为化工与制药类专业实践课程的标准化提供了参考。

关键词: 无机化学实验; 标准化; 教学大纲; 课程目标; 评价

中图分类号: G64; O6

Construction of Standardized Course Syllabus for Inorganic Chemistry Experiment Course Based on Engineering Certification: Taking Chemical and Pharmaceutical Specialty of Hubei University as an Example

Ling Li*, Kai Wang, Juan Wang, Zheng Wang, Chi Zhang, Wenhua Zhu, Lihong Tian, Yingxi Wang

College of Chemistry and Chemical Engineering, Hubei University, Wuhan 430062, China.

Abstract: Under the background of emerging engineering education, the standard course syllabus of inorganic chemistry experiment was constructed, on basis of the engineering certification standard and information technology aided teaching in inorganic chemistry experiment of Chemical and Pharmaceutical Specialties at Hubei University. The curriculum objectives were detailed, the graduation requirements and specific index points were related, the target achievement evaluation was achieved, and the quantification of the curriculum evaluation was realized. The construction of standard syllabus can help teachers reduce the differences in experimental teaching, and form a “target-oriented” teaching concept, which helps to improve the quality of course construction. Establishing a standard course syllabus for the first practical course of Chemical and Pharmaceutical Specialties can provide a reference for the standardization of practical courses of chemical and pharmaceutical specialties.

Key Words: Inorganic chemistry experiment; Standardized; Course syllabus; Curriculum objectives; Evaluation

新工科是基于国家战略发展新需求、国际竞争新形势、立德树人新要求而提出的我国工程教育的改革方向^[1]。无机化学实验是我院工科专业(如化工与制药类专业)的第一门实践课程, 对专业人才的培养有不可忽视的作用。无机化学实验中, 通过完成不同类型的实验项目, 培养学生观察能力、

收稿: 2021-07-05; 录用: 2021-08-11; 网络发表: 2021-09-13

*通讯作者, Email: lingli@hubu.edu.cn

基金资助: 湖北大学教研项目(201976, 2021018); 教育部第二批新工科研究与实践项目(E-HGZY20202020)

动手操作能力、数据分析能力,也培养了学生求真务实的品质。通过每一次实验数据处理和实验报告的撰写,帮助学生养成独立思考的习惯,重点培养分析问题、解决问题的能力。然而,高校间工科背景的不均衡,实验室条件不同、授课教师的不同必然导致了教学的差异性,直接影响课程相关的毕业能力的达成,影响人才培养的质量^[2,3]。

“工程认证”也称为工程教育认证,是指专业认证机构针对普通高等学校所开设的工程类专业教育所实施的专门性认证。工程教育专业认证的核心是要确认工科专业毕业生达到行业认可的既定质量标准要求,是一种以培养目标和毕业出口要求为导向的合格性评价。在新工科的背景下,工科人才培养逐步转向突出工程能力培养和训练^[4]。课程体系建设是提升人才培养质量的重要环节之一,课程是专业人才培养的基础和依托,课程教学大纲是课程建设的源头,也是课堂教学运行的指挥棒^[5,6]。但是大多数高校的无机化学实验教学大纲,只是对课程目标、实验内容和实验考核进行规划,缺少目标达成度评价。工程教育认证的核心理念是以学生为中心、成果产出导向(OBE)和持续改进^[7]。课程目标的达成是工程教育认证标准中毕业要求达成的核心,其达成度评价也是毕业要求达成度评价的重要基础。基于工程教育认证标准构建无机化学实验标准化大纲,从而进一步规范无机化学实验教学,为建立工程类实践课程的标准体系提供参考。

1 构建基础

我院的无机化学实验教学针对工科和理科实验项目不同,考核方式由平时实验操作成绩与期末操作考试综合决定。考核方式如表1所示。

表1 实验考核方案

平时实验成绩(60%)			期末操作考试(40%)	
实验预习(20分)	实验操作(25分)	实验结果(25分)	实验报告(30分)	(满分100分)

但是实验考核方案中,均未指出与课程目标的关联,缺少目标达成度评价。缺少量化指标,导致教师在实验教学的过程中缺少目标导向。自2019年9月开始,我院无机化学实验教学开始融入信息化教学手段,为过程性考核提供了很好的平台。因此,需要将原来的课程大纲进行修订。基于工程认证标准和原有的实验大纲的基础进行改造,构建标准化教学大纲。

2 构建标准化大纲

2.1 课程基本信息

在原有的课程信息的基础上,补充详细的考核方式。在信息化背景下,补充了课程的教学方式,对授课教师也提出了统一的要求。在考核方式中明确指出,由预习测试(超星学习通发布的预习测试)代替原有的检查预习报告的方式。补充了关键词,不仅反映了课程的核心内容,也是指导教师在实验教学中把握教学的重点。课程基本信息如表2所示。

2.2 细化课程目标

结合无机化学实验的课程基本信息,以及《工程教育认证通用标准解读及使用指南》(2020版)相关要求和内容,细化了课程目标,具体如下:

课程目标1(知识目标):掌握化学实验的基本方法和基本技能,掌握常用仪器、装置的使用方法,掌握设计合成无机化合物的基本原理和制备方法。

课程目标2(能力目标):培养学生细致地观察和记录实验现象的习惯,养成通过现象看本质的化学逻辑关系,培养归纳、综合、正确处理数据的能力,培养独立分析、解决问题的能力。

表2 课程基本信息

项目	具体内容
课程名称	无机化学实验
授课专业	化工与制药
课程性质	专业基础课程
学分/学时	2/32
教学方式	SPOC混合式教学
考核方式	平时成绩(预习测试、实验操作、实验结果、实验报告)、操作考试
关键词	基本操作技能、反应原理、无机盐的合成、常数的测定、元素性质的验证、规范操作、真实性、反思性
教材	《无机及化学分析实验》(王升富, 周立群等主编, 科学出版社, 2009年, 第1版)
参考书	《无机化学实验》(北京师范大学无机化学教研室编, 高等教育出版社, 第3版) 《基础化学实验I》(山东大学, 山东师范大学等高校合编, 化学工业出版社, 第1版)

课程目标3(育人目标): 培养学生安全生产意识和环保意识, 培养诚实公正、诚信守则的职业道德, 培养学生的协作精神和求真务实的科学品质。

在《工程教育认证通用标准解读及使用指南》中, 毕业要求第四项研究中明确指出: 能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究, 包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。无机化学平时实验考核包括预习测试、实验操作、实验结果和实验报告。实验操作反映学生的实际动手操作能力, 与毕业要求中的3个指标点“能构建实验系统, 安全地开展实验, 正确地采集实验数据”对应; 实验报告的撰写则考查学生处理实验数据、对实验现象进行分析、得出结论的能力, 与毕业要求中第4个指标点“能对实验结果进行分析和解释, 并通过信息综合得到合理有效的结论”对应。实验预习测试中涉及废液的处理、安全操作和环保意识的考查; 实验数据的如实记录, 培养求真务实、实事求是的诚信意识; 通过两人合作完成的实验培养学生的协作精神, 通过单人单组实验培养学生深入分析问题的能力, 这些均反映在每一次实验的实验结果中。因此, 预习测试和实验结果与第八项职业规范中的第二个指标点“理解诚实公正、诚信守则的工程职业道德和规范, 并能在工程实践中自觉遵守”对应。基于此, 将课程目标与毕业要求关联(表3), 并赋予权重值, 从而为后续课程目标达成度评价奠定基础。

表3 课程目标与毕业要求的对应关系

课程目标	毕业要求	指标点	权重
课程目标1	毕业要求4: 研究	4-3 能选用或搭建实验装置, 采用科学的实验方法, 安全地开展实验, 正确采集实验数据	0.4
课程目标2	毕业要求4: 研究	4-4 能对实验结果进行分析和解释, 并通过信息综合得到合理有效的结论	0.4
课程目标3	毕业要求8: 职业规范	8-2 理解诚实公正、诚信守则的工程职业道德和规范, 并能在工程实践中自觉遵守	0.2

2.3 实验内容与思政元素、课程目标对应

我校化工与制药专业的实验内容共有7项, 根据具体实验内容, 细化了融入实验教学中的思政元素, 并将实验内容与课程目标对应, 如表4所示。

2.4 课程目标与考核方式的关系

考核遵从原有的考核方案, 如表1所示。唯一不同的是, 基于校内SPOC课程中心建设的与实验项目相关的视频与拓展阅读素材, 无机化学实验教学采用SPOC混合式教学。学生进行线上预习, 课堂教学以讨论为主。在实验课前10分钟, 基于智慧教学工具“超星学习通”进行随机预习测试, 满分20分, 测试成绩记录为预习分数, 其余考核方式均相同。针对我院化工与制药专业的必修无机化

学实验项目，在改进的考核方式的基础上，与课程目标相关联。每一个课程目标的考核方式均包括平时实验和操作考试的考核。课程目标评价计算公式：依据对学生的考核结果(包括平时实验、操作考试)，进行课程对各毕业要求指标点的达成度评价价值计算公式如下：

$$\text{评价价值} = \frac{\sum B_i \times C_i}{\sum A_i}$$

总成绩的分值由3个课程目标的分数组成(记为 i , $i = 1, 2, 3$)，各课程目标总分值分别为 A_1 、 A_2 、 A_3 ，各课程目标平均分为 B_1 、 B_2 、 B_3 ，所占总成绩百分比 C_1 、 C_2 、 C_3 。

表4 实验内容对应的思政元素

实验内容	思政内容	思政元素融合点	学时
仪器的认领、洗涤与安全教育	规范操作，废液处理，尊重实验事实	安全意识、环保意识、实事求是	4
试剂的取用和试管操作	规范操作，废液的处理，实验现象如实记录		4
量气法测定镁的摩尔质量	实验装置中的搭建，合作实验的分工及配合	理论联系实际的学习方法；诚信、	4
pH法测定乙酸电离度与电离平衡常数	仪器的规范操作，合作实验的分工与配合	友善和互助的价值观	4
粗食盐的提纯	除杂工艺的设计，实验操作安全	安全意识，环保意识，深入分析问	5
硫酸亚铁铵的制备	“变废为宝”的环保理念，实验操作安全	题的能力	6
由胆矾精制五水硫酸铜	影响产量的实验关键步骤，分析问题的能力		5

2.5 评价标准样例说明

2.5.1 过程性考核(平时实验成绩考核)

过程性考核按“实验预习-实验操作-实验结果-实验报告”四个方面。预习测试在学习通上进行，总分值20分，实验操作和实验结果各25分，实验报告30分。预习测试考查相关的实验注意事项，考查学生的安全意识或环保意识；实验结果一方面要求学生尊重实验事实、如实记录实验现象，也要求学生在合作实验中有协作精神。因此，这两项的分数总和为课程目标3对应的分数。实验操作考查学生的动手能力，分数为课程目标1对应的分数；实验报告则要求学生处理实验数据，计算相关常数，进行误差分析；或者分析现象，得出结论，考查学生分析问题、解决问题的能力，分数为课程目标2对应的分数。以2020级化工与制药专业的一名学生杜某某的实验成绩为例，根据表1的考核方案给出每一次实验的成绩，实验结束后以平均值计入实验总评成绩。并将实验内容分别对应课程目标1-3，计入平时实验成绩统计表(表5)。

表5 平时实验成绩详细统计表样例

姓名	评价内容	实验1	实验2	实验3	实验4	实验5	实验6	实验7	总评
杜**	实验成绩(100分)	85	83	86	86	81	81	88	84
	课程目标1 (25分)	21	21	22	23	20	22	22	21
	课程目标2 (30分)	24	25	23	22	23	23	25	24
	课程目标3 (45分)	40	37	41	41	38	36	41	39

2.5.2 终结性考核(期末考核)

以操作考试的方式进行期末考试，操作考试总分为100分。实验操作考试中涵盖基本的实验操作和制备实验的重要操作。基本实验操作，如称量、溶解、常压过滤和减压过滤等操作，其分数为课程目标1对应的分数；制备实验中的关键操作，如调pH、蒸发浓缩、滤液冷却和产品的洗涤等操作，

其分数为课程目标2对应的分数；实验产品的外观、产量和是否干燥，考查学生综合表现和考试诚信，其分数为课程目标3对应的分数。以2020级化工与制药类专业的杜某某同学的实验操作考试为例，按操作考试的评分标准进行评分，对最终操作考试给出百分制成绩，并将课程目标所对应的分数记录在考试统计表中，如表6所示。

表6 操作考试与课程目标关联成绩统计表样例

	考试操作考试										成绩
	称量 (5分)	溶解 (5分)	常压过滤 (20分)	减压过滤 (20分)	调pH (5分)	蒸发浓缩 (10分)	滤液冷却 (10分)	产品洗涤 (5分)	外观 (5分)	产量 (10分)	干燥 (5分)
杜**	4	4	15	15	4	10	10	5	5	8	5
	课程目标1所对应的分数(50分)				课程目标2所对应的分数(30分)				课程目标3所对应的分数(20分)		
	38				29				18		

2.5.3 课程目标达成度(综合成绩)评价

结合平时成绩(表5)中和操作考试(表6)中课程目标1–3的值计算总的评价值，计算公式如下：

$$\text{评价值} = \frac{\sum B_i \times C_i}{\sum A_i} \times D_i$$

总成绩的分值由多个部分组成(记为 i)，各课程目标总分值分别为 A_1 、 A_2 、 $\dots$ 、 A_i ，学生的实际得分为 B_1 、 B_2 、 $\dots$ 、 B_i ，所占总成绩百分比 C_1 、 C_2 、 $\dots$ 、 C_i ($\sum C_i = 1$)。课程目标占课程的权重比 D_1 、 D_2 、 D_3 。以2020级化工与制药类专业的杜某某同学的评价值为例，考试课程目标1–3，分别占总分的40%、40%和20%，得到课程目标达成度评价，如表7所示。

表7 课程目标达成度(综合成绩)评价表

	课程目标评价			
	考核内容	课程目标1	课程目标2	课程目标3
杜**	平时实验	0.336	0.320	0.173
	操作考试	0.304	0.387	0.180
	总评价	0.323	0.347	0.176

杜某某同学平时实验的课程目标 1、2、3 的评价值分别为 0.336、0.320 和 0.173，评价值之和为 0.829；操作考试的课程目标 1、2、3 的评价值分别为 0.304、0.304 和 0.323，评价值之和为 0.871，计算出该同学实验课程的总的评价值为 0.846。课程总评价值 ≥ 0.7 ，则认为此学生基本达到了该门课程的教学要求^[2]。

3 结语

无机化学实验课程教学大纲构建完成之后，须经教研室、学院(系)教学委员会、学校教学委员会三级审核通过后，才能正式作为学校的标准化课程教学大纲应用于教学运行。基于课程目标达成度评价和学科以及领域的发展，对实验内容进行适当的修订。标准化教学大纲为化工与制药类专业的第一门实践教学提供了明确的依据，一方面努力减小了教学的差异性，另一方面指导教师在教学过程中秉承“目标导向”的教学理念进行实验教学，加强无机化学实验课程的建设，在实现课程目标的同时实现人才培养目标。“化学工程与工艺”与“高分子材料与工程”专业的实验内容相同，因此该课程的课程目标及改造后的标准大纲同样适用。

参 考 文 献

- [1] 钟登华. 高等工程教育研究, **2017**, No. 3, 1.
- [2] 王凯, 张秀兰, 侯敏, 吴风收, 万春杰, 张珩, 蒋尹华. 化工高等教育, **2016**, 33 (5), 6.
- [3] 党雪平, 王凯, 陈怀侠, 周吉, 何瑜, 曾嵘. 化学教育, **2020**, 41 (8), 13.
- [4] 曾嵘, 任玉, 杨世芳, 刘建文, 王凯, 党雪平. 大学化学, **2021**, 36 (1), 2008002.
- [5] 王存文, 王凯, 张珩, 胡中功, 王忠, 杨艺虹. 药学教育, **2010**, 26 (3), 1.
- [6] 巩建闽, 萧蓓蕾. 高等工程教育研究, **2020**, No. 3, 143.
- [7] 王保健, 陈花玲, 杨立娟, 王永泉, 张铁山, 段玉岗. 实验室研究与探索, **2018**, 37 (8), 162.