

迈向能力本位：大学物理实验考核模式的系统重构与深度实践探索

柳叶, 刘芬芬, 金靓婕, 刘洁, 郭冰

海军航空大学航空基础学院, 山东 烟台

收稿日期: 2026年4月26日; 录用日期: 2026年5月21日; 发布日期: 2026年5月28日

摘要

目前的大学物理实验课程考核很难有效地对学生科学探究素养、工程实践能力和创新思维等高阶目标做到精准评价和充分培养。为了旨在缓解传统教学评价模式下存在的“重操作轻思维、重结果轻过程、重统一轻个性”等问题, 本文以成果导向教育(OBE)和建构主义学习理论为指导思想, 在既有的工作基础上构建了围绕学生能力发展的、全过程的实验综合评价新体系, 并从实验设计、过程实施、数据分析、反思批判以及创新迁移这5个方面建立了过程性评价指标, 首次尝试采取基于严格能力认证的分级达标与弹性修读的新制度, 经过一学期的教学试验对比得出如下结论: 首先提高了学生课堂学习的专注度; 其次增加了学生自我驱动型学习的积极性; 最后强化了学生的解决复杂问题的能力。理论分析与教学实践均表明该改革为工程教育背景下的实验类课程考核评价模式转型提供了新的可能。

关键词

物理实验教学, 考核评价改革, 过程性评估, 能力本位, 弹性学习路径, OBE理念

Towards a Competency-Based Approach: Systematic Reconstruction and In-Depth Practice Exploration of the Assessment Model for University Physics Experiments

Ye Liu, Fenfen Liu, Liangjie Jin, Jie Liu, Bing Guo

School of Basic Sciences for Aviation, Naval Aviation University, Yantai Shandong

Received: April 26, 2026; accepted: May 21, 2026; published: May 28, 2026

文章引用: 柳叶, 刘芬芬, 金靓婕, 刘洁, 郭冰. 迈向能力本位: 大学物理实验考核模式的系统重构与深度实践探索[J]. 交叉科学快报, 2026, 10(3): 802-807. DOI: 10.12677/isl.2026.103095

Abstract

At present, the assessment system for university physics experiment courses is difficult to effectively and accurately evaluate, as well as fully cultivate, students' higher-order goals such as scientific inquiry literacy, engineering practice ability, and innovative thinking. To address the problems of "emphasizing operation over thinking, outcomes over process, and uniformity over individuality" existing in the traditional teaching evaluation model, this paper, guided by the concepts of Outcome-Based Education (OBE) and constructivist learning theory, establishes a new comprehensive and whole-process experimental evaluation system centered on students' ability development on the basis of existing work. Process-based evaluation indicators are established from five aspects: experimental design, process implementation, data analysis, critical reflection, and innovative transfer. Meanwhile, a new system of graded certification and flexible learning based on strict competency authentication is adopted for the first time. A one-semester comparative teaching experiment shows the following conclusions: first, it improves students' concentration in classroom learning; second, it enhances students' enthusiasm for self-driven learning; third, it strengthens students' ability to solve complex problems. Both theoretical analysis and teaching practice indicate that this reform provides a new possibility for the transformation of the assessment and evaluation model of experimental courses under the background of engineering education.

Keywords

Physics Experiment Teaching, Assessment and Evaluation Reform, Process-Based Assessment, Competency-Based, Flexible Learning Pathways, OBE Concept

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 问题审视：传统考核模式与高阶教学目标的结构性矛盾

大学物理实验是理工科学生接受系统科学方法训练和工程实践启蒙的核心课程，其根本宗旨在于引导学生亲历“提出问题 - 设计实验 - 分析数据 - 得出结论”的完整科研流程，从而培养其严谨求实的科学态度、系统化的工程思维和勇于探索的创新精神[1]。然而，反观当前多数高校所采用的考核方式，其导向与上述高阶教学目标之间存在着深刻的结构性矛盾。

传统考核方式具有明显 3 个特点：一是终结性，注重于学生的最终的实验报告成绩，没有考查学生的思维的变化过程、应变能力以及小组的协作；二是标准性，使用统一评分标准评分，忽略了学生的前期基础、学习方法、学习兴趣的不同，无法给学有余力的学生增加难度，没有难易区分；三是片面性，只侧重于考察学生的操作的正确程度，考察数据的对错问题，但是对于实验的设计是否合理，误差分析做得怎么样，所提方案有没有相应的推理加以支持等问题都未能给予评分[2]。

实践证明这种考核方式会带来严重的反作用。学生容易产生缺乏探究性的实践，追求“数据漂亮”，回避异常，存在弄虚作假和剽窃的风险。更重要的是，它会引导学生错误地认识实验课的作用，认为实验课是用来验证已经知道的知识结论的课程，而不是用来探索新事物、不断试错与创新的课程。此外，对于学生来说具有很好的诊断性功能、可以有效激励能力发展和助推个性化发展的新型考核方式还未形成，这也制约着我们进一步深化实验教学改革、提高培养质量。

2. 理论基础与核心理念：由“考核分离”迈向“评学融合”

本文的改革是以成果为导向教育 OBE 理念[3]与建构主义学习理论为基础的设计思路，也就是站在期望达成的能力成果反推当下到底学到了什么的问题，使得考核本身成为了一个不断检查是否学到、是否有反馈、能促进什么样的能力发展的工具而非教学完之后的一个终结性工具。从建构主义的角度看，知识是在一定的情景下，通过个人的主动建构得到的，所以应该关注到学习者如何进行构建以及构建过程中的理解程度，从而给予具体的评价[4] [5]。

根据以上标准确定了这次考核改革的核心指导思想。

(1) 过程性评价的全程嵌入：系统化地把评价贯穿于预习准备、课堂探究、数据处理、报告反思以及拓展应用等全过程的学习中，将考核作为驱动学生学习并给予即时反馈的“形成性”的评价工具，而不是单纯评判学生成绩的“总结性”评价工具。

(2) 能力本位的多维观测：以是否注重对学生“知识再现”和“技能模仿”等单一能力进行考查转变为注重对“实验设计能力”“系统调试能力”“数据分析能力”“批判反思能力”“迁移创新能力”等多元复杂能力进行考查。

(3) 个性化发展的路径支持：承认并尊重学生的个体差异和多元的个性化潜能；设置公开、公平、高标、透明的弹性认证通道，学生可证明自身已经具备的对应能力而得到学习路径豁免权，实现因材施教以及学分认定方式的创新。

3. 系统方案设计：构建“五维过程评价 + 两级弹性认证”融合模型

为落实上述理念，我们设计了“五维过程评价体系”与“两级弹性认证机制”深度融合的改革模型。

3.1. 五维过程性评价指标体系的构建与实施

该体系旨在对学生实验学习全过程进行立体化、精细化画像。具体评价体系见表 1。

Table 1. Construction and implementation of the five-dimensional process evaluation indicator system

表 1. 五维过程评价指标体系的构建与实施

维度	权重	评价内容	实施方式
前瞻设计与理论准备	15%	彻底改变原来的预习报告模式，着重考核学生的实验原理是否掌握了(不是简单的记忆)、有没有设计出自己认为合理的实验方案、对可能遇到的关键性的问题是否做了预判、是否有安全风险评估意识。	采用“线上理论测试 + 设计方案提纲”方式。线上理论测试以选择题和简答题为主，考查学生对核心原理的把握；设计方案提纲则要求学生提前确定好实验步骤、实验中要选择的参数以及预测的现象。
实践过程与现场表现	30%	过程性评价。包括：① 规范操作和安全意识；②探究调试及问题解决(对异常数据的敏感度、故障诊断的逻辑性和自主性地去修改相关参数)；③团队合作和沟通效率(自己在整个小组中做了什么、是如何做贡献以及如何发挥自己的特长)。	对学生的关键行为进行记录；鼓励学生用手机等拍照手段记录下过程中的关键操作步骤、现象等，拍摄成图像、视频资料留作过程佐证材料；利用小组间互评机制作为评价参考之一。
数据记录与科学处理	20%	强调科研规范。评价数据记录的原始性、即时性、规范性；评估学生运用软件(如 Origin, MATLAB, Python)进行数据可视化、拟合分析、不确定度综合评定的能力；考察其对数据可靠性进行初步判断的意识。	检查原始记录(要求实验报告数据部分如修改需教师签字)。审阅数据处理电子文档，关注其代码或操作的规范性、图表的美观与科学性、不确定度计算的完整性。

续表

报告撰写与批判反思	25%	改革实验报告核心,大幅度提高“分析与讨论”部分内容的权重,不仅要分析出产生系统误差和随机误差的原因,而且还要对实验方法本身的缺陷、实验装置的不足之处提出改进意见,同时要对物理的本质内涵深入剖析,对“失败”或“非预期”的结果做出合理的解释及深刻反思。	为学生准备的反思性评价模板只是一个引导,要鼓励学生形成自己独特的反思;借助于同龄人初筛和教师终审相结合的方式培养学生批判、分析和评价的能力。
综合应用与创新迁移	10%	评价学生将所学知识技能迁移到新情境或进行初步创新的能力。	提供“菜单式”选择,如:完成一项与基础实验相关的拓展性微课题研究;或撰写一篇针对某类实验技术或仪器的文献综述与评析;或参加学期末的“综合设计挑战赛”等,在限定条件下完成一个开放性实验任务并进行答辩。

3.2. 两级弹性修读与能力认证机制

为支持个性化发展,设立与过程性评价标准同质等效但形式不同的能力认证通道[6],如图1所示。

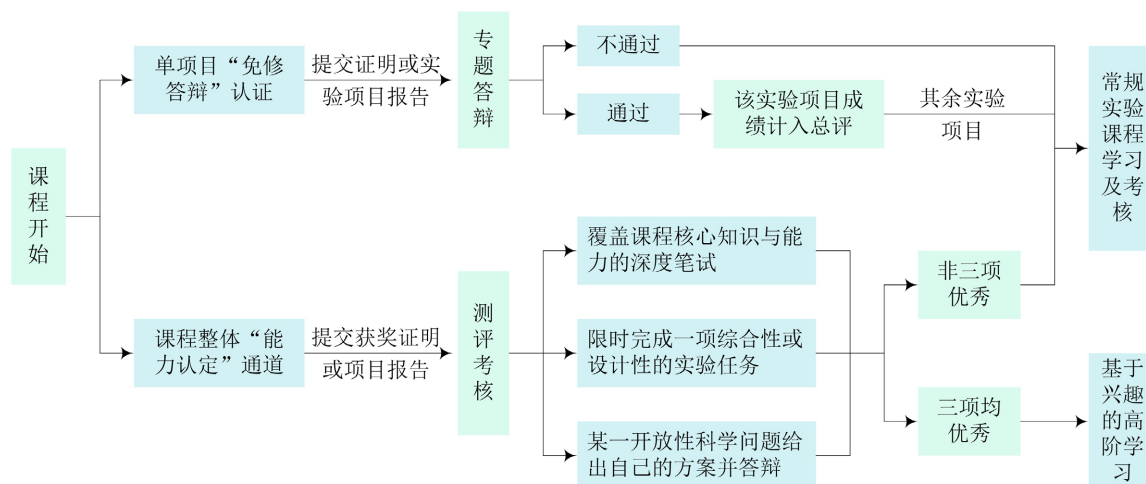


Figure 1. Two-tier flexible curriculum and competency certification mechanism

图1. 两级弹性修读与能力认证机制

(1) 第一级: 单项目“免修答辩”认证

适用对象: 有某一个特定实验项目的研究经历(参加了相关的科研训练或者比赛), 或者是一个学习能力非常强的学生。

认证流程: 学生首先将前期学习成果证明和深化学习的实验项目报告交给课程组审核通过后方可参加两名教师组织的专题答辩。内容包括实验原理的深入理解、多方法对比、误差分析等具有新意的体会。

成绩认定: 答辩通过者可免做此实验的全部常规操作、无须再上交实验报告书, 以答辩表现成绩为准(一般按A档算), 计入总评。

(2) 第二级: 课程整体“能力认定”通道

适用对象: 学生前期物理实验报告成绩优秀且在物理实践领域表现优秀的同学, 如参加过省级以上

物理实验竞赛并获奖，或者作为主要成员完成了高度相关的科研项目。

认证流程：学生提供权威获奖证明或项目结题报告等证明材料，提交至课程组进行综合评审，初评合格者进入“综合能力测评”。测评考核方式：① 覆盖课程核心知识与能力的深度笔试；② 限时完成一项综合性或设计性的实验任务(包含隐蔽故障)；③ 针对某一开放性科学问题给出自己的方案并进行汇报答辩。

成绩与学分认定：所有综合测评符合优秀，可获得本课程学分且成绩评定为“优秀”，学生的精力可以放在更高阶的学习上。

4. 实践效果评估、问题反思与持续改进

本改革方案在我校的大学物理实验课程中进行了为期一学年(两学期)的系统性试点，选取四个平行小组作为实验组，与传统考核班级进行对比研究。

4.1. 实验设计补充说明

本次试点严格遵循对照实验设计原则，确保实验组与对照组的同质性，为实验结果的可靠性提供基础，具体实验设计补充如下：

研究对象选取：选取我校修读大学物理实验课程的 8 个平行小组，共 160 名学生作为研究对象，随机分为实验组(4 个班级，80 人)和对照组(4 个班级，80 人)。所有班级均由相同的 4 名授课教师承担教学任务，教学内容、实验项目、课时安排完全一致，且学生在年龄分布、高考物理成绩、高等数学成绩、前期基础性实验考核成绩基本相同，仅考核方式不同(实验组采用本文设计的“五维过程评价 + 两级弹性认证”模式，对照组采用传统终结性考核模式)。

4.2. 量化与质性成效分析

(1) 学习行为与态度转变：实验组学生的课堂有效提问次数、小组讨论深度、课后主动咨询频率均显著高于对照组。问卷调查显示，超过 88% 的实验组学生认为新的考核方式“更能激发思考”、“让学习过程更有目标感和成就感”，显著高于对照组(52.5%)。

(2) 能力提升表现：在参加的“大学生物理实验创新设计竞赛”校内选拔赛中，实验组学生的参赛项目增多且质量较高，选题大部分偏向于解决生活、生产的实际问题，方案设计具有一定的创新性；而实验组学生的期末综合设计项目报告比对照组学生在方案设计的严谨性、数据的分析及评价的批判性等方面更高。具体来看，实验组参赛人数 42 人(参赛率 26.25%)，获奖 18 人(获奖率 42.86%)，对照组参赛人数 15 人(参赛率 9.38%)，获奖 3 人(获奖率 20.00%)，组间参赛率、获奖率对比差异显著。

(3) 弹性机制运行情况：试点期间共有 23 人次提出单项目免修答辩申请，获得通过 15 人次；有 5 人次提出全部能力认定申请，通过 3 人次，深受高水平学生的欢迎，得到学生们的认可，认为这是对其在课余时间的投入和钻研的认可，起到了挖掘学生潜在能力的效果。经统计，实验组高水平学生(前期基础实验考核成绩 ≥ 85 分)的学习满意度为 94.3%，显著高于对照组高水平学生(78.6%)。

4.3. 面临的挑战与反思

(1) 教学工作量与评价的专业性有着密切关系，过程性的评价需要投入大量时间、观察课堂教学并进行即时反馈，这无疑将加重一线教师的教学负担，并且很难保持所有教师评价的标准统一。

(2) 所谓免修认证的公平性和防舞弊，即保证免修认证的考核难度不低于甚至比常规学习路径下的综合表现还高，并且审核材料时杜绝弄虚作假。

(3) 小班教学可不可以做得更大一点呢？以生师比高的班级为例，要全面推行过程评价和实现完全

的个性化认证是很不现实的。

4.4. 持续改进方向

(1) 开发智能辅助评价系统:运用人工智能技术,比如对学生实验操作过程的视频做动作识别和分析、对实验报告的文本进行语义分析,为教师们提供客观数据作参考依据,减轻工作负担。

(2) 构建“能力徽章”的微认证体系,可以将课程总目标拆分为更多的能力子项,比如“不确定度分析能手”“电路故障排查专家”“优秀科学可视化作者”,并安排一定数量的任务供学生完成之后得到相应的数字徽章,并可利用学生所获得的徽章来组合成最后的成绩,同时赋予成绩一定的意义。

(3) 建立跨课程能力认证联盟:开放校内相关课程间的实验课能力认证标准和认证结果,探索跨课程的“实践能力护照”,建立学生实践能力成长记录库及能力评价体系。

5. 结论与讨论

关于大学物理实验考核的系统重构,实验教学是从“知识技能传授”转变为“核心素养培育”的一个重要杠杆。课程组通过探索、改革,设计出的基于“五维过程性评价与两级弹性认证”的融合评价模式,则是对考核方法的一次重造,更是对课程教学、学习的一个新的塑造。即将评价前移到了教学过程的中心位置,变为深度学习、个性发展壮大的动因;对学生从事科研训练本质的理解起到了良好的引领作用;促进了学生的实践创新能力和综合素养提高;对于工程教育认证下的“以学生为中心、以产出为导向”的持续改进提供了有效评价工具,也为以后的多学科的通用是一个有利的尝试,该模式还有待完善,接下来要加大在评价的技术化、认证的标准化等方面的力度,也要考虑在更多的学科适用,使之成为一所实验教学评价的一个有潜力的模型。

参考文献

- [1] 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会. 理工科类大学物理课程教学基本要求 理工科类大学物理实验课程教学基本要求: 2023 年版[M]. 北京: 高等教育出版社, 2023.
- [2] 刘存海, 柳叶, 等. “学为中心”理念下的大学物理实验课程考核评价体系的构建与前瞻性研究[J]. 教育进展, 2026, 16(1): 162-168. <https://doi.org/10.12677/ae.2026.161023>
- [3] 刘婷, 蒲贤洁, 徐玮婧, 等. 基于 OBE 教学理念的大学物理实验线上线下混合式教学实践[J]. 物理与工程, 2023, 33(4): 66-72.
- [4] 陈琦, 张建伟. 建构主义学习观要义评析[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 1998, 16(1): 61-68.
- [5] 黄晓生, 程敏熙. 发展性评价在大学物理实验教学中的应用[J]. 大学物理, 2008, 27(1): 46-50.
- [6] 樊英杰. 多元智能理论视域下的大学物理实验个性化教学体系研究与实践[J]. 物理通报, 2025(1): 116-119.