

# 基于传统教学模式的实验课教学改革<sup>\*</sup>

——以 OBE 理念为指导的“探究加速度与力、质量的关系”为例

张宁 赖毅标 高永伟

(宁夏大学物理与电子电气工程学院 宁夏银川 750021)

(收稿日期:2022-04-16)

**摘要:**针对目前高考导向所导致的物理实验教学地位低、忽视培养学生创新能力等问题,设计了以传统教学为基础、以 OBE 理念为指导的教学模式,该教学模式以学生为中心,以预期成果为导向,在明确物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任之间关系的基础上进行教学环节的设计,并构建新型教学评价方式,以改进传统实验+随堂检测的方式评价学生的知识技能与创新实践能力。

**关键词:** OBE;教学方法;科学探究;科学思维

## 1 前言

《普通高中物理课程标准(2017年版)》中对物理核心素养的阐述包括4个方面:物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任。教学过程中,许多教师按照课标所描述的四维目标顺序进行教学设计与实施,缺少更深层次的思考,因此明确四维目标之间的关系是创新教学方法的关键。

(1) 物理观念是引领。“物理观念”主要包括物质观念、运动与相互作用观念、能量观念等要素<sup>[1]</sup>。只有先明确物理观念教师才会有教学设计的方向,才会根据物理观念有针对性地进行后续的教学准备。

(2) 科学思维与科学探究是实践。培养学生的科学思维与科学探究能力是课堂教学的难点,也是学生在课堂上应得到锻炼与实践的重点。科学思维与科学探究相互成就、相辅相成。因此,在物理观念的基础上设计合理的教学环节,如分组实验、小组讨论等,真正做到“以学生为中心”。

(3) 科学态度与责任是升华。通过一系列教学环节的承接与铺垫,除知识与技能的提升,也要给学

生传授正确的价值观念等,真正做到“教书育人”。

成果导向教育(outcome based education,简称 OBE),于1981年由 spady 提出,迅速得到欧美国家的认可<sup>[2]</sup>。2013年6月,我国被接纳为《华盛顿协议》签约成员国。目前我国基于 OBE 理念的实施与教育改革主要集中在工科类院校与职业院校<sup>[3]</sup>,但是 OBE 主导的“学生中心”“成果导向”“持续改进”也是高中阶段应该遵循的理念<sup>[4]</sup>。物理作为一门以实验为基础的学科,这一点往往在实际教学中被忽略,导致实验教学只重视结果、不重视过程,只重视知识量考查、忽略创新实践能力的考查等情况<sup>[5]</sup>。学生只靠教师演示与刷题的方式学习,禁锢了学生想要主动探究的思想。在教学理念转变过程中,教师往往缺乏相关经验。基于 OBE 理念,从预期成果出发,反向进行教学设计,不仅给教师提供了理念上的支持,也给缺乏经验的教师在实践方面提供了可能,同时也在提升学生核心素养等方面有至关重要的作用。

## 2 基于 OBE 理念的实验课教学实施

### 2.1 教学思路流程图

基于 OBE 理念,学习目标的确定尤为重要,教师

<sup>\*</sup> 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会“多种教学手段融合的《大学物理》课程教学改革研究”,项目编号:XBJY202105。

作者简介:张宁(1998-),女,在读硕士研究生,研究方向为中学物理教学。

通讯作者:高永伟(1979-),男,副教授,研究方向为中学物理教学。

要根据课标要求,将课程目标细化.其次,以细化的课程目标为导向进行教学设计.对于预期成果的实现进

行相关的评价与考核,除必要知识储备检测外,也要检测学生的创新能力等,教学流程如图1所示.

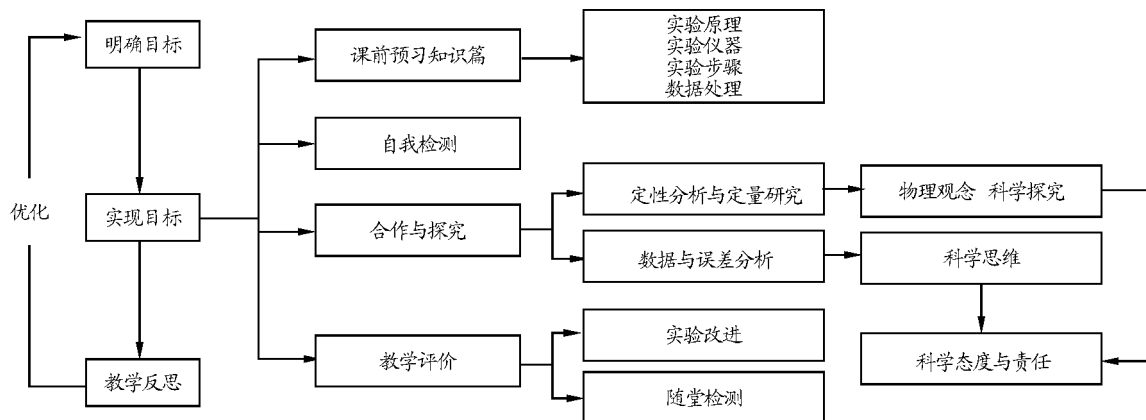


图1 教学流程图

## 2.2 预期成果分析(明确目标)

以 OBE 理念为指导,教师首先要对学生通过本次实验课要达到哪些能力与目标有清晰的构思,课

标解析如表1所示.学会用控制变量法研究物理规律;学会用图像法处理数据、得出结论是本节实验课的预期成果.

表1 课标解析

课标要求	目标细化
明确科学探究实验所要解决的问题	加速度与力、质量的关系
知道制订实验方案是重要的	知道根据生活经验分析问题会有认知偏差,明确所要研究物理量的性质,不可盲目进行实验
有控制变量的意识	通过定性分析加速度与力、质量的关系体会控制变量法的应用
会用基本的力学实验器材获取数据	会测量加速度、力、质量
能用物理图像描述实验数据	能作出物体运动的 $a-F$ 、 $a-\frac{1}{M}$ 图像
能根据数据得出实验结论	通过测量得出的数据分析 $a$ 与 $F$ 、 $M$ 的关系
知道实验存在误差	能从实验数据分析出存在误差,知道误差来源及减小误差的方法
能表达科学探究的过程和结果	能用物理语言描述整个实验过程、结论等

## 2.3 教学实施

学生课前研读教材,填写导学清单.

### 2.3.1 课前预习知识篇

课前导学清单如表2所示.

表2 导学清单

实验原理	用控制变量法分别探究加速度与质量、加速度与力的关系. 1. 加速度与质量的关系:保持小车所受 <u>拉力</u> 不变,改变小车质量,测量质量不同情况下在恒力 $F$ 作用下的加速度,并分析 $a$ 与 $M$ 的关系. 2. 加速度与力的关系:保持小车 <u>质量</u> 不变,改变拉力,测出拉力不同情况下的加速度,并分析 $a$ 与 $F$ 的关系
物理量测量	质量的测量:天平 加速度的测量: 方法一: $\Delta x = aT^2$ 方法二:用电磁打点计时器所打出的纸带上的点迹进行测量计算 方法三:测量不同情况下 $a$ 的比值 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{x_1}{x_2}$

续表 2

实验器材	<p>小车,砝码,钩码,细线,一端附有定滑轮的长木板,垫木,电磁打点计时器,低压交流电源,导线两根,纸带,复写纸,托盘天平,米尺</p>
实验步骤	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用天平测量小车与砝码的总质量 <math>M</math>, 钩码的质量 <math>m</math>.</li> <li>2. 如图 2 所示安装实验仪器.</li> <li>3. 平衡摩擦力.</li> <li>4. 使小车靠近电磁打点计时器, 挂上钩码, 接通电源, 让小车带动纸带匀加速下滑. 通过纸带计算小车加速度. 计算钩码重力, 即小车所受合外力. 将合外力与对应加速度填入课本第 89 页表 1 中.</li> <li>5. 改变钩码个数, 重复步骤 4.</li> <li>6. 保持钩码个数不变, 改变小车质量, 使小车带动纸带下滑.</li> </ol> <p>计算小车与砝码总质量 <math>M</math>, 根据纸带计算小车对应加速度. 将质量与对应加速度填入课本第 89 页表 2 中.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. 改变小车质量, 重复步骤 6</li> </ol>
数据处理	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 根据表 1 的数据作 <math>a-F</math> 图像, 分析 <math>a</math> 与 <math>F</math> 的关系.</li> <li>2. 根据表 2 的数据作 <math>a-M</math> 图像和 <math>a-\frac{1}{M}</math> 图像, 分析 <math>a</math> 与 <math>M</math> 的关系.</li> <li>3. 实验结论: 物体质量不变时, 物体的加速度 <math>a</math> 与所受力 <math>F</math> 成正比. 在力 <math>F</math> 不变时, 物体的加速度 <math>a</math> 与质量 <math>M</math> 成反比</li> </ol>

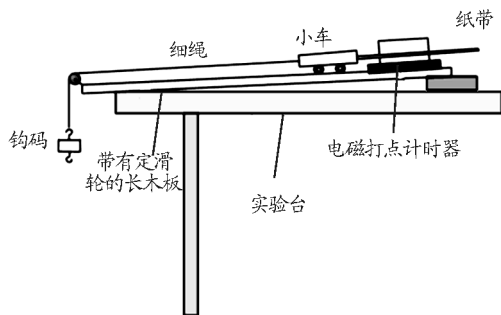


图 2 实验装置简图

### 2.3.2 课上教学实施

#### 教学环节一:自我检测

教师分发自我检测, 学生们作答、对答案, 检测基础知识掌握情况. 对错误的习题进行标注, 明确课堂听课重、难点, 学完本堂课对错题进行二次作答.

#### 自我检测:

(1) 实验中作直线拟合的方法是让每个点都要在一条直线上. ( )

(2) “探究加速度与力、质量的关系” 实验中, 为使小车运动时所受的拉力近似等于钩码的重力, 则钩码的质量  $m$  与小车和钩码的质量  $M$  应满足的关系是\_\_\_\_\_.

(3) “探究加速度与力、质量的关系” 实验中需要平衡摩擦力, 应该让小车( )

- A. 挂上小盘, 拖上纸带, 开动打点计时器
- B. 不挂小盘, 拖上纸带, 开动打点计时器
- C. 挂上小盘, 不拖纸带
- D. 不挂小盘, 不拖纸带

(4) “探究加速度与力、质量的关系” 实验中我们研究了小车“在质量一定的情况下, 加速度和作用力之间的关系”, 又研究了“在作用力一定的情况下, 加速度和质量之间的关系”. 这种研究物理问题的科学方法是\_\_\_\_\_.

(5) 下列说法正确的是( )

- A. 牵引小车的轻绳应和长木板保持平行
- B. 将打点计时器接在 6 V 电压的蓄电池上, 先接通电源, 后放开小车, 打点计时器在纸带上打下一系列点, 并在纸带上标明小车质量

C. 在探究  $a$  与质量  $M$  的关系时, 做出  $a-\frac{1}{M}$  图像能更直观地判断二者间的关系

D. 轻绳对小车的拉力, 一定等于钩码的重力

参考答案: (1)  $\times$ ; (2)  $m$  远小于  $M$ ; (3) C; (4) 控制变量法; (5) AC.

#### 教学环节二:合作探究

课上首先进行目标展示, 使学生明确本节学习目标(表 3).

表3 学习目标

物理观念	学会用控制变量法探究物理规律
科学思维	会用控制变量法、图像法进行数据处理
科学探究	会测量加速度、力和质量,能通过探究加速度与力、质量的关系,作出 $a-F$ 、 $a-\frac{1}{M}$ 关系图像
科学态度与责任	体会探究过程的严谨性与合理性

教师利用汽车启动问题引出所要探究主题,利用小车、导轨、钩码、细绳、砝码、光电门进行实验(图3),并介绍光电门原理,定性分析加速度与力、质量的关系。

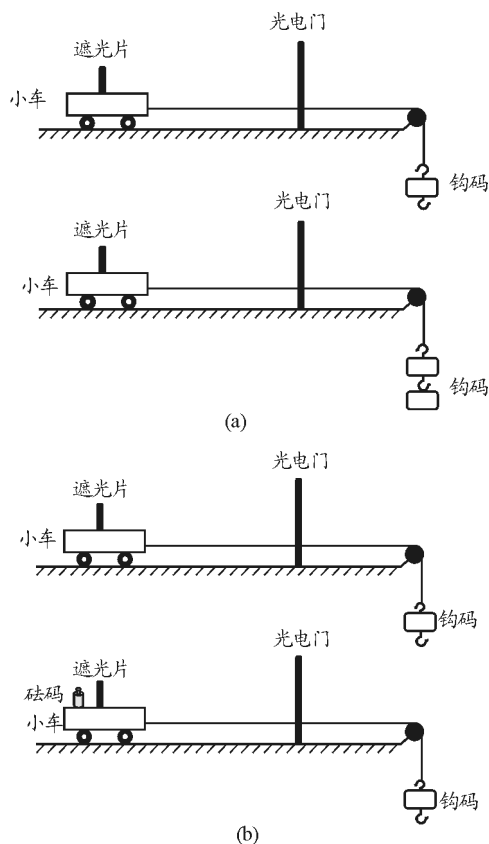
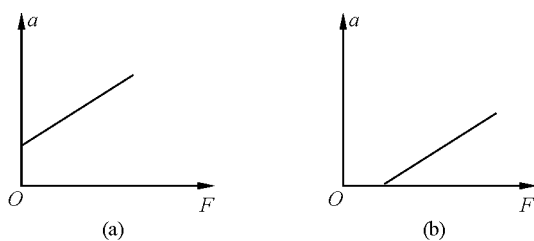


图3 定性分析实验示意图

**目标达成一:**从生活情境引入符合学生认知,学生通过对汽车启动问题的探究经历了提出问题、猜想与假设的过程,通过引导学生对加速度与力、质量关系的定性分析,渗透控制变量的思想,使学生在接下来自主探究过程中能够应用与实践。

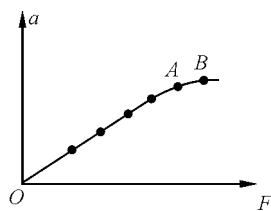
因学生已在课前进行预习,课上组织学生以小组为单位定量探究  $a-F$  和  $a-M$  的关系,问题预测如图4所示,学生讨论,教师引导:图4(a)在拉力  $F=0$  时,已产生加速度,加速度来源是什么?是由小车重力的分力形成,说明平衡摩擦力时,木板倾角过大了。图4(b)说明平衡摩擦力不够或根本没有平衡摩擦力,因为当拉力增大到一定程度时才产生加速度。实验结束后引导学生总结摩擦力如何被平衡、平衡摩擦力的标志及平衡摩擦力原理,并总结注意事项,如在改变  $F$ 、 $M$  后,每次实验使小车尽量靠近打点计时器,先接通电源,再释放小车,在小车到达滑轮前按住小车等。

图4  $a-F$  关系图

**目标达成二:**学生在对定量关系的主动探究中经历了设计方案、实施方案、发现问题、解决问题、总结规律等过程,培养了学生科学探究的能力。除此之外,实验中平衡摩擦力、实验操作注意事项等问题,也在本环节得到解决。

### 教学环节三:数据处理与误差分析

实验探究后,对所得数据进行分析与处理是得出结论的关键。学生根据所得数据进行绘图。问题预测:根据打出的纸带得到小车加速度,绘制  $a-F$  图像如图5所示,图像开始为直线,随着  $F$  的增大,为什么发生了弯曲?

图5  $a-F$  关系图

教师引导: $F$  代表钩码的重力,不等于作用在小车上的实际拉力,钩码的质量越小,误差越小。当  $F$

继续增大时,图像中  $AB$  段偏离直线,表明钩码质量过大,不满足  $m \ll M$  的条件,属于系统误差.和学生一起总结其他偶然误差与系统误差情况及减小误差的方法,如质量、点迹间距离测量有误,要多次测量取平均值.

最后让学生用物理语言描述整个实验过程,检测学生是否能表达科学探究的过程和结果.此时让学生对自我检测中错误的地方进行二次作答,看是否能根据本节课所学内容解决问题,对于共性问题教师需要进行答疑解惑,对自我检测的复盘也是检测教学效果的方法之一.

**目标达成三:**通过对  $a-F$ 、 $a-\frac{1}{M}$  函数图像的绘制,以及图像弯曲现象的分析等锻炼了学生模型建构、科学推理的能力,整个实验过程紧密结合、严谨科学,使学生体验了物理探究过程的合理性、严谨性.

#### 教学环节四:教学评价

以 OBE 理念为指导的教学模式中,教学评价起到“持续改进”的重要作用,即通过教学评价检测目标的达成情况,进而优化教学设计.

(1) 在学生经历实验探究、数据处理的基础上,针对实验所存在的摩擦力平衡不足或过剩、系统与偶然误差等问题进行改进,教师根据学生需要讲解气垫导轨、传感器等器材的简易原理与使用说明,使学生自主选择实验仪器进行实验改进,改进传统实验的过程是检测学生实验掌握情况的过程,也是培养学生创新能力的过程,预设如下.

图 6 为改进后的实验装置,改进后减小了系统误差,钩码的质量无需远小于小车的质量,也无需测量钩码质量.

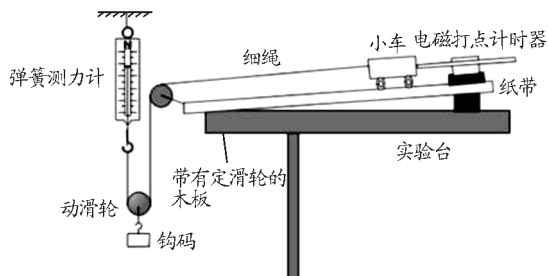


图 6 改进后的实验装置

在图 6 基础上,图 7 用光电门代替电磁打点计时器,直接利用光电门与遮光片测得滑块的初、末速度,再由运动学公式求出加速度<sup>[6]</sup>.图 8 在图 7 基础上不需平衡摩擦力,力传感器测量拉力更精确直观.

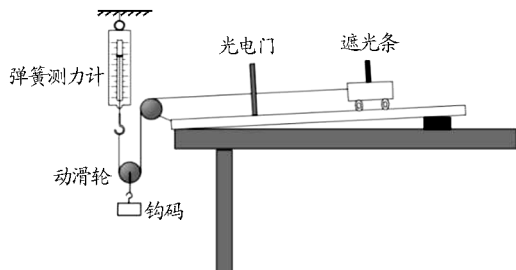


图 7 光电门代替电磁打点计时器

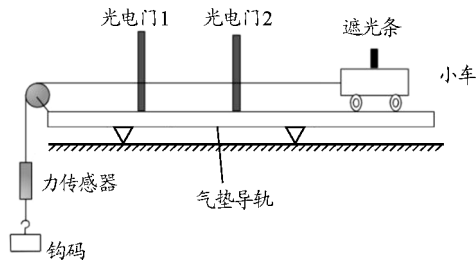


图 8 力传感器测量拉力

学生针对实验问题所绘制的实验装置改进图,可作为培养与评价其创新实践能力的标准.例如:学生是否会根据平衡摩擦力问题想到利用气垫导轨省略平衡摩擦力这一步骤?是否会想到将传统的电磁打点计时器换成直接可测量速度的光电门或位移传感器?是否会在明确实验原理基础上简化实验步骤,利用弹簧测力计或力传感器直接测量小车所受拉力,省略测量质量这一环节?学生在进行实验改进过程中难免会出现过于理想化的情况,此时教师应作出相应的反馈,指出问题所在.

#### (2) 随堂检测

随堂检测是对学生基础知识掌握情况的一个评价,通过针对不同情形选择科学方法检测学生是否明确实验方法与原理.实验题的设置则考查了学生对物理量测量、数据处理、误差分析的掌握情况.

#### 随堂检测:

(1) 在“探究加速度与力、质量的关系”的实验中,渗透了研究问题的多种科学方法:

1) 实验环境的等效法:\_\_\_\_\_,实验条件设计的科学方法:\_\_\_\_\_.

2) 实验原理的简化:\_\_\_\_\_,当小车质量  $M_{\text{车}} \gg$



$m$  钩码时,细绳对小车的拉力大小近似等于钩码的重力  $mg$ .

3) 实验数据处理的科学方法: \_\_\_\_\_, 由  $a-M$  图像转化为  $a - \frac{1}{M}$  图像, 所用的科学方法: \_\_\_\_\_.

(以上选填理想实验法、图像法、平衡摩擦法、化曲为直法、控制变量法、近似法)

(2) 在“探究加速度与力、质量的关系”实验中,某同学使用了如图 9 所示的装置,“每 5 个点”与“每两点间还有 4 个点未画出”是等效的,木板放在水平桌面上,打点计时器打点频率为 50 Hz.

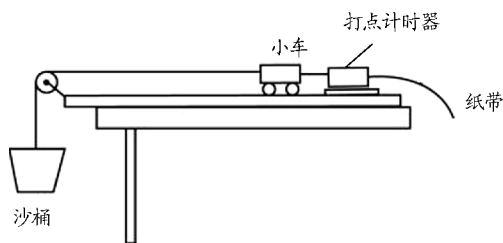


图 9 第(2)题实验装置

1) 实验得到如图 10 所示的一段纸带,每 5 个点为一计数点,测得  $x_{AB} = 7.65 \text{ cm}$ ,  $x_{BC} = 10.17 \text{ cm}$ , 实验测出小车的加速度大小为 \_\_\_\_\_ (结果保留两位小数).

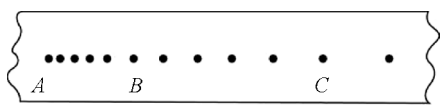
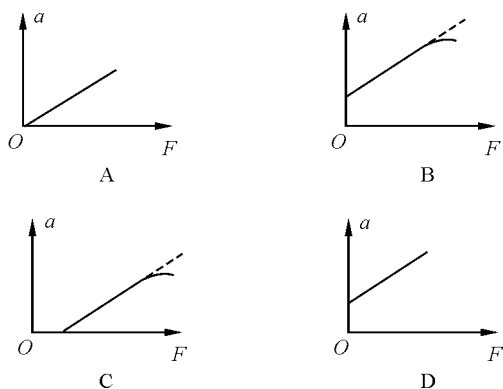


图 10 图 9 装置所得纸带

2) 若直接按图所示装置进行实验,以沙和沙桶的总重力  $F$  为横坐标,通过纸带分析得到的加速度  $a$  为纵坐标,画出的  $a-F$  图像合理的是( )



3) 实验中,沙和沙桶的总重力 \_\_\_\_\_ (选填“大于”“小于”或“等于”) 绳子对小车的拉力,为了让沙和沙桶的总重力大小更接近绳子对小车的拉力,应让沙和沙桶的总质量 \_\_\_\_\_ (选填“远大于”或“远小于”) 小车的质量.

4) 若 2) 中 4 个图像中的图线(包括 B、C 中的直线部分) 的斜率都为  $k$ ,  $k$  可能与什么有关? \_\_\_\_\_.

**参考答案:** 平衡摩擦法, 控制变量法, 近似法, 图像法, 化曲为直法;  $2.52 \text{ m/s}^2$ , C, 大于, 远小于; 小车质量.

### 3 总结与反思

本文以“探究加速度与力、质量关系”为例,基于传统教学模式,以 OBE 理念为指导,对课标要求进行分解、细化. 在明确四维目标关系的基础上,根据预期成果进行教学环节的设计,从渗透控制变量的思想到科学探究、科学思维的培养,再到知识技能、创新能力的培养与评价,4 个教学环节环环相扣,使整个实验教学过程自然流畅. 促进学生核心素养的提升,一直是广大教育工作者极力追求的目标,四维目标范围广泛,从四维目标中的某一方面入手也是一种教学手段,例如实验中对系统误差的分析就是对学生科学推理能力的培养.

### 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[S]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [2] SPADY G W. *Outcome-based education: critical issues and answers*[M]. Arlington: American Association of School Administrators, 1994.
- [3] 常志英, 崔维森. 国内成果导向教育研究主题及脉络演进[J]. 河北大学学报(哲学社会科学版), 2019, 44(5): 59-67.
- [4] 居玲玲, 居露, 翁雨燕. OBE 理念下的中学物理居家实验——以细丝直径测量为例[J]. 物理教师, 2020(9): 49-53.
- [5] 尚建平. 高中物理实验教学现状及提升策略刍议[C]. 课程教学与管理研究论文集(五), 2021, undefined.
- [6] 温敏. 用阻力补偿法探究加速度与力、质量的关系的实验器材改进与创新[J]. 物理教师, 2021(12): 52-54.