

# 基于移动微课的大学物理混合式教学探究

古家虹 杜龙\* 蒙家富

广西科技大学

DOI:10.32629/er.v9i9.7418

**[摘要]** 传统的横屏微课在移动终端播放时，普遍存在互动性不足、视听体验欠佳与知识整合不完善等问题。本文设计出一种竖屏模式的大学物理移动微课方案。该方案基于 TeX 脚本生成 PDF 演示文稿，通过优化排版，精简视频时长以及去除冗余视觉元素，在精炼内容的同时又突出了教学重点。该微课已被应用于大学物理混合式教学的课前预习、课堂讲解及课后复习等环节。面向地方高校理工科学生的问卷调查表明，学生虽对视频清晰度与声音效果评价较好，但对讲课节奏、内容深度理解及设备适配性却有了更高的要求。结构方程模型分析进一步显示，讲课速度与声音清晰度是影响视频质量的核心因素，面向适配移动设备的设计能够显著改善学习体验。此外，注意力集中与理解记忆对学习成效具有促进作用，眼疲劳则对整体体验产生不利影响。研究结论可为大学物理教学改革提供实证依据，并为未来微课的设计优化与互动性提升指明方向。

**[关键词]** 微课；移动终端；大学物理；统计调查

**中图分类号：**G642.0 **文献标识码：**A

## An Exploration of Blended Teaching of College Physics Based on Mobile Micro Courses

Jiahong Gu, Long Du\*, Jiafu Meng

Guangxi University of Science and Technology

**Abstract:** Traditional landscape-oriented micro-courses often fail to deliver a good learning experience on mobile screens, mainly due to weak real-time interaction, poor audiovisual effects, and a lack of proper knowledge integration. This study presents a portrait-mode design for college physics micro-lectures, aiming to solve these common visual and operational problems on smartphones. We used TeX scripts to compile high-quality PDF slides, which separates content creation from style rendering. Through layout optimization, shorter video lengths, and the removal of unnecessary visual elements, the final micro-lecture highlights the core teaching points more clearly. These new micro-lectures are now fully used in our blended learning courses. Students use them for pre-class preparation, while teachers rely on them for classroom discussions and post-class review sessions. According to our survey of science and engineering undergraduates, most students are satisfied with the video clarity and sound quality. However, they expect better lecture pacing, deeper explanations of physics concepts, and smoother device compatibility. Further analysis using a Structural Equation Model (SEM) shows that the teacher's speaking speed and sound clarity are the most critical factors for overall video quality. Additionally, designs tailored for mobile screens can greatly improve student satisfaction. The model also proves that high concentration and strong memory retention lead to better academic results, while screen-induced eye fatigue remains a major factor that ruins the user experience. In conclusion, these findings offer solid empirical evidence for reforming physics education and suggest clear directions for upgrading future micro-courses and interactive features.

**Keywords:** micro courses; Mobile terminals; College Physics; Statistical survey

## 1 引言

### 1.1 大学物理微课的现状

微课（Microlecture）发端于上世纪 90 年代英美高校的“一分钟讲座”<sup>[1,2]</sup>，后逐渐发展为全球教育领域的重要教学形式。2008 年，David M. Penrose 系统提出了微课创作理论，

确立了“内容精炼、重点突出、面向学习者”的三大核心原则，为后续的微课教学研究奠定基础<sup>[3]</sup>。随着教育信息化的迅速普及，微课教学模式自 2010 年引入我国后实现了本地化的快速推广<sup>[4]</sup>。相较于传统的课堂教学，微课具有“短小精悍、形式灵活、可差异化定制”等优势，在教育教学中展

现出广阔的应用前景。

目前，国内各大高校已制作并发布了大量的大学物理微课资源，内容涵盖力学、热学、电磁学、光学以及近代物理等多个领域。这些资源不仅包括原理讲解、公式推导，还涵盖了问题分析和实验演示，内容丰富且全面。此外，还配套有电子课件、学习文档和在线测试等多种资源形式。这些资源符合认知主义学习理论的设计理念，能够有效帮助学生理解并内化知识，从而提升学习效果<sup>[5]</sup>。

## 1.2 发展大学物理移动微课的必要性

智能手机的普及与高速通信网络的完善，直接推动了大学生知识获取方式的转变。权威统计数据显示，截至 2024 年 9 月，中国移动互联网活跃用户已达 12 亿<sup>[6]</sup>。其中，5G 用户人数逼近 10 亿<sup>[7]</sup>。5G 网络有效消除了高清视频的在线卡顿，为数字化教学资源的云端流媒体点播奠定了技术基础。目前，在校大学生的智能手机使用率已接近 100%，日均时长高达 3.8 小时<sup>[8]</sup>，其中有相当大的比例被用于网课点播与资料查阅<sup>[9]</sup>。鉴于学生的学习和生活作息已高度向掌上终端收敛，开发更适配手机屏幕的大学物理竖屏微视频，已成为高校物理教学改革无法回避的主流趋势。

传统横屏微课虽然在前期教学实践中发挥了积极作用，但在移动端适配和深度交互层面仍有优化的空间。首先，在互动性上，在传统微课中，学生只能被动观看，无法实时提问，学习过程较为单向。其次，在视觉呈现上，横屏摄制的视频在手机屏幕上的显示面积较小，学生不得不频繁放大画面，既影响观看体验，也降低了学习效率。再者，在内容组织上，微课虽便于碎片化学习，但也容易导致知识点的割裂，如果缺少知识图谱的串联，学习者容易陷入“只见树木、不见森林”的认知陷阱。此外，在移动端观看横屏微课时，用户常需来回切换屏幕方向，操作繁琐，难以满足学习者对流畅体验的期待。最后，传统横屏微课也未面向移动网络优化，无法兼顾用户对高清晰度与低码率的要求。由此可见，传统横屏微课亟待在互动性、竖屏适配与知识图谱等方面加以优化，以更好地服务移动端学习，并促进学习者认知体系的建构。

## 2 移动微课设计与混合式教学实践

### 2.1 移动微课的设计和制作

针对横屏微视频在移动终端点播时的局限，我们提出了六条面向移动微课制作的新方案。

**2.1.1 适配移动端屏幕：**视频画面采用宽高比 9:16 的竖屏版式，直接对齐了大多数手机屏幕的规格，大幅消除了竖屏播放时的屏幕冗余区域。

**2.1.2 基于 TeX 的高质量幻灯片：**将幻灯片的制作由常见的演示文稿软件（如 PPT），转向采用 TeX 脚本编译输出高质量 PDF 文件。这不仅实现了内容编写与样式渲染的分离，

保障了排版样式的统一和规范，便于团队协作，还使得文本、公式等均保持矢量级别的清晰度，确保了视频的画质。

**2.1.3 优化内容排版：**为适应手机屏幕尺寸，将画面中每一行文本压缩到了 20 字上下。通过精简文字和公式，突出核心要点。

**2.1.4 控制单集时长：**尽量将单集微课的时长限制在 10 分钟内。这能防范学生在长时间观看中出现分心和注意力涣散，更好抓住课程要点。

**2.1.5 去除冗余干扰：**画面背景被做了一次彻底的清空，没有主讲教师出境，也没有多余的特效。杜绝了视觉干扰，可进一步提升听课的专注度。

**2.1.6 合理分解知识点：**每一集视频仅聚焦于一至两个知识点。在确保单集内容独立且完整的同时，又要照顾到知识点之间的逻辑递进和衔接。

### 2.2 混合式教学应用

在实际教学中，我们将制作的移动微课全面融入大学物理混合式教学的全流程之中，考察其在课前、课堂以及课后各个阶段的真实应用成效。这些微课视频的引入，不仅旨在增强学生个体的自主学习能力，同时也为了提高大班实体课堂上的师生互动频率。

#### 2.2.1 课前阶段：微课引导预习，激发学习兴趣

在正式授课前，教师会将相关的移动微课上传至在线教学平台，并布置预习任务。这种教学方式以学习者为中心，能更好地引导他们带着困惑先行自学、提前在头脑中构建物理图像。教学实践表明，该方式能有效调动学生的学习主动性，学生在正式听课时能更快地跟上教师的讲授节奏，实体课堂上的听课负担和焦虑感也明显下降。以“质点运动学”这一章的教学为例，学生在课前就已经通过竖屏微课了解了位置矢量、瞬时速度与加速度等基本物理量，到了课堂讲解时，大家的听课兴致明显更高，对于后续高难度公式的识记与逻辑推演也变得更加顺畅。

#### 2.2.2 课堂阶段：差异化学习与自主推导

在课堂教学中，移动微课的灵活性可得到充分释放，尤其体现在需要自主推导的内容上。借助微课，学生可依据自身学习进度观看并理解较为复杂的推导过程，也可以灵活调整播放速度。这样的安排增强了学生的自主学习能力，也更符合差异化学习的要求。以“刚体转动惯量”的计算为例，由于该部分涉及多元微积分技巧，学生可自由选择播放速度，遇到高难度积分时可暂停或回放关键步骤，逐步掌握其中的每处细节。这种教学设计有效缓解了学生面对难点时的焦虑，使其能够更专注于物理思想的审视与理解。

#### 2.2.3 课后阶段：知识巩固与差异化拓展

在课后巩固中，移动微课作为复习工具，帮助学生巩固

课堂所学，并提供差异化拓展内容。学生可通过微课回顾课堂知识点，对需要推导的复杂过程，微课会给出详细步骤，帮助他们逐步掌握。以电磁学中的“电场与电势计算”为例，学生可观看完整的推导过程，深入理解每一步的计算原理。课后微课不仅支持跟随视频复习，还允许学生按需选择知识点，进行深度学习，加深对相关概念和技巧的理解。

综上，大学物理移动微课已贯穿课前、课堂与课后三个阶段。教学全流程已形成闭环。实证表明，该方案在课前可为课堂授课打好知识铺垫，在课堂上则支持学生按需把控学习进度，在课后则起到了定点巩固的作用。进一步推动了分层差异化教学的落地和优化。这一阶段的教学摸索初步验证了竖屏微视频在混合式教学改革中的成效，为高校同类基础课程的教学资源重构提供了参考。

### 3 问卷调查

#### 3.1 调查对象

本研究以地方一般本科高校的理工类本科生为调查对象。其中，工科专业的学生占比较高，这也符合多数地方理工类院校的实际专业人数比例。为了能让样本具备足够广泛的代表性，受访者涵盖了大二至大四等不同培养阶段的在校生。在性别构成方面，受访学生中的男女生人数也保持了与全校本科生相近的男女性别比例。这可以尽可能消除性别偏差对后续研究结论的潜在干扰。这种多元且均衡的样本构成，为后续评估移动微课的混合式教学效果奠定了坚实的实证数据基础。

#### 3.2 问卷设计的原则

为了保证问卷的科学性、合理性，并在后续数据分析中确保测量效度，本研究在结合相关文献与物理教学实务的前提下，制定了四项基本的设题准则。

首先，问卷编制严格遵循了必要性原则。题项设计必须紧扣本次移动微课教学改革的核心研究目标，坚决删除冗余的描述性杂质。此举能提炼出最高效的数据信息。其次，可行性原则是保障回收率的关键。问卷中的措辞不仅需要便于理工科受访者在掌上终端点播的碎片化间隙快速理解，在客观层面也要易于数据收集和后续结构方程模型的顺利运行。再者，简单性原则要求问卷在整体结构和语言表述上力求简洁。设题时坚决不使用生僻晦涩的专业辞令，并完全摒弃了过于繁琐的复合式题目。这能极大降低学生的答题心理负担。最后，整份问卷贯彻了礼貌性原则。在开头语与具体引导措辞中保持尊重和友好的态度，从而在提升受访本科生作答体验的同时，保证了回收数据的高可靠性与真实性。

#### 3.3 调查问题的制定

本项教改实证研究设计了一套包含13道题目的问卷。其根本宗旨是为教学改革提供数理据证。在整体架构上，前

三道题项（Q1至Q3）涵盖的性别、专业与年级等人口统计学数据，并不参与后续的分组分析。这部分基本信息仅用于前置的描述性统计。其余10个题项才是围绕移动微课核心的构成要素。依据既定教学理论的收敛要求，这部分观测指标被投射为下列的独立潜变量。

3.3.1 视频质量：文字与公式识别度（Q4）、声音清晰度（Q5）及讲课语速（Q6）共同测度此维度。其属于视听呈现。

3.3.2 设备偏好：受访学生在不同移动终端下的屏幕接触特征被此维度所记录。具体通过Q8与Q9的横竖屏点播倾向进行刻画。

3.3.3 学习成效：知识点理解度（Q7）、注意力集中度（Q11）与理解记忆效果（Q12）在此进行有机整合。其核心旨在客观评估微课对个体知识内化的学业贡献。

3.3.4 学习体验：该维度包含了衡量移动端主观便捷性的Q10。另外还囊括了经过反向编码处理的Q13。眼睛疲劳度作为核心生理反馈，在此起到负向监测作用。

这样的分组为后续运用结构方程模型（Structural Equation Modeling）分析各因素间的内在联系提供了理论支撑。

#### 3.4 问卷发放和数据收集

为了可以方便快捷地完成问卷调查，我们通过问卷星平台向受访学生发放电子问卷。待问卷提交后，平台则将搜集的数据导出为Excel文件，供后续统计分析。需要强调的是，我们会先对问卷做完整性检查，剔除无效作答（如作答时间过短），仅对有效数据进行统计。

### 4 数据分析

本研究采用结构方程模型深入分析问卷数据，系统探讨移动微课教学中视频质量、设备偏好、学习效果与学习体验等关键构念之间的联系<sup>[10]</sup>。结构方程模型有效融合了因子分析与路径分析的长处，可在控制测量误差的同时检验理论假设，进而揭示潜变量之间的因果路径。由于本研究的测量指标体系呈现出多维度特征（如视频质量对应文字、公式与图片辨识，设备偏好对应横屏与竖屏设备，学习效果对应知识的理解与记忆，学习体验对应移动微课相对传统微课的便捷性），采用结构方程方法既能保证模型契合实测数据，也可通过比较拟合指数（CFI）、渐进残差均方根误差（RMSEA）等拟合指数判断模型同数据的契合度。该方法在教育、心理学及社会科学领域应用广泛，为处理本研究的复杂问卷数据提供了理论与实证支撑<sup>[11,12]</sup>。

#### 4.1 描述性分析

通过线上问卷调查共回收有效问卷284份，样本涉及不同性别、专业与年级。其中，性别方面，男生236人（占比83.1%），女生48人（占比16.9%）；学科方面，工科专业

学生占比 70.77%，理科则占比 29.23%；年级方面，大二、大三、大四学生分别占 57.75%、24.65%和 17.61%。整体样本结构与地方一般本科高校理工科学生的分布基本吻合。下文分别从视频质量、设备使用偏好、学习效果与学习体验等四个方面对移动竖屏微课作实证分析。

#### 4.1.1 视频质量

视频质量以文字、公式与图片辨识（Q4）、声音辨识（Q5）及讲课速度（Q6）等方面来进行考察。结果显示，88.38%的受访者认为内容清晰可辨，90.85%对声音效果满意，但近40%反馈讲课速度偏快，说明教学节奏仍有改进空间。

#### 4.1.2 设备使用偏好

设备选择上，传统横屏微课多在笔记本或台式电脑上播放（73.24%）；移动竖屏微课虽为手机播放而设，却有 71.83%的受访者偏向电脑端，仅 18.31%选用手机。这表明用户设备习惯相对稳定，或更偏好大屏带来的视觉舒适度。

#### 4.1.3 学习效果

知识理解方面，仅 37.32%的受访者可以“完全理解”视频中的讲解，52.11%表示对部分内容存在疑问，39.08%认为移动微课有助于理解与记忆；可见整体虽有优势，但在知识传达上仍有改进空间。

#### 4.1.4 学习体验

便捷性上，40.14%的受访者认为手机观看更方便，36.97%则更偏好使用电脑观看，剩下的 22.89%认为二者差别不大；另有约 58.8%偶尔感到眼疲劳、13.73%经常眼疲劳，提示长时间使用移动设备或对视力产生一定影响。

总体而言，移动竖屏微课在视听呈现上表现较好，但在讲课节奏、内容理解及视疲劳等学习体验方面仍有不足。上述分析为微课教学改革与学习体验优化提供了实证参考。

### 4.2 结构方程模型分析结果

本节基于结构方程模型，对各测量变量及潜变量之间的关系作具体分析。采用极大似然法对各潜变量与相应观测变量之间的载荷矩阵进行参数估计，检验使用自由度为 29 的卡方统计量（166.762），对应 P 值为 0.00，各项拟合标准均达到要求。

#### 4.2.1 视频质量与其测量变量的关系

如表格 1 所示，视频质量潜变量（L1）中，以 Q4 作为基准参考变量（固定载荷为 1.000）。Q5（声音辨识度）与 Q6（讲课语速）的未标准化估计值分别为 0.855 和 1.880，p 值均小于 0.001。讲课语速（Q6）对视频质量的影响最大且贡献显著，而声音辨识度（Q5）也在很大程度上影响视频质量。该结果表明，讲解语速与声音清晰度是视频质量的核心影响因素。受访者也普遍反馈，声音与讲解节奏对学习体验影响较大，微课设计由此应重视语速控制与音质提升。

表 1 视频质量与其测量变量

| 视频质量 L1 | 估计值   | 标准差   | z 值   | P 值    |
|---------|-------|-------|-------|--------|
| Q4      | 1.000 |       |       |        |
| Q5      | 0.855 | 0.172 | 4.972 | <0.001 |
| Q6      | 1.880 | 0.347 | 5.426 | <0.001 |

#### 4.2.2 设备偏好与其测量变量的关系

如表格 2 所示，设备偏好潜变量（L2）中，以 Q8 为基准，Q9（竖屏播放偏好）的估计值为 1.133（ $p<0.001$ ），说明竖屏设备在用户偏好中占据重要位置、贡献显著。受访者虽在横竖屏偏好上存在差异，但竖屏偏好更为突出，这反映了学生在移动学习时会更倾向使用符合自身使用习惯的播放方式。因此，微课设计应重视设备适配，通过优化竖屏播放体验，来改善用户学习成效。

表 2 设备偏好与其测量变量

| 设备偏好 L2 | 估计值   | 标准差   | z 值   | P 值    |
|---------|-------|-------|-------|--------|
| Q8      | 1.000 |       |       |        |
| Q9      | 1.133 | 0.263 | 4.312 | <0.001 |

#### 4.2.3 学习效果与其测量变量的关系

如表格 3 所示，学习效果潜变量（L3）中，以 Q7 为参照项，Q11（注意力集中度）的估计值为 3.398（ $p<0.001$ ），对学习效果影响显著。Q12（理解与记忆效果）的估计值为 2.975（ $p<0.001$ ），同样做出显著贡献。可见注意力集中与理解记忆是提升学习效果的关键，微课研发不能仅停留在“资源堆砌”层面，应有吸引力、避免节奏过快和内容晦涩，以维系学生的注意与学习成效。换言之，增强学习内容的互动与清晰程度，对提升学习效果至关重要。

表 3 学习效果与其测量变量

| 学习效果 L3 | 估计值   | 标准差   | z 值   | P 值    |
|---------|-------|-------|-------|--------|
| Q7      | 1.000 |       |       |        |
| Q11     | 3.398 | 0.596 | 5.702 | <0.001 |
| Q12     | 2.975 | 0.506 | 5.875 | <0.001 |

#### 4.2.4 学习体验与其测量变量的关系

如表格 4 所示，学习体验潜变量（L4）中，以 Q10 为基准，Q13（眼睛疲劳）估计值为 0.764（ $p<0.001$ ），做出了显著贡献。结合反向编码的设定可以发现，视力疲劳是影响移动学习体验的关键消极因素。多数受访者虽认为移动微课较传统微课更便捷，但长时间观看后的眼疲劳问题较为普遍，降低了学习舒适度。因此，微课设计除关注内容质量外，还应着力减轻视觉疲劳，例如，通过调低屏幕亮度、优化图像对比度等措施，确保健康用眼。

表4 学习体验与其测量变量

| 学习体验（L4） | 估计值   | 标准差   | z 值   | P 值    |
|----------|-------|-------|-------|--------|
| Q10      | 1.000 |       |       |        |
| Q13      | 0.764 | 0.161 | 4.743 | <0.001 |

#### 4.2.5 潜变量之间的相关性分析

结构方程内生矩阵的估计参数表明，模型整体展现出明显的正向协同性。作为外生变量的内容品质（L1），其对硬件点播（L2）、认知留存（L3）以及主观效用（L4）这三项投射出极其显著的正向路径系数，协同演进特征非常显著。这种全局性的驱动态势意味着，视听保真度的边际优化能直接引发后续所有因变量指标的连锁上扬。由此可见，后期的研发优化无须多头兼顾，仅需以视听质量为重点，即可深刻影响最终的学业成效与终端交互体验。

## 5 总结与展望

### 5.1 研究总结

在大学物理的教学实践中，针对传统横屏微课互动不足、视听体验不佳及知识体系不完整等问题，本文构建并实践了一种基于竖屏模式的大学物理移动微课教学方案。通过采用 TeX 脚本生成适配手机竖屏的高质 PDF 量演示文稿，并重构版面布局、严控视频时长、净化冗余视觉元素和合理解构知识点等措施，实现了物理微课内容的进一步凝练。将移动微课应用在混合式教学中，便可形成贯穿课前预习、课堂讲解与课后巩固的全流程闭环。

依托对一般本科高校的理工科学学生的问卷调研，结合结构方程模型的分析，我们最终锁定了影响移动微课教学成效的三大核心。首先，在视频质量上，学生普遍认可视频清晰度与声音效果，对教学节奏的更高期望。其次，在设备体验使用体验上，面向智能手机界面兼容的排版优化，对提高自主学习满意度与认知效率有不可忽略的影响。最后，在心理效应上，专注与理解型记忆可明显增强学习效果；而长时间观看引起的眼疲劳，则会严重拉低整体体验。

综上，本研究的结果为大学物理教学改革提供了实证支撑，也为微课的优化设计与互动性提升指明了方向。微课与混合式教学的结合提升了学生自主学习能力，增强了课堂互动，切实改善了学习效果。相关成果可资高校物理教学模式创新之参考。

### 5.2 未来研究方向

后续研究可从讲课节奏、内容呈现、设备适配与学习体验入手，进一步完善微课的设计制作。针对语速偏快、视觉疲劳与差异化需求不足等问题，可通过内容分段、适时停顿与互动设计增强知识吸收；也可借调整屏幕亮度、优化对比度及护眼模式改善各设备下的观看体验。依托大数据与智能

算法构建差异化学习与反馈机制，实现自适应学习路径、精准知识点推荐与实时学习监控，亦能有力提升教学效果。随着人工智能发展，还将探索 AI 辅助微课制作、实时答疑、评测与差异化教学等应用：用智能算法自动优化剪辑与排版、快速生成内容，以自然语言处理构建智能问答系统提供即时答疑，用机器学习实时监测学习状态并生成差异化报告，再经大数据分析实现因材施教、定制教学方案。上述多维度探索若能落地，将提升移动微课在物理教学中的应用效果，为混合式教学模式的优化提供理论与实践经验。

### [参考文献]

- [1]LeRoy A. McGrew. A 60-second course in organic chemistry. Journal of Chemical Education,70(7):543-544, 1993.
- [2]Terence P. Kee. The one minute lecture. Education in Chemistry, 32(4): 100-101, 1995.
- [3]David Shieh. These lectures are gone in 60 seconds. Chronicle of Higher Education, 55(26): A1,A13, 2009.
- [4]胡铁生,黄明燕,李民.我国微课发展的三个阶段及其启示.远程教育杂志,31(04):36-42,2013.
- [5]孔文,吴艳花.国外教师反馈研究三十年:理论与实践.考试与评价(大学英语教研版),(03):90-96,2013.
- [6]Quest Mobile 研究院.Quest mobile2024 中国移动互联网秋季大报告,2024.
- [7]TD 产业联盟.5g 产业和市场发展报告,2024.
- [8]艾媒咨询.2021 中国大学生消费行为调研分析报告,2021.
- [9]许丹,王逸,钱露露,等.大学生智能手机使用时间的调查报告——来自经验取样的证据,2015.
- [10]Karl G Jöreskog. A general method for estimating a linear structural equation system. ETS Research Bulletin Series, 1970(2): i-41, 1970.
- [11]徐岩,陈那波.结构方程模型在公共部门绩效评估指标确定中的应用——以某国有通讯企业满意度研究为例.公共管理研究,page12,2011.
- [12]袁野,萧文龙,于媛,等.结构方程模型的应用准则:cb-sem 和 pls-sem 研究范式的比较与启示.信息资源管理学报,13(3):6-22,2023.

### 通讯作者：

杜龙（1985-），男，安徽马鞍山人，博士研究生，教师，助理研究员，研究方向：低维弯曲系统的量子特性。

### 基金项目：

基于移动微课的大学物理混合式教学改革与实践（基金编号：2023JGB250）。