三轨赋能:素养导向的初中物理实验整合教学

——以“多功能力学实验演示仪”的设计与应用为例

刘桂珍

(新源县玉丰镇中学,新疆伊犁 835800)

摘　要:针对初中物理“力与运动”“机械能”等单元教学中教具功能单一、实验碎片化及现象对比性不足等问题,设计开发“多功能力学实验演示仪”。该教具以总长1.2 m的亚克力板三轨系统为主体,集成弹簧测力计、多摩擦面及典型实验对象,通过结构创新实现阻力、动能及摩擦力等实验的一体化整合。在教学实践中,借助多组对照实验探究相关物理规律,有效突破控制变量法教学难点。结果表明,实验班单元测试正确率提升17.3%,82%的学生能自主运用控制变量法进行归纳分析;“轨道设计师”等任务驱动模式显著优化了探究式课堂。该教具成本不足百元,支持传感器拓展,契合新课标“做中学”理念,为发展科学思维、落实核心素养提供了可推广路径。

关键词:自制教具;“多功能力学实验演示仪”;滑动摩擦力;机械能;素养导向;实验整合;设计与应用

DOI:10.19935/j.cnki.1004-2326.2026.09.018

引用格式:刘桂珍.三轨赋能:素养导向的初中物理实验整合教学:以“多功能力学实验演示仪”的设计与应用为例[J].实验教学与仪器,2026,43(09):79-81.

在初中物理实验室的角落里,总能发现几个贴着“待维修”标签的木制斜面装置。这些传统教具在演示阻力对运动的影响实验时,常因小车卡顿而让课堂陷入“三次实验三次翻车”的尴尬[1]。人教版物理八年级下册“力与运动”“机械能”等章节知识关联紧密,但现有教具功能单一、切换频繁,导致实验过程碎片化。尤其在运用控制变量法的教学中,学生难以对同一物理量进行跨实验的直观对比,认知负荷显著增加,不利于科学归纳与结论建构。针对上述教学困境,笔者研发了“多功能力学实验演示仪”。该教具通过三轨系统集成多组实验模块,有效实现了力学探究过程的结构化与连续化。

1　教具设计的“四维突破”

1.1　生活材料的结构化重组

教具主体由亚克力底板及立板构成:底板长120 cm、宽30 cm,经4块长120 cm、宽5 cm的立板分隔为3条光滑轨道;底板距端头40 cm处向上弯折25°,形成一体化斜面。材料选用装修剩余亚克力边角料,辅以两套可卡槽挡板(其一设三个挂钩),配合弹簧测力计、小车、木块(各3个)及钩码,构成组合式三轨系统。实验系统注重生活化设计,以废旧毛巾、棉布模拟不同摩擦面,通过对常见器材的结构化重组,显著提升了力学实验的可视性与操作性。

1.2　四大实验的“时空折叠”

通过轨道与配件的模块化组合,该教具将“阻力对运动的影响”“动能大小的影响因素”“滑动摩擦力大小的影响因素”及“测量平均速度”共4个原本分散的实验,整合于同一实验平台。借助统一的轨道系统与可更换附件,可在不同教学环节中快速切换实验情境,实现从运动学到动力学的连续探究。该教具结构简单、操作便捷、现象直观,兼具低成本与多功能特性,有效提升了实验教学的连贯性与课堂效率。

2　课堂实践中的“现象变革”

2.1　阻力实验:三车同台的视觉盛宴

在人教版物理八年级下册“牛顿第一定律”教学中,传统单轨道实验需要重复3次操作,实验现象无法直观比较。而使用该教具时,3辆完全相同的、悬挂编号牌的小车从斜面同一位置同时出发。抽离挡板的瞬间,3辆小车分别在亚克力板、棉布和毛巾轨道上划出3条鲜明的运动轨迹(图1)。

当3号小车在铺有毛巾的轨道上滑行距离显著缩短时,学生迅速捕捉到阻力与运动的关系,纷纷表述“摩擦力越大,停车越早”“阻力越小,滑行越远”等物理规律。实验现象直观鲜明,有效降低了概念建构的认知门槛,学生无须依赖教师过多讲解,即可自主归纳出科学结论。



图1 阻力对小车运动的影响实验

2.2 动能探秘:质量与速度的“擂台对决”

在人教版物理八年级下册第十一章第三节“动能和势能”一课中,“探究物体的动能跟哪些因素有关”实验历来是教学难点。教材方案是用钢球从斜面滚下后撞击水平面上的木块,通过木块被撞距离来反映钢球动能大小。在实际操作时,钢球的运动轨迹难以保持直线,不易准确撞击木块,实验偏差较大。同时,需重复实验并记录木块位移后,才能分析得到结论。

为此,改用小车替代钢球,设计多滑轨同步实验方案。使质量相同的小车从不同高度由静止释放,以获得水平面速度不同的条件,观察并记录木块被推动的距离,探究质量一定时动能与速度的关系;通过改变小车上的钩码数量来调节质量,使质量不同的小车从同一高度释放(水平面速度相同),同理比较木块被推距离,探究速度一定时动能与质量的关系(图2)。该方案在同一平台上实现多组对照,实验现象直观、对比鲜明,有助于将抽象的动能关系具象化,有效落实控制变量法的教学要求[2]。

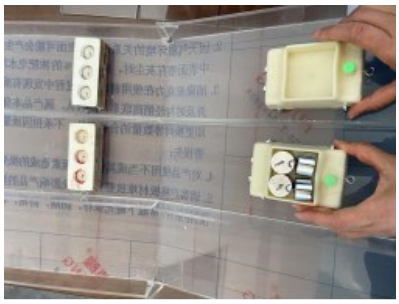


图2 质量对小车动能的影响实验

该教具支持“质量”与“速度”影响因素的同步探究。实验时,左侧轨道设置质量不同、释放高度相同的小车,右侧轨道设置质量相同、释放高度不同的小车,多车由静止同步释放。观察发现,质量大者推距远,初速度大者推距远。学生通过对比木块的位移差异,在同步对照中自主归纳出动能与质量、速度的定性关系,初步建构起完整的动能概念框架。

2.3 摩擦实验:拉力赛中的“隐形冠军”

在人教版物理八年级下册“摩擦力”一节中,探究“滑动摩擦力的大小与哪些因素有关”的实验思路是:控制接触面条件不变,测量不同正压力下物体所受滑动摩擦力,以确立摩擦力与压力的关系;再控制压力不变,改变接触面的粗糙程度,以确立摩擦力与接触面粗糙程度的关系[3]。

依据教材逻辑,需分别完成多组对照实验。利用该教具,将3个弹簧测力计固定于挡板挂钩上,分别水平牵引上方放置等量钩码、正压力相同的木块,使木块在3条粗糙程度不同的轨道上匀速滑动。基于二力平衡原理,由测力计示数得到相应接触面下的滑动摩擦力值,用以探究压力一定时滑动摩擦力与接触面粗糙程度的关系。图3同时呈现的3个测力计示数形成直观对比,结果表明:在正压力相同的条件下,接触面越粗糙,滑动摩擦力越大。



图3 接触面粗糙程度对滑动摩擦力的影响实验

随后,撤去毛巾与棉布,使轨道表面恢复一致。通过在小车上增减钩码以改变其对接触面的正压力,利用测力计水平拉动小车匀速运动,探究滑动摩擦力与压力大小的关系。3组测力计示数的同步对比(图略)清晰表明:在接触面粗糙程度相同时,压力越大,滑动摩擦力越大。

此外,依托该教具的并行实验优势,可组织学生开展分组对照操作:在不同粗糙度的轨道上拉动木块,直观感知所需拉力的大小差异。这种在同一时空内呈现的多变量对比,将抽象的摩擦力规律具象化,有效促进了学生对控制变量法的理解与内化。

2.4 测速实验:速度与激情的“时光赛道”

借助两个挡板与计时器,该教具还可测量做变速直线运动物体的平均速度。实验如图4所示。

3 教学效果的“四重跃迁”

3.1 认知效率提升

该教学实践将学生自主探究与教师创新演示有机结



图4 物体平均速度的测量

合，实现了多项力学实验的一体化整合，既弥补了教材实验的局限性，又克服了传统实验操作烦琐、耗时较长等弊端。教学效率显著提升，相关力学实验的探究时长由原来的4课时压缩至2课时。课后单元测试显示，实验班在“力与运动”单元的平均正确率较对照班高出17.3个百分点，差异具有统计学意义，进一步验证了该教学方案在知识建构与能力发展方面的实际成效。

3.2 探究能力提升

该教具有助于学生深度参与探究过程，深化其对物理规律的理解，促进科学抽象思维的发展[4]。同步对比的实验设计显著提升了学生的归纳能力，约82%的学生能够在实验报告中准确运用控制变量法进行逻辑推理。一名学生在实验报告中写道：“看着3辆小车的不同表现，就像看见物理规律在赛跑。”这一描述反映出，直观的时空对比已将抽象的物理过程具象化，有效助推了学生科学思维的进阶。

3.3 教学生态重构

依托低成本自制教具与三轨演示系统，该设计显著提升了实验的可重复性。教学中衍生出“轨道设计师”“数据记录官”“现象解说员”等角色分工，学生在任务驱动下协同合作，各司其职，增强了团队协作意识与责任分工能力。实验情境贴近学生经验，有效强化了物理知识与生活实际的联系[5]，在优化实验效果的同时，切实提升了学生的实验探究能力。

3.4 推广价值显现

该实验装置制作简便、成本低廉。同时，仪器结构稳固、操作流程规范，可满足多个班级、多个轮次的重复使用需求，具有良好的教学经济性与可持续性。更为重要的是，该设计以生活化情境为切入点，充分体现了“生活—科学—社会”三位一体的教育理念。因此，该实验装置具有推广价值。

4 迭代升级的未来展望

该“多功能力学实验演示仪”的优化路径主要包括：一是拓展功能模块，在挡板对侧增设泡沫缓冲层，配合不同质量的等体积小球，构建重力势能与弹性势能探究模块，弥补教材演示实验的缺失；二是推进数字迭代，预留标准化传感器接口，提升变速运动平均速度的测量精度；三是优化机械结构，改进轨道卡扣系统，提高实验场景的切换效率。后续拟引入Arduino开源平台，实现物理过程的实时采集与数字可视化，助推传统实验室向智能化探究平台转型[6]。

5 结语——让思维在轨道上驰骋

这套造价不足百元的“多功能力学实验演示仪”，实现了从“单一演示”向“多维探究”的教学范式转变。它不仅是对传统实验器材的低成本改进，更是对“做中学”理念的具象化践行：当抽象的公式转化为轨道上可视的运动轨迹，当枯燥的规律变为可触摸的数据与现象，学生的科学思维便在具身体验中得以建构。

该教具的应用实践证明，低成本实验创新能够有效降低认知负荷，激活课堂生态，使物理学习从被动接受转向主动建构。笔者期待这些在“三轨”上历练出的实证精神与探究能力，能助力学生在未来的科学探索之路上行稳致远。

基金项目：新疆维吾尔自治区“天山英才”培养计划教育教学名师培养项目，编号：新教函〔2024〕167号。

作者简介：刘桂珍（1977—），女，正高级教师，研究方向：初中物理教育教学，E-mail：457700484@qq.com。

参考文献

[1] 邓善红.初中物理实验教学与自制教具的开发和实践研究[J].华夏教师，2023(36)：82-84.

[2] 孙玥.跨学科融合理念在初中物理教学中的应用[J].实验教学与仪器，2021，38(11)：13-14.

[3] 人民教育出版社，课程教材研究所，物理课程教材研究开发中心.义务教育教科书物理八年级下册[M].北京：人民教育出版社，2024.

[4] 王超.核心素养下初中物理实验教学创新思考[J].广西物理，2023，44(01)：153-155.

[5] 中华人民共和国教育部.普通高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京：人民教育出版社，2020.

[6] 赵澜斌.Arduino开源平台在高中物理实验教学中的应用[J].物理通报，2022(04)：8-11.