

中学物理实验操作评价实践*

——以“测量做直线运动物体的瞬时速度”实验为例

朱国强 鲍成章 郑睿雯 (浙江省萧山中学 浙江 311201)

施叶军 (杭州市萧山区教学研究室 浙江 311201)

摘 要 构建基于中学物理实验操作评价综合管理平台的核心应用模式,以人教版高中《物理》实验“测量做直线运动物体的瞬时速度”为例,阐述分析基于此平台的施测实践与施测结果,是落实教育部 2019 年关于实验操作能力综合素质评价意见的一套方案。

关键词 实验操作 实验操作评价 评卷系统

文章编号 1002-0748(2022)7-0026

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

实验是物理教学的重要组成部分,是学生学习物理概念、理解物理规律、提升物理学科素养的重要途径。2019 年教育部发布了《教育部关于加强和改进中小学实验教学的意见》,提出“努力构建与德智体美劳全面培养的教育体系相适应、与课程标准要求相统一的实验教学体系”。其中《意见》第 6 条指出要把学生实验操作情况和能力表现纳入综合素质评价;2023 年前要将实验操作纳入初中学业水平考试,考试成绩纳入高中阶段学校招生录取依据;在普通高中学业水平考试中,有条件的地区可将理化生实验操作纳入省级统一考试。

1 中学物理实验操作评价综合管理平台

中学物理实验操作评价综合管理平台,是一个实验教学评价改革的市(区)级信息平台,是快速有效地评价学生实验操作能力的一套软硬件系统——智能阅卷平台。平台以信息化手段管理实验考务工作,记录、存储实验测试过程,利用人工智能(AI)技术辅助人工阅卷、统计分析,进行评价。这是落实 2019 年教育部意见——实验操作能力综合素质评价的一个重要信息平台。

平台的架构与功能如图 1 所示。由于物理实验操作评价测试具有注重实验的操作过程和实验结果的双重特点,通过记录和存储所有考生实验测试操作过程,在网上统一阅卷过程中真实还原学生实验

操作全程和关键细节,实现教师的一对多阅卷与多评阅卷,从而保证评分者信度,最终实现过程性与结果性评价的双重构建。辅助以 AI 技术,通过动作捕捉与识别,经大量前期阅卷数据训练后,将使得人工阅卷难度降低,阅卷效率更高。

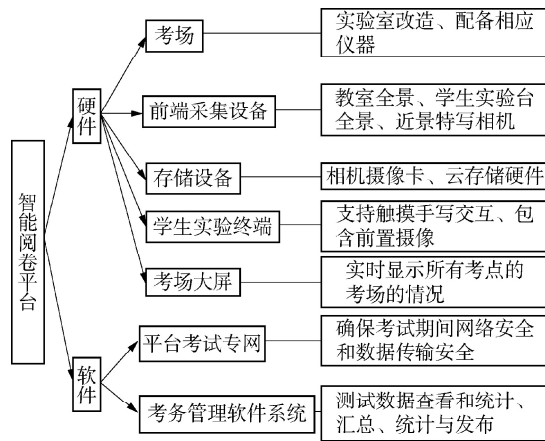


图 1 中学物理实验操作评价综合管理平台架构

2 实验操作评价系统的构建

实验操作评价系统分为实验操作评价内容与标准核定、实验操作评价题库设计、实验操作评价实施和实验操作评价分析四个子系统,如图 2 所示。

2.1 实验操作评价内容和标准核定

实验操作评价内容和标准的核定是指在大方向

* 基金项目:本文系 2021 年度浙江省教育信息化研究课题(编号 2021ETDB03)的研究成果。

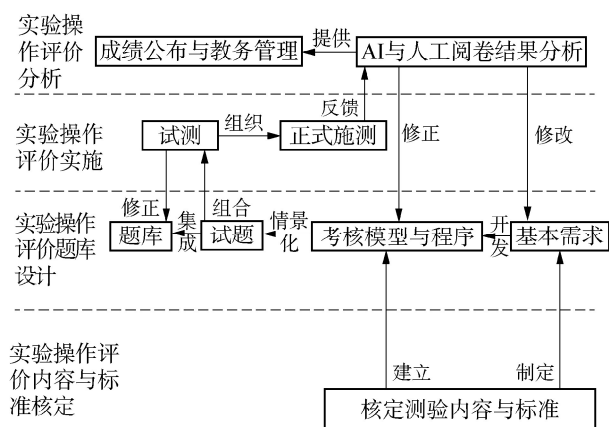


图 2 实验操作评价系统

上把控整体测验的内容形式与考核标准。其中测验内容应与现行普通高中课程标准和学生教材要求保持一致,共包含 21 个必做实验。对于考核标准,实验操作能力从实验操作过程上可分为“装置的选取与组装”“仪器的操作与测量”“问题的计算与解决”“习惯的培养与践行”四个维度,同时结合课程标准中的学业水平描述,将实验操作能力各维度的水平划分为四个层次,如表 1 所示。

表 1 实验操作能力各维度的水平

水平	装置的选取与组装	仪器的操作与测量	问题的计算与解决	习惯的培养与践行
1	选取并组装一些简单的仪器	完成简单的操作与测量工作	具有问题意识,能够明确实验目的	能整理仪器
2	正确选取并组装较复杂的仪器	完成一些较复杂的操作与测量工作	对于问题有一定思路,初步解决问题	整理仪器,不伪造数据
3	正确选取并组装全部的实验仪器	正确完成全部的操作与测量工作	运用正确的方法结合实验解决问题	规范使用、整理仪器,不伪造数据
4	考虑操作、安全与误差等因素,准确选取并组装实验中的所有仪器	考虑操作、安全与误差等因素,正确完成全部的操作与测量工作	考虑误差等因素,准确运用实验数据解决问题,解决问题具有新颖性	规范使用、正确整理仪器。不伪造数据,合理整理数据,保持可持续发展

2.2 实验操作评价题库

实验操作评价题库是实验操作评价资源的整合过程。首先由学科专家教师编写考查试题,与程序员沟通需求,并建立考核模型编写程序。本研究中所用的主要创新技术为抽帧后的 AI 图像识别与机器学习技术,故实践中考虑设备识别精度与学生操作的多样性,在实验试题编制研究中,对具体的实验步骤进行了优化。

在建立了确定的考核模型编写程序后,学科专家教师将每个实验按照上述规范编制试题,并整合形成题库。

2020 年修订的中华人民共和国教育部制定的普通高中物理课程标准(2017 年版),明确提出必修及选择性必修课程中的学生必做实验 21 个,其中必修课程的物理实验 12 个,如表 2 所示。

表 2 必修课程考查内容的实验名称

所属教材	实验名称
必修 1	(1) 测量做直线运动物体的瞬时速度 (2) 探究弹簧弹力与形变的关系 (3) 探究两个互成角度的力的合规律 (4) 探究加速度与物体受力、物体质量的关系
必修 2	(5) 验证机械能守恒定律 (6) 研究平抛运动的特点 (7) 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系
必修 3	(8) 观察电容器的充、放电现象 (9) 长度的测量及其测量工具的选用 (10) 测量金属丝的电阻率 (11) 用多用电表测量电学中的物理量 (12) 测定电源的电动势和内阻

本研究初步完成了 12 个必修物理实验的考查试卷和评分标准。修改完善后纳入实验操作评价题库。现阶段对选择性必修的实验进行标准确定和试题编制。

2.3 实验操作评价实施

以 2019 年人教版高中《物理》必修第一册实验 1“测量做直线运动物体的瞬时速度”为例,具体说明实验操作评价系统的构建与实施情况。

2.3.1 试题与评分设计

根据具体考查情况,按照考查维度,“测量做直线运动物体的瞬时速度”的考查要求与评分说明如表 3 所示。其中考查维度贯穿了实验整个操作过程,评分采取分数制,每个试题总分 10 分,根据实验过程与考查维度的不同对每个题目进行赋分。结合信息化平台与 AI 技术,对实验操作中的重要过程进行抽帧与短视频截取,进而利用人工阅卷或者 AI 智能判卷对该步骤的正误进行分析判断。

表 3 考查要求与评分说明

考查维度	考查要求和评分标准	抽帧与判卷说明
装置的选取与组装	(1) 固定装置 1' 固定安装打点计时器	抽帧 1
	(2) 电路连接 2'	抽帧 2 连接交流电源 1 分,电磁打点低压 8 V 电源 1 分。
	(3) 安装纸带 1'	抽帧 3

续 表

考查维度	考查要求和评分标准	抽帧与判卷说明
仪器的操作与测量	(4) 打点 1' 纸带打点	抽帧 4+短视频 1
	(5) 计数 1' 分别标上序号,计数点 0,计数点 1,计数点 2 一直到计数点 6。	抽帧 5
	(6) 测量 1' 测量从 0 点算起到第 3 计数点的位移。	抽帧 6 结果与有效数字正确。
	(7) 计算 2' 根据纸带上标注的符号,求出打第 3 个计数点时纸带的速度	抽帧 7 公式 1 分,数值 1 分。
习惯的培养与践行	(8) 整理器材,仪器归位 1'	抽帧 8

2.3.2 实验操作评价实施过程

以下结合实验操作案例,说明实验操作评价实施过程。

(1) 实验名称

实验 1 测量做直线运动物体的瞬时速度。

(2) 实验器材

小车,钩码,细绳,刻度尺,打点计时器,低压电源,纸带,长木板。

(3) 实验步骤

① 固定装置

把附有定滑轮的长木板放在桌子边缘,定滑轮伸出桌面,在另一端上用固定夹固定安装打点计时器。

机器动作:确认,抽帧 1。

说明:如图 3 所示是实验操作系统的架设,通过两台摄像机拍摄实验过程,并通过平板推送问题进行作答。实验器材放置于拍摄范围内。学生完成步骤 1 后点击平板上的“确认”,即可进行抽帧。

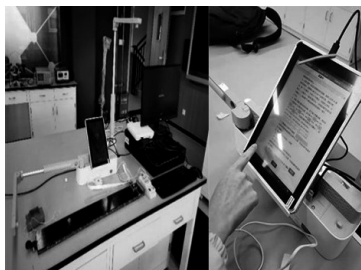


图 3 实验操作系统的架设与平板答题

② 安装打点计时器

连接打点计时器电路。

机器动作:确认,抽帧 2。

说明:如图 4 所示是第 2 步实验步骤时的近景摄像机抽帧拍摄结果。该生的安装存在未固定打点计时器,木板没有伸出桌面等问题。



图 4 近景摄像机抽帧拍摄

③ 安装纸带

把一端拴有细线的小车放在长木板上,把纸带固定在小车带弹簧片的一端,另一端穿过打点计时器的第 1 个限位孔后,从复写纸下面通过再穿过第 2 个限位孔,用手稳住小车,将细线跨过定滑轮。

机器动作:确认,抽帧 3。

④ 打点

先开电源,再松开小车,打出一条纸带。换上新纸带重复实验三次,每打好一条纸带,将定位轴上的复写纸片换个位置,以保证打点清晰,小车快到滑轮端时要用手挡住小车,防止小车与滑轮碰撞或跌落在地上。

机器动作:确认,抽帧 4,短视频 1。

说明:该过程中,不仅涉及针对于打点结果的考查,更涉及对于实验操作过程的考查,故该过程通过截取前后 30 s 的短视频,便于教师查看学生操作。若根据短视频无法操作,还可以通过原视频进度条定位进行学生操作的查看。

⑤ 计数

选择一条比较理想的纸带进行测量,纸带上长约 50 厘米的范围内,清楚地记录 35~40 个点即为宜。选取计数点,每 5 个计数点取一个计数点,共选 7 个计数点,分别标上序号,计数点 0,计数点 1,计数点 2,一直到计数点 6。

机器动作:确认,抽帧 5。

⑥ 测量

测量计数点间的位移。为了减少测量误差,测出从 0 点算起每个计数点的位置,如图 5 所示, $x_1 = 14.0 \text{ mm}$, $x_2 = 35.5 \text{ mm}$, $x_3 = 64.5 \text{ mm}$, $x_4 = 101.5 \text{ mm}$, $x_5 = 145.5 \text{ mm}$, $x_6 = 197.0 \text{ mm}$ 。

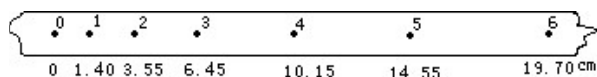


图 5 测量示例

测量从 0 点算起到第 3 计数点的位移。

机器动作:确认,抽帧 6。

说明:如图 6 所示是计数与测量过程的拍摄,通过对照片的放大(软件内实现)教师可以判断学生在平板上填写的测量结果的正误。

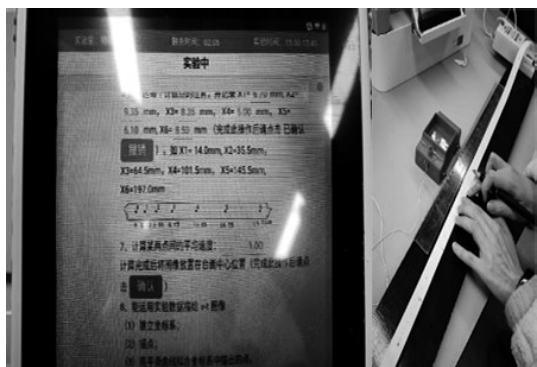


图 6 计数与测量

⑦ 计算

根据纸带上的标注符号,求出打第 3 个计数点时纸带速度。

机器动作:确认,抽帧 7。

说明:如图 7 所示,教师根据学生操作与答题录像、照片,逐项进行评分,考查得分照片同屏展示。

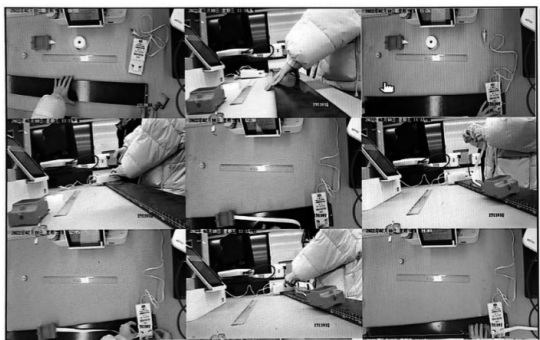


图 7 考查得分照片同屏展示

3 实验操作评价问题和改进

实验操作系统的自身优化改进依托于实验操作

(上接第 53 页)

$\frac{E'}{E}R_{测}$ 所以,对测量值不影响。

参考文献

[1] 人民教育出版社课程教材研究所. 普通高中课程标准实验教科

评价的分析。实验操作评价的分析包含了 AI 与人工阅卷结果分析和成绩公布与教务管理。通过对比 AI 与人工阅卷结果,可以判断 AI 阅卷是否准确,起到对整体系统的反馈作用,为基本需求和考核模型与程序的修改与修正提供参考意见。

例如分析该实验的 AI 与人工阅卷结果,发现:学生往往难以明确如何判断打点计时器算是可以使用,有些通过打纸带的方法进行判断,但最后却没有展示纸带导致 AI 判断与教师判断不符。考虑到该问题考查的是学生能否使用打点计时器这一能力,故将该问题改为:“按照图示安装电磁打点计时器。打一条纸带确定计时器可以使用。将纸带放置于物品结果展示区域并举手报告。”由此实现了在不违背原有考试目的的前提下,完成了考试试题、考试程序的优化。

成绩公布与教务管理是形成成绩后对学生的反馈,其实验操作评价的发布根本目的应该让学生明确自身缺陷,并知晓怎样去努力。故本研究中,最终反馈给学生的也并非一个分数,而是一张详细的成绩报告单。报告单中包含的信息包括:实验操作评价分数、实验操作能力各项平均得分、实验中的表现、以及提升方案。

实验是高中生物理学科素养的重要组成部分,针对实验能力的评价不应仅停留在理论部分,更应关注动手操作部分。随着教育改革的深化,为了更好地促进学生的全面发展,多元的评价手段必不可缺。构建实验操作能力评价系统是健全多元评价的重要一环。在信息技术迅速发展的今天,相信在各项智能技术赋能下,实验操作能力的评价能够更加全面、多元、灵活,能有利于学生各项素养的提升。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018. 1.
[2] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020. 6.

书·物理(选修 3-1)教师教学用书[M]. 北京:人民教育出版社,2010. 5:99—100.

- [2] 人民教育出版社课程教材研究所. 普通高中课程标准实验教科书·物理(必修)(第三册)[M]. 北京:人民教育出版社,2019. 6:87.