

无机及分析化学实验中立体化评价体系对新生自主学习的引导作用

王薇^{1,*}, 董立军¹, 郭礼荣¹, 黄勇¹, 崔志常²

¹ 兰州大学化学化工学院, 兰州 730000

² 城阳区教育和体育局教研室, 山东 青岛 266109

摘要: 针对一年级学生开设的无机及分析化学实验, 承载着大中衔接的重要任务。课程以学生发展为中心, 围绕教学目标, 根据评价阶段与评价主体, 采用“多维度-重过程-促能力”的立体化评价模式, 通过过程性与终结性评价的有机结合, 有效引导新生持续改进学习方法、调控学习过程、提高自主学习能力, 使学生体会探索、实证、创新、协作等科学精神的重要性。

关键词: 无机及分析化学实验; 大中衔接; 立体化评价; 自主学习

中图分类号: G64; O6

The Guiding Effect of a Stereoscopic Evaluation System on Freshmen's Self-Directed Learning in Inorganic & Analytical Chemistry Experiments

Wei Wang^{1,*}, Lijun Dong¹, Lirong Guo¹, Yong Huang¹, Zhichang Cui²

¹ College of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China.

² Teaching and Research Office, Education and Sports Bureau, Chengyang District, Qingdao 266109, Shandong Province, China.

Abstract: Inorganic and analytical chemistry experiments for first-year students play a crucial role in bridging the educational gap between university and high school. Centered on student development and aligned with teaching objectives, the course employs a stereoscopic evaluation system characterized by “multi-dimensional, process-focused, and ability-enhancing” criteria based on evaluation stages and subjects. This system combines formative and summative assessments, effectively guiding freshmen to continuously refine their learning strategies, manage their learning processes, and improve their self-directed learning capabilities. Additionally, it helps students appreciate the significance of scientific values such as exploration, empirical evidence, innovation, and collaboration.

Key Words: Inorganic & analytical chemistry experiments; University-high school connection; Stereoscopic evaluation; Self-directed learning

一年级新生刚进校时都充满学习热情, 梦想成就一番事业, 但大多数学生进入高校后都会有程度不同的学习困扰, 调整不好会产生消极情绪, 主要原因是高中生自学能力相对薄弱, 面对陌生的大学教学体系、繁杂的教学内容及快速的教学节奏, 未能及时调整适应, 若不加引导, 可能会出现留级或退学的后果。

收稿: 2024-08-10; 录用: 2024-09-16; 网络发表: 2024-12-09

*通讯作者, Email: wangwei@lzu.edu.cn

基金资助: 兰州大学教育教学研究项目(2024); 兰州大学课程思政示范课程建设项目(2023); 兰州大学课程类课程思政案例库及其教学指南教学研究项目(2021)

无机及分析化学实验是高校为化学类学生开设的第一门专业基础实验课程，是衔接中学化学和大学化学的重要桥梁，也是后续有机化学实验、物理化学实验等课程的坚实基础。在这门注重动手能力与实践技能训练的課程中，建立全面、客观、科学与公正的立体化评价体系，可以督促学生调整学习方法，重视过程性学习，培养自主学习能力，增加合作协作能力，更快适应从中学到大学的身份转变，从而最大程度提升课程导学与促教的功能，保证知识、能力与育人目标的全面实现^[1-4]。

1 立体化评价体系的构建背景

1.1 大、中教学存在的主要差异

中学教学中，教师重视课堂教学、注重知识点的深化，课堂练习密集，课后通过大量的习题演练巩固知识点，教学效果较大程度依赖于教师，学生自主学习能力相对欠缺，主观能动性未能充分发挥。大学教学内容更深更广，但课堂时间非常有限，教师通常以点带面讲授重点。学生则需要充分预习，听讲时抓住重点与难点，还需要课后及时复习、摸索规律、拓展知识。由此可见大学的学习效果很大程度依赖学生的自觉性与主动性，因此培养与提升自主学习能力相当重要。

1.2 学情分析

化学是一门建立在实验基础上的学科。《普通高中化学课程标准(2017年版)》^[5]中明确指出，高中化学必修课程包含五个主题，首当其冲的就是“化学科学与实验探究”。化学高考中的实验题也成为了检验考生实验基本知识、动手能力和化学学科思维的重要载体。但即使有高考这个“指挥棒”的存在，目前实施的纸笔型试题，最大的弊端就是无法真实评测实验操作技能，高中化学教师在进行实验教学时，也会不自觉地针对考题，将重点放在实验原理的阐述上，忽略了实验技能的提升，部分地区囿于经济条件等，实验教学沦为“纸上谈兵”，很多学生的实验技能仅停留在教材和自己的想象中，并未真正应用在双手间。通过对本校2023级化学专业的部分学生的问卷调查可知，高中阶段做过化学实验的学生占比77.46%，说明实验教学并未完全覆盖到中学教学中；高中阶段做的实验项目中，84.51%为教材内容，15.49%为教材外内容，如草酸合铁酸钾的合成、碘化钾晶体的合成、甘氨酸合铜的制备、大象牙膏等。调查结果说明，大一新生的实验技能差距不小，因此在大学实验教学中，需要面向不同程度的学生，既要夯实大部分学生的基础实验操作，还要为程度较好的学生拓展实验的深度与广度。

信息化素养高的零零后学生，习惯“互联网+”学习环境，对新事物有很强的接受能力，对自我展示有浓厚的兴趣，但实践创新能力不足，缺乏深入分析能力与逻辑思考的能力。如果在实验教学阶段，因势利导，采用学生感兴趣的课程载体，以目标完成度为引导，可激发学生的学习热情和积极性，促使其自主思考，提升实践创新能力。

2 立体化评价体系的构建

2.1 构建思路

我校针对化学专业学生开设的无机及分析化学实验，共180学时，分两个学期完成，第一学期108学时，以无机化合物的制备与鉴定为主线，包括实验基本技能训练、化学原理及常数测定、简单无机物的合成、容量分析、元素性质检测等；第二学期72学时，以综合性和研究性实验为主，包括复杂无机化合物的合成和组成分析、样品处理与表征方法的确立等。

课程围绕多层次教学目标，建立“多元化-重过程-考能力”的立体化评价体系(图1)，将过程性评价与终结性评价相互结合^[6]，将教师评价、生生互评与学生自评相穿插，每个教学阶段均设置了科学合理的赋分机制，尊重学生的个体差异，引导学生强化学习动机，激发学习兴趣，帮助学生学会对自身学习情况进行反向监控，帮助学生更加真实、精确地评价学习成效，助力学生多元发展。

2.2 构建基础

无机及分析化学实验课程基于泛雅与学习通平台系统，建立了更贴合教学要求的录课、微课资

源(图2), 采用以学生为中心的问题引导式教学方法, 辅以翻转课堂教学, 利用现代信息技术手段, 如问卷星、微信、学习通平台交流群等, 实现了网络教学、资源互享、学习跟踪记录、测试与成绩管理、互动交流等, 使评价主体更加丰富、评价形式更加多样。

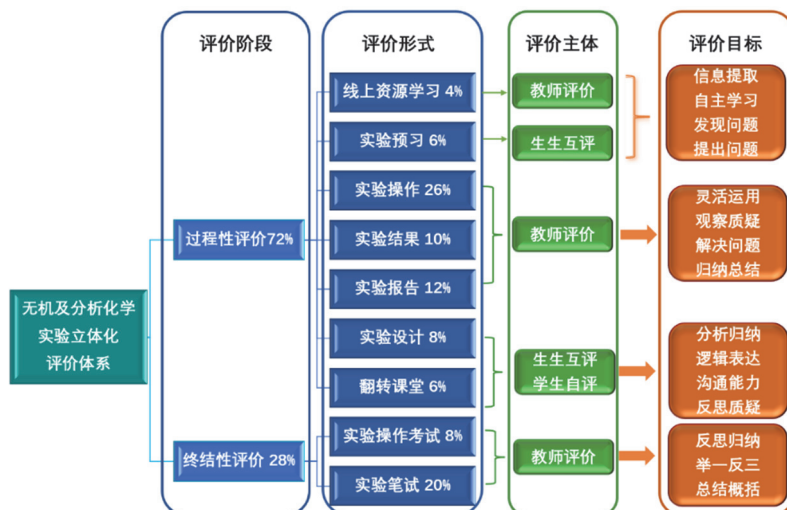


图1 无机及分析化学实验立体化评价体系

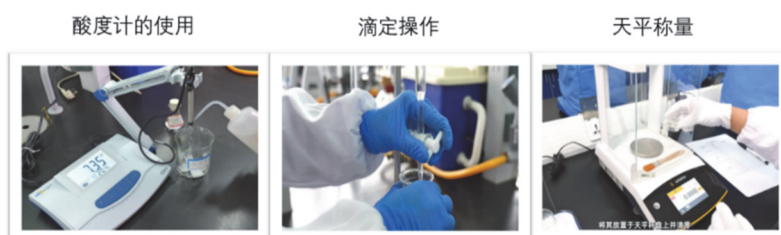


图2 无机及分析化学实验微课视频

3 立体化评价体系的实施

本课程的总评成绩由过程性评价与终结性评价两部分构成^[7](图1)。过程性评价占总成绩的72%, 由线上资源学习、实验预习、实验操作、实验结果、实验报告、实验设计、翻转课堂七个部分构成, 考查了从预习到实操、从线上到线下、从独立操作到相互协作的各个层面, 评价主体涵盖了教师与学生, 从不同角度进行外部评测和自身评测。终结性评价占总成绩的28%, 由实验操作考试和实验笔试两部分构成。评价体系多层次、多角度、可量化, 不仅教师评测有标准, 学生也能及时、准确、客观地了解自身学习情况, 有效促进学生养成良好的学习习惯。

3.1 线上资源学习与实验预习

预习是提升学生自主学习能力的的重要途径。教学团队制作了电子教案、课件、录课、微课等资源, 开课上传至学习平台, 助力学生的高效预习。“线上资源学习”作为评测环节之一(图3), 占总成绩的4%, 教师可随时记录学生的学习情况, 并对参与度低的学生进行学习预警。但任务完成率不能等同于预习效果, 为此教师上课前检查预习报告, 讲解时抽取学生讲解原理、步骤或演示操作, 保证每学期学生都有机会进行1-2次的讲解或者演示。通过激发学生的学习动力, 使学生有效内化知识点, 提高学习效果和参与学习程度^[8], 此项考核占总成绩的6%。

3.2 实验操作、实验结果与实验报告

课程团队坚持几十年如一日的预备实验、集体备课等工作, 课前统一教学要求, 统一考核标准,



图3 无机及分析化学实验I的线上资源统计及学生任务完成统计图例

消除教师的主观印象带来的偏差。每次实验中教师均要对学生的操作与结果进行现场打分，再对提交的报告进行批阅、打分与反馈。课程实行标准班教师配置，每班约25–30人，配备两名指导教师和一名研究生助教，师生比为1:15，教师分工合作，能从不同角度进行合理有效的考评。

实验操作占总成绩的26%，评分标准从安全到操作、从仪器选择到控制条件、从独立完成到团队合作，通过细化与量化指标评价方式^[7]，将计划、实践、观察等列入考核范围，对学生运筹规划能力进行了训练，也促使学生具备一定独立工作的能力。实验结果的准确性与可靠性是整体实验水平表现，包括了读数的完整性、数据展示的清晰性、记录的规范性、结果的准确性与精确性、作图规范性等，此项占总成绩的10%。实验报告占总成绩占12%，考核指标包括报告的条理性、书写的规范性、结果的讨论和实验反思，教师根据评价细则赋分(表1)。考评结果及时反馈，以便学生根据自身问题进行改进与提升。考核标准分层次、多角度，提升了学生实事求是的科学态度和严谨求实的科学精神。

表1 实验操作、实验结果、实验报告评价考核标准

评价阶段与分值	实验操作26分		实验结果10分		实验报告12分	
	操作	素养	数据	结果	报告书写	对结果的讨论与反思
分值	18	8	4	6	6	6
评价标准	安全规范	安全意识	读数完整	准确性	书写整齐	实验结果解释清晰
	仪器选择	纪律卫生	数据清晰	精确性	描述清晰	现象分析到位
	条件控制	团结协作	记录规范	作图规范	表格设计合理	操作有合理反思
	操作熟练	时间统筹			问题回答正确	分析结果的可靠性
	观察充分					

3.3 实验设计与翻转课堂

实验设计能够最大化地提升学生的自学能力和学习积极性。课程采用翻转课堂教学方式，学生在课前查阅文献、相互讨论、合作探究，上课时在教师引导下，通过展示成果、互相交流，实现知识吸收与内化^[9,10]。

团队选取有代表性的经典实验，将天然水硬度的测定、硫酸四氨合铜(II)的制备及组成分析等设置为设计性项目^[11]，教师在开课前两周将每5名学生分为一组，每组学生在任务驱动下，查阅文献、设计步骤、提交方案，教师进行批阅并提出修改建议，学生进一步完善。上课时方案不同的小组推

选学生进行讲解，方案相似的其他组同学进行补充，各组学生在实验中验证自己的方案。实验结束后的总结也由学生亲历亲为，学生以组为单位，分析各组实验结果，学生代表讨论结果的准确性与可靠性、解释实验中出现的异常现象、提出方案的进一步改进之处，进行不同方案的比较^[12](图4)。实验设计占总成绩的10%，翻转课堂占总成绩的6%，这两项考核既有生生互评又有学生自评，教师将评分标准发给每个小组(表2)，每组学生根据细则对自己和其他组同学进行评估与考核。自评是对实事求是的科学态度、严谨求实的科学精神，以及反思质疑的科学素养的培养；生生互评则能有效激发学习的自主性和进取性。



图4 天然水硬度测定实验翻转课堂实施情景

表2 实验设计与翻转课堂评价考核标准

评价阶段与分值	实验设计10分			翻转课堂6分		
评价内容	方案设计 的科学性	试剂与仪器 的选择	结果的预测	实验讲解	实验结果	操作与改进
分值	6	2	2	2	2	2
评价标准	方案有充足的论据，步骤合理详实且科学	规划合适的实验试剂与仪器	根据理论知识给出可靠的实验结果	讲解的条理性与清晰度	结合理论知识讨论结果的准确度与可靠性	反思错误操作，解释异常现象，提出改进方案

3.4 实验操作考试

操作考试实验安排在学期末。团队选取操作点多的综合性实验进行考核，考核占总成绩的8%。教师无讲解，学生根据实验步骤自行完成实验，当场处理数据、提交结果。考核采取竞赛评分准则(表3)，两位指导教师和研究生每人负责8-10名学生，对基本操作、完成度、数据记录、准确性、精确度等一一评分，将评价结果进行汇总与反馈，使学生能更明确地知道自己的问题所在。

3.5 实验笔试

期末笔试占总成绩的20%，笔试采用闭卷考核方式，统一考试、集中流水阅卷，统一评卷。试题由任课教师共同命制，每位教师负责1-2个实验的试题内容，主讲教师进行统稿，做到学期实验项目全覆盖。题型包括选择题、填空题、简答题、论述题、画实验装置图等5种题型，客观性试题分数占比小于等于30%。笔试集中考查了学生对实验原理、实验操作、数据处理与分析的掌握程度，通过主观题中的实验设计部分，拓展了实验的深度与广度。

4 效果

4.1 学生评价

通过问卷星对2023级化学专业的73名学生进行问卷调查，收集学生对立体化评价体系的反馈意见，其中71名学生参与了问卷调查。在“哪个教学环节对学习能力提升最明显”的调查中，学生对

翻转课堂和实验设计这两个环节最为认可, 总计为87.32%(图5)。根据学生的需求, 团队在实验项目中逐年增加了小型设计型内容, 如草酸合铜酸钾的制备与组成测定实验中, 要求学生自行设计铜离子含量的测定方案, 进行翻转课堂的实验学时也由4学时增加到8学时, 提高了学生的课堂参与度, 促进了学生自主思考的深度学习过程。

表3 草酸合铜酸钾的合成与草酸根含量分析评分标准

考核主题	考核项目	考核标准	分值	备注
合成 14分	煤气灯的使用	能调节火焰大小; 异常火焰会处理	2	各1分
	反应条件控制	原料充分溶解; 反应控温得当; 反应后冷却方法正确	3	各1分
	抽滤操作	滤纸大小合适; 转移溶液操作正 确; 使用安全瓶规范	3	各1分
	抽滤时固体的 转移与洗涤	转移介质正确; 洗涤操作正确	4	各2分
	产品性状	产品为蓝色针状或片状晶体; 晶型与颜色合适	2	各1分
称量12分 (未用分析天 平全扣)	称量容器选择 及称量操作	称量瓶减量法称量; 称至250 mL 锥形瓶中; 减量称量手法正确, 回敲规范	7	未使用称量瓶扣2分, 未称至250 mL锥形瓶扣2分; 称量手法不正确扣1分; 未回敲扣2分。 带水容器进天平扣4分
	称量质量范围	称量质量位于称量范围内	2	超出称量范围处置不当扣2分
	称量素养	天平整洁; 戴手套操作; 读数规范	3	样品洒落扣1分, 未带手套称量扣1分, 未关门读数扣1分
	滴定操作 18分	滴定管准备	润洗; 检漏; 排气泡	3
	滴定操作	滴定管读数规范; 滴摇配合, 姿势优美; 滴定速度合理	3	各1分
	洗瓶的应用	洗瓶吹洗规范	1	未用洗瓶扣1分
	温度的控制	水浴控温, 温度计的位置合适	4	未控温在75-85 °C扣2分; 温度计若在 锥形瓶内取出未冲洗扣2分
	终点的判断	能判断终点变化	1	颜色过深扣1分
	平行实验	平行滴定至少三次	6	每少测一次扣2分, 多测不扣分
数据记录及 结果处理 20分	记录及表格设 计5分	数据记录完整; 记录产品性状; 表格设计合理	6	未记录原料质量扣1分, 未记录产量扣1分, 未记录产品性状扣1分, 未计算产率扣1分; 未设计滴定表格扣2分
	产量	理论产量的90%以上不扣分, 每减少5%扣1分, 最多扣4分	4	产品未干燥扣2分
	百分含量	理论含量49.75%	4	←47.9%扣4分 ←48.4%扣3分 ←48.9%扣2分 ←49.4%扣1分 →50.1%扣0分 50.1%扣1分 →50.6%扣2分 →51.1%扣3分 →51.6%扣4分
	相对偏差	计算相对偏差, 且数据合理	4	最大相对偏差, 3%-5%扣1分, 5%-8%扣2分, 8%-10%扣3分, 10%-12%扣4分。无计算全扣
	有效数字计算	掌握有效数字运算规则	2	体积、含量有效数字各1分
实验素质 6分		统筹时间、桌面整洁、 仪器摆放合理	6	重做扣3分, 无废液缸扣1分、 仪器损坏(损坏一件扣2分)
总分			70	

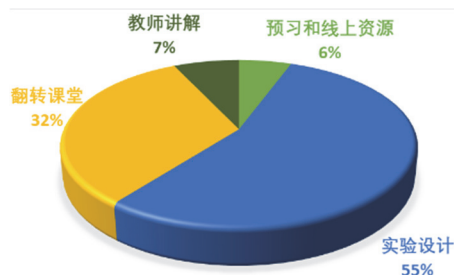


图5 促使学习能力提升明显的教学环节调查统计结果

4.2 学习效果

通过学校本科质量检测体系对本课程的调查,在“课程有明确、恰当的考核评教方法,重视对学习过程的考核”的评分中,学生给出的均分为6.87(满分7分);在“通过本实验课程学习你的实践能力比以前提高了”的评分中,均分为6.64(满分7分)。调查结果说明立体化评价体系,突出了学生的主体地位,不但增强了学生自主学习的积极性、主动性,而且提高了教学质量和人才培养质量。

通过实验课程,我院培养的学生动手能力强、实验操作规范,综合素质高。本科生近5年在学科竞赛中获省级以上奖项48项,获国家级、省级创新类奖项26项,包括全国大学生化学实验邀请赛一等奖2项,全国大学生化学实验创新设计竞赛特等奖3项,中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛金奖2项等。

5 结语

无机及分析化学实验课程,针对大中教学中的差异性,围绕人才培养目标,建立立体化评价体系,引导学生快速适应大学学习方式。量化、多层次、多角度的立体化评价体系,不仅能使学生准确客观地评价自身学习目标的完成度,提升对自身学习情况反向监控的能力,更高效地提升学习效果,还能帮助教师实施全方位教学质量监控、时刻检验教学成效、寻找教学中的问题及原因,进而探索针对性的改进措施。

未来课程团队将通过更多的学生调查与回馈,不断优化评价的维度与评价等级,简化评价流程,提升评价标准的科学性与合理性,为本科一年级学生提升自主学习能力、强化动手与思辨能力的培养打造坚实的基础。

参 考 文 献

- [1] 梁永锋,龙冬梅,张志峰,赵文霞,安玉民. 化学教育(中英文), **2019**, *40* (8), 18.
- [2] 鲁厚芳,赖雪飞,周加贝,龙沁,谭光群,赵强,何菁萍,章洁,张涛. 化学教育(中英文), **2023**, *44* (12), 7.
- [3] 王薇,董立军,吕东煜,黄勇,何疆. 大学化学, **2023**, *38* (2), 90.
- [4] 赖雪飞,谢川,龙沁,廖立,周加贝,何菁萍,鲁厚芳. 大学化学, **2016**, *31* (6), 16.
- [5] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版). 北京:人民教育出版社,2018.
- [6] 党延峰,马晓飞. 大学化学, **2023**, *38* (2), 77.
- [7] 邹晓川,王喻秋,代秦琴,张迪,李懿华,王贵凤,唐瑗,王存,石开云. 大学化学, **2022**, *37* (4), 2111048.
- [8] 刘萍,韩莉,陈虹锦. 化学教育(中英文), **2023**, *44* (18), 17.
- [9] 贾雪平,丁津津,朱玥,缪建文,葛存旺,张跃华,葛明. 大学化学, **2023**, *38* (1), 56.
- [10] 赵卫光,关英. 化学教育(中英文), **2023**, *44* (24), 43.
- [11] 董立军,杜鹏程,陆广农,王薇. 大学化学, **2024**, *39* (4), 361.
- [12] 楚进锋,靳兰,宋宇飞. 大学化学, **2024**, *39* (2), 248.