

基于DIS应用的高中物理实验教学设计研究

——以摩擦力为例

向影¹, 田鸣志^{2*}

¹惠州中学, 广东 惠州

²黄冈师范学院物理与电信学院, 湖北 黄冈

收稿日期: 2026年4月23日; 录用日期: 2026年6月19日; 发布日期: 2026年6月30日

摘要

物理实验教学作为培养学生物理学科核心素养不可或缺的一环, 具有很强的研究意义, 但是传统实验往往有着一定的局限性。随着现代信息化进程的不断推进, 数字化教学以其在数据实时可视化、数据高精度采集和交互性设计上的优势, 为物理实验教学带来新的突破。文章以高中物理中“滑动摩擦力定量实验探究”和“静摩擦力的大小随拉力的变化”实验教学为例, 详细展示了传感器在力学实验教学中的实践应用。文章基于研究内容设计了摩擦力教学方案, 以期能为数字化实验教学研究提供参考。

关键词

高中物理实验, 教学设计, 数字化教学, 传感器应用

Instructional Design of High School Physics Experiment Teaching Based on DIS Application

—A Case Study of Friction

Ying Xiang¹, Mingzhi Tian^{2*}

¹Huizhou High School, Huizhou Guangdong

²School of Physics and Telecommunications, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

Received: April 23, 2026; accepted: June 19, 2026; published: June 30, 2026

Abstract

Physics experiment teaching plays an essential role in cultivating students' core competencies in

*通讯作者。

文章引用: 向影, 田鸣志. 基于 DIS 应用的高中物理实验教学设计研究[J]. 创新教育研究, 2026, 14(6): 580-588.

DOI: 10.12677/ces.2026.146463

physics, thus holding significant research value. However, traditional physics experiments often present certain limitations. With the continuous advancement of information technology in education, the application of Digital Information System (DIS), characterized by real-time data visualization, high-precision data acquisition, and interactive experimental design, has brought new breakthroughs to physics experiment teaching. This study takes the experimental teaching of friction in high school physics as an example, specifically focusing on two inquiry-based experiments: “quantitative exploration of sliding friction” and “variation of static friction with applied tensile force.” It elaborates in detail on the practical application of DIS sensors in mechanics experiment teaching. Based on the research findings, this paper designs a teaching scheme for the friction unit, aiming to provide a practical reference for further research on DIS-based experimental instruction.

Keywords

High School Physics Experiment, Instructional Design, Digital Teaching, Sensor Application

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. 引言

近年来, 数字化信息系统在中学物理实验教学中的应用日益广泛。在传感器类型方面, 力传感器、位移传感器、光电门、温度传感器、磁感应传感器等已陆续进入课堂, 覆盖力学、热学、电磁学等多个领域[1] [2]。在实验类型上, DIS 被用于替代传统测量工具(如弹簧测力计、打点计时器、温度计等), 显著提升了数据采集的精度与效率; 同时, DIS 还可实现传统实验难以完成的实时绘图、曲线拟合、数据回放等功能。刘金水[3]指出, 数字化赋能物理实验教学能够实现“所见即所得”, 降低学生对抽象概念的理解门槛。卢海春和尹白顺[4]强调, 现代信息技术与高中物理实验教学的融合应注重“技术服务于教学”的理念, 而非简单替代。

尽管已有大量研究展示了 DIS 在单一实验中的优势, 但现有研究仍存在以下不足: 第一, 多数文献聚焦于技术替代的效果比较, 缺乏系统化的教学设计流程, 未能将实验探究与学生认知规律深度融合[5]; 第二, 针对 DIS 实验教学的学习理论支撑较为薄弱, 鲜有研究从认知负荷理论、具身认知等视角解释数字化实验为何以及如何促进概念建构。

传统实验教学对实验环境、器材和操作者都有着一定的要求, 这些限制导致传统实验教学不能有效开展。数字化实验室(DIS)的应用突破传统实验的限制, 让学生能够参与实验互动, 切实从物理现象延伸到物理概念的理解以及物理规律的总结。本文以摩擦力为例, 利用朗威 DIS 系统对数字化实验教学进行探究, 并拟定了一份教学设计。

2. 教学设计

2.1. 教材内容

“摩擦力”相关内容位于人教版普通高中物理教科书必修一第三章第 2 节, 本节是对初中摩擦力知识的延伸和拓展。《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)》¹强调要通过对大量物理实验的观

¹https://www.ictr.edu.cn/download_center/put.html

察体验让学生认识摩擦力的规律, 在初中定性学习的基础上, 通过实验定量探究滑动摩擦力与其影响因素间的关系, 以及静摩擦力的大小的突变。在传统的实验教学中, 在利用弹簧测力计测量摩擦力的大小时, 在实验过程中存在着许多无法避免的系统性误差; 在测量静摩擦力与拉力大小的关系时, 无法捕捉突变过程。

2.2. 教学目标

- 1) 通过分析摩擦现象, 理解摩擦力的产生条件, 会区分静摩擦力和滑动摩擦力;
- 2) 会通过定量实验推导公式 $F_f = \mu F_N$, 并会使用公式计算滑动摩擦力大小;
- 3) 会根据物体的受力和运动情况分析静摩擦力的大小和方向; 通过实验了解最大静摩擦力。

2.3. 学情分析

- 1) 知识基础: 学生在初中已经定性地学习过静摩擦力和滑动摩擦力, 了解了影响滑动摩擦力大小的因素;
- 2) 思维基础: 学生具有强烈的求知欲望, 渴望通过实验探究得出物理规律且具备一定的逻辑思维;
- 3) 能力基础: 学生经过初中物理的学习, 已经具备了一定的动手能力和实验探究能力。能通过观察和分析解决问题。

2.4. 理论依据

本设计遵循以下学习理论:

- 1) 认知负荷理论: 传统实验要求学生同时完成操作、读数、记录、思考等多重任务, 容易产生较高的外部认知负荷。DIS 系统将复杂的实验过程转化为实时图像和自动数据记录, 学生可将认知资源集中于数据分析与规律提炼, 从而降低外部认知负荷, 促进概念建构[6];
- 2) 具身认知理论: 认知不仅发生在头脑中, 还根植于身体与环境的互动。本设计让学生亲手连接传感器、改变正压力、观察图像变化, 在身体参与和即时反馈中建构物理概念的直观体验, 符合具身认知的教学原则[7];
- 3) 数据驱动探究: 科学探究的核心是从数据中提炼规律。本设计以真实实验数据为探究起点, 引导学生从数据分析中归纳公式, 体现科学探究本质, 使探究过程真正“由数据说话”, 避免先验结论的灌输。

3. 教学流程实施

环节一: 情景导入与概念回顾

教师首先创设互动情境, 引导学生回忆摩擦力的相关知识。播放黑笔在不同表面书写的视频: 黑笔在粗糙纸面上流畅书写, 在光滑瓷砖表面无法留下痕迹。邀请一名学生现场演示, 验证视频中的现象。

教师提问: “初中阶段学过哪几种摩擦力?” 学生回答: 静摩擦力、滑动摩擦力、滚动摩擦力。教师进一步追问: “同一支笔在纸面和瓷砖上为何痕迹不同?” 学生结合生活经验指出: 接触面粗糙程度影响摩擦力大小, 接触面越粗糙, 摩擦力越大。

接着, 请另一位学生用同一支笔在纸上书写“物理”二字, 第一次轻写, 第二次重写。观察发现重写字迹更粗。教师引导学生思考原因。学生回答: 正压力增大导致摩擦力增大, 油墨释放更多。由此归纳: 正压力和接触面粗糙程度都会影响摩擦力大小。

最后, 播放奥运会中的摩擦力应用视频: 冰壶运动员打磨冰面、举重和体操运动员涂抹镁粉。教师设置悬念: “这些动作的原理是什么?” 引出本节课的探究主题——摩擦力的规律。

设计意图: 通过生活化、体育化的情境唤醒学生已有知识, 从定性回忆过渡到定量探究的动机激发。

环节二: 小组合作探究, 获取数据

实验一：静摩擦力的大小随拉力的变化

教师演示实验，通过该实验带领学生一起观察实验现象得出实验结论，并通过演示实验带领学生熟练传感器的使用。

物体从静止开始运动的过程中，随着拉力的不断增大，静摩擦力也在不断增加直到临界值，物体开始运动。突变点就是摩擦力从静摩擦力变成滑动摩擦力，物体稳定匀速运动后会发现滑动摩擦力大小不再变化。传统的实验中，利用弹簧测力计去测量静摩擦力的大小，既不能直观地体现静摩擦力的变化，也不能体现静摩擦力的突变。利用朗威 DIS 力传感器替代弹簧测力计，数据采集器采集数据，电脑接收数据，将数据实时绘制成拉力 - 时间图像。静摩擦力实验平台实物图与示意图如图 1 所示。

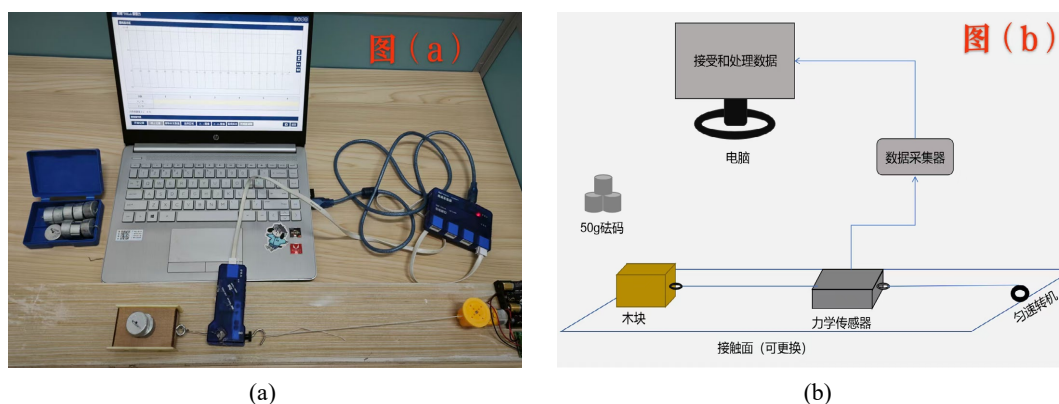


Figure 1. Static friction experiment platform (a) Physical diagram; (b) Schematic diagram
图 1. 静摩擦力实验平台(a)实物图; (b)示意图

实验器材：朗威 DIS 力学传感器、电脑、数据采集器、小木块、砝码、木板、匀速转机
实验步骤：

① 连接传感器、数据采集器和电脑，使用砝码调整小木块的重量并连接匀速转机；

② 调节匀速转机，使小木块从静止开始运动，并记录实验数据，拉力 - 时间图像($F-t$ 图)如图 2 所示。

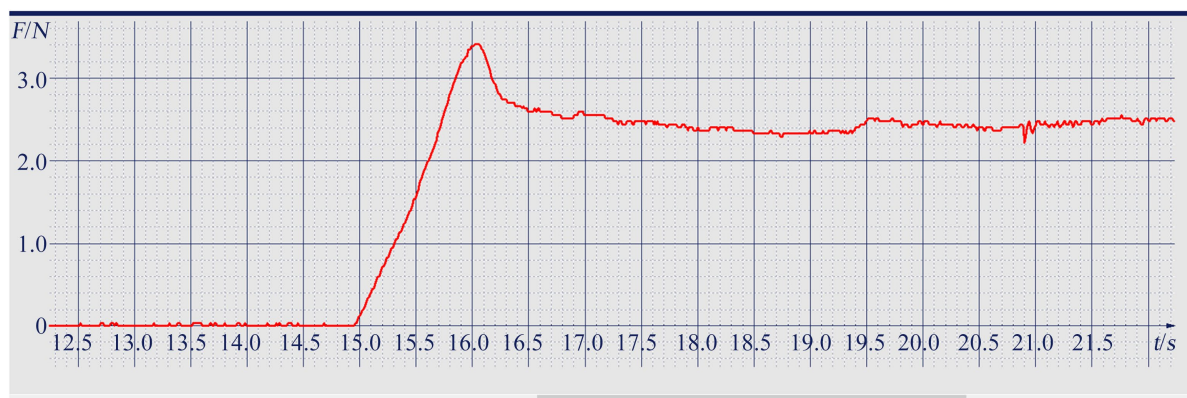


Figure 2. Force-time graph
图 2. 拉力 - 时间图

教师引导学生观察 $F-t$ 图像并分组讨论。学生从图像中发现：木块静止阶段，拉力与静摩擦力大小相等、方向相反，静摩擦力随拉力增大而线性增大；当拉力达到某一最大值(突变点)时，木块开始运动，静摩擦力瞬间降为滑动摩擦力；之后木块匀速运动，滑动摩擦力大小基本不变。教师总结：静摩擦力有一

个最大值 F_{\max} , 在数值上等于物体即将开始运动时的拉力。两物体间实际的静摩擦力 F_f 在数值 0 和 F_{\max} 之间, 即 $0 < F < F_{\max}$ 。

实验二: 滑动摩擦力定量实验探究

在之前的学习中, 学生已经知道了正压力和接触面的粗糙程度都会影响滑动摩擦力的大小, 但是仍然需要通过进一步的定量实验对二者与滑动摩擦力之间的关系进行探究。将同学分成 A、B、C 三组, 在三组固定使用不同接触面的情况下, 改变正压力的大小, 探究正压力与滑动摩擦力的关系。A 组探究木块与塑料间的正压力与滑动摩擦力的关系、B 组探究木块与木板间的正压力与滑动摩擦力的关系、C 组探究木块与橡胶间的正压力与滑动摩擦力的关系。

为了保持研究对象小木块处于平衡状态, 采用匀速转动的转机保持拉力大小不变, 同时连接力传感器保持数据的准确性, 避免了使用弹簧测力计导致的读数误差。连接数据采集器, 实时处理数据并进行 F_f-F_N (F_f 表示动摩擦力, F_N 表示正压力的大小, 后文同) 函数图像的绘制。

引导学生分析实验数据和函数图像, 当接触面粗糙程度保持不变时, 正压力与滑动摩擦力成正比, 即 $F_f = KF_N$; 当正压力保持不变时, 用 F_f-F_N 图的斜率表示接触面的粗糙程度。将两组实验归纳总结后, 得出结论: 滑动摩擦力的大小和正压力成正比, 比例系数 K 表示接触面的粗糙程度, 用 μ 表示, 即 $F_f = \mu F_N$ 。

保持接触面粗糙程度不变, 只改变正压力的大小, 滑动摩擦力实验平台实物图和示意图如图 3 所示。

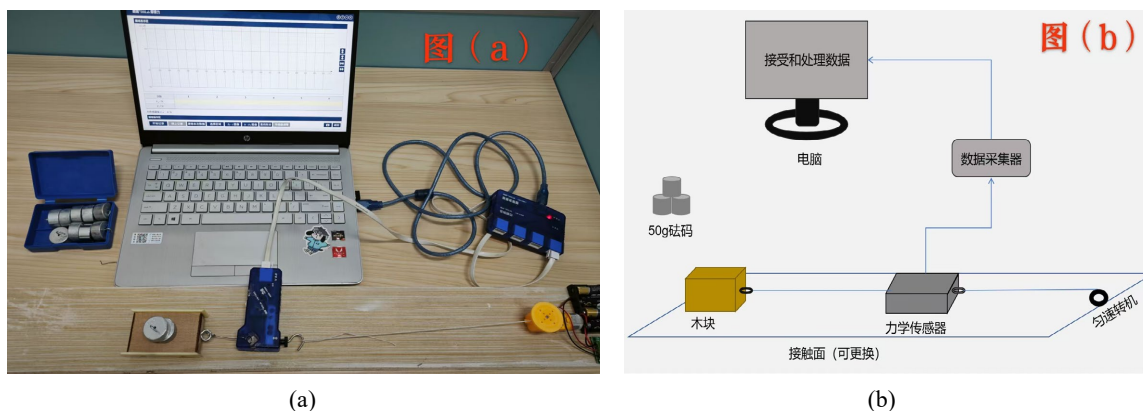


Figure 3. Sliding friction experiment platform (a) Physical setup; (b) Schematic diagram
图 3. 滑动摩擦力实验平台(a) 实物图 (b) 示意图

实验器材: 朗威 DIS 力学传感器、电脑、数据采集器、小木块、砝码、塑料、木板、橡胶垫、匀速转机;

实验步骤:

- ① 连接传感器、数据采集器和电脑, 使用砝码调整小木块的重量并连接匀速转机;
- ② 调节匀速转机, 使小木块匀速运动, 记录实验数据;
- ③ 改变小木块正压力大小, 重复步骤 2 进行实验, 记录实验数据;
- ④ 重复五次得到 5 组数据, 三种不同接触面材料数据如表 1~3 所示;

Table 1. Plastic
表 1. 塑料

次数	1	2	3	4	5
F_N/N	1	2	3	4	5
F_f/N	0.07	0.23	0.38	0.52	0.71

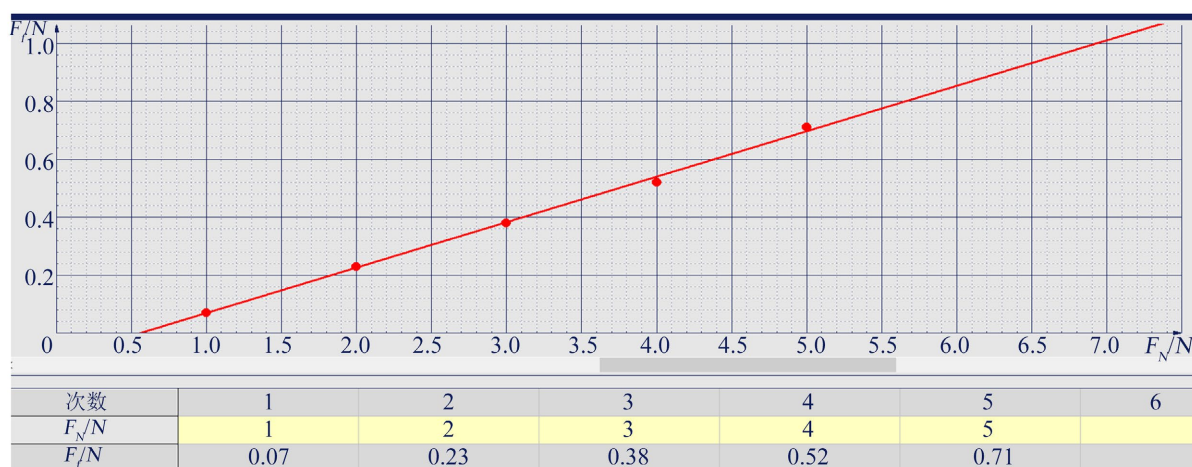
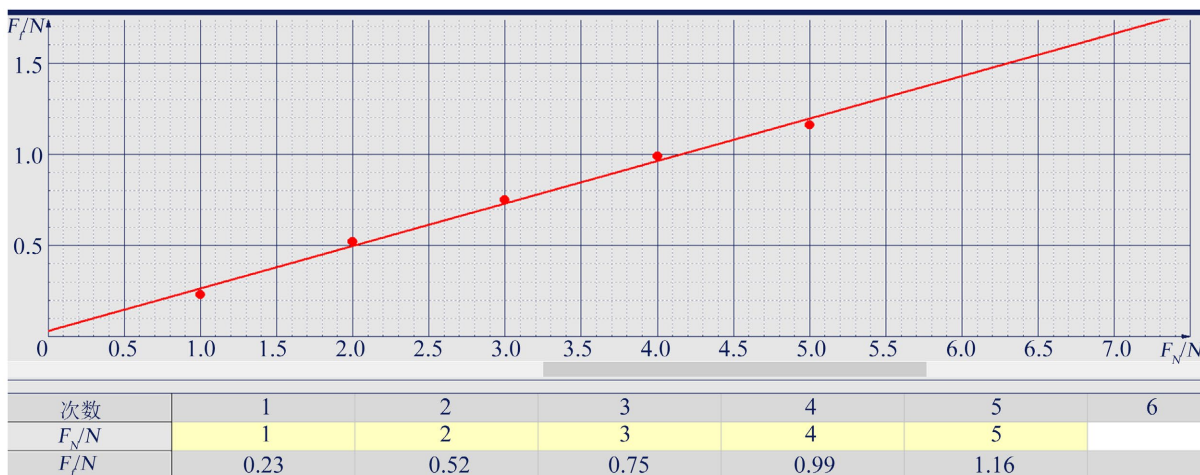
Table 2. Wooden boards**表 2.** 木板

次数	1	2	3	4	5
F_N/N	1	2	3	4	5
F_f/N	0.23	0.52	0.75	0.99	1.16

Table 3. Rubber**表 3.** 橡胶

次数	1	2	3	4	5
F_N/N	1	2	3	4	5
F_f/N	1.39	2.60	3.56	5.32	6.89

整合数据绘制 F_f-F_N 图, 并进行一次拟合, 三种不同接触面 F_f-F_N 图, 如图 4~6 所示。

**Figure 4.** F_f-F_N (Plastic-block)**图 4.** F_f-F_N (塑料 - 木块)**Figure 5.** F_f-F_N (Block-block)**图 5.** F_f-F_N (木板 - 木块)

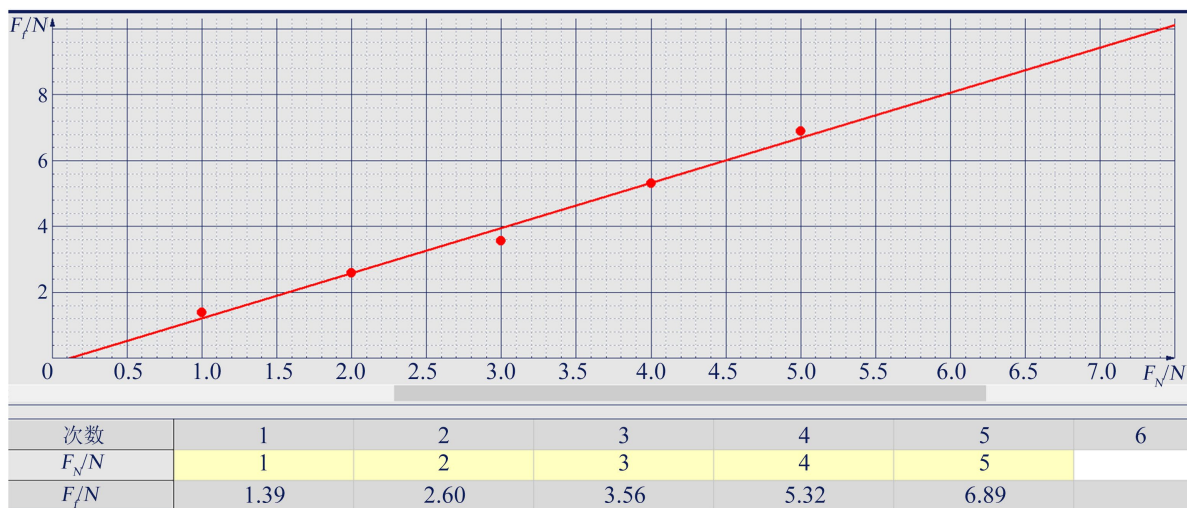


Figure 6. F_f-F_N (Rubber-block)

图 6. F_f-F_N (橡胶 - 木块)

数据分析与讨论:

教师提问: “每组实验中, 当接触面不变时, 滑动摩擦力与正压力呈什么关系?” 学生观察图像后回答: 二者成正比, 可用 $F_f=KF_N$ 表示。

教师要求学生计算各组图像的斜率 K (保留两位小数): 塑料组 $K_1 = 0.15$, 木板组 $K_2 = 0.23$, 橡胶组 $K_3 = 1.37$ 。

教师进一步提问: “当正压力相同时, 接触面材料如何影响滑动摩擦力?” 学生整合三组数据得到表 4, 发现橡胶(最粗糙)对应的滑动摩擦力最大, 且 F_f-F_N 图的斜率也最大。

Table 4. Contact surface materials and sliding friction forces

表 4. 接触面材料与滑动摩擦力

材料	F_f/N	1	2	3	4	5
塑料		0.07	0.23	0.38	0.52	0.71
木板		0.23	0.52	0.75	0.99	1.16
橡胶		1.39	2.60	3.56	5.32	6.89

教师引入动摩擦因数 μ 的概念: μ 反映了接触面的粗糙程度和材料属性, μ 越大, 滑动摩擦力越大。从而归纳出滑动摩擦力公式: $F_f=\mu F_N$ 。

设计意图: 通过分组实验、数据采集与拟合, 学生自主完成从实验数据到物理规律的归纳过程, 培养科学探究能力和数据处理能力。DIS 系统保证了数据的连续性和精度, 使定量关系一目了然。

环节三: 物理走进社会, 拓展延伸

实验结束后, 教师引导学生回归课前的情境问题。学生能够解释: 冰壶运动员打磨冰面是为了减小接触面粗糙程度, 从而减小滑动摩擦力, 使冰壶滑行更远; 举重和体操运动员涂抹镁粉是为了增大接触面粗糙程度, 从而增大最大静摩擦力, 防止打滑。

教师进一步拓展前沿科技中的摩擦力应用: 磁悬浮列车利用超导磁体使车体悬浮于轨道之上, 不直

接接触轨道, 消除摩擦力, 减少能耗, 提高速度。学生回答其原理: 摩擦力产生的条件是物体间相互接触并挤压, 悬浮的列车不满足接触条件, 因此无摩擦力。教师总结本节课的核心内容, 并鼓励学生在生活中继续观察摩擦力的应用与调控。

设计意图: 将物理知识与生活、体育、科技相融合, 增强学生的科学态度与社会责任感, 同时巩固对摩擦力产生条件和影响因素的深层理解。

4. 设计意图

本设计方案着力构建以学生为中心的课堂, 教师在其中扮演引导者与支持者的角色。从生活化的书写现象和奥运赛场上的摩擦力应用切入, 激活学生已有知识并制造认知悬念, 实现从定性回忆到定量探究的自然过渡。在实验环节, 教师先通过静摩擦力演示实验带领学生熟悉 DIS 系统的基本操作, 降低后续自主探究的技术门槛; 实时生成的 $F-t$ 图像将静摩擦力的连续变化和突变过程直观呈现, 有效化解传统教学中文字描述晦涩、过程不可视的难点。

随后的滑动摩擦力定量探究采用分组实验形式, 让学生在动手操作、数据采集、图像拟合和斜率计算中体验完整的科学探究过程, 通过对不同接触面材料的对比分析自主归纳出动摩擦因数的物理意义, 培养了实验操作能力、数据处理能力和尊重客观事实的科学态度。最后将摩擦力知识与奥运项目、磁悬浮列车等科技应用相衔接, 既巩固了课堂所学, 又深化了学生对摩擦力产生条件的理解, 增强了科技自信与社会责任感。整个设计以真实数据驱动探究, 以学生活动贯穿始终, 力求实现知识、能力与态度的有机融合。

5. 教学实施反思与优化

本教学设计基于朗威 DIS 数字化实验系统, 对高中物理“摩擦力”一节进行了系统化的实验教学方案设计。相比传统实验, 本方案的主要优势体现在三个方面: 一是利用力传感器配合 $F-t$ 图像, 将静摩擦力的连续变化和突变过程直观呈现, 突破了传统教学难以捕捉临界状态的瓶颈; 二是通过高精度数据采集和自动拟合, 使学生能够可靠地归纳出滑动摩擦力与正压力、接触面粗糙程度之间的定量关系, 增强了探究的可信度; 三是以学生为中心, 通过分组实验、数据分析与公式推导, 让学生完整经历“问题-假设-实验-规律”的科学探究过程, 同时将生活情境与磁悬浮列车等科技应用相融合, 有效激发学习动机并培养科学态度。

当然, 本设计也存在一定的局限性。其实施依赖于朗威 DIS 传感器、匀速转机等专用设备, 对尚未建设数字化实验室的学校而言复制难度较大; 完整完成两个实验约需 2 课时, 时间成本较高; 部分学生首次接触传感器设备需要额外培训; 实验二中的匀速条件在实际操作中可能出现波动, 影响对“匀速”的理解。

后续研究者可围绕本方案开展准实验研究, 通过前测后测对比检验 DIS 教学对学生概念转变与探究能力的实际影响; 针对设备不足的学校, 开发基于智能手机传感器或低成本自制力传感器的替代方案; 利用 PhET、Algodoo 等平台设计虚拟仿真实验模块, 实现虚实结合的混合式教学; 更重要的是, 将“过程可视化与数据驱动探究”这一核心理念迁移到牛顿第二定律、胡克定律、动量定理等其他高中物理实验中, 形成系列化的数字化实验教学资源包, 从而推动信息技术与物理教学融合从单点案例走向系统化应用。

总体而言, 本文以摩擦力为例, 展示了一套可复制、可推广的 DIS 实验教学设计, 有效突破了传统实验的教学难点, 体现了信息技术与物理教学深度融合的实践价值。希望本设计能为一线教师提供具体参考, 并为后续的数字化实验教学研究指明可行的拓展方向。

参考文献

- [1] 张春盛. 数字化技术在高中物理实验教学中的应用研究[J]. 高考, 2026(3): 101-103.
- [2] 徐红梅. 数字化传感器技术在高中物理实验教学中的应用[J]. 数理化解题研究, 2025(27): 66-68.
- [3] 刘金水. 数字化赋能高中物理实验教学的实践与探索[J]. 高考, 2025(13): 111-113.
- [4] 卢海春, 尹白顺. 现代信息技术与高中物理实验教学的融合应用[J]. 物理教师, 2023, 44(5): 51-53.
- [5] 乐金鑫. 高中物理实验数字化教学案例设计与研究[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2025.
- [6] 陈其裕, 杨金毅, 丁铭辉, 等. 认知负荷理论视角下生成式人工智能赋能物理实验教学创新设计[J]. 中学物理, 2026, 44(5): 34-39.
- [7] 叶浩生. 具身认知: 理论与应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2018: 112-125.