

物理教师

中国教育学会物理教学专业委员会会刊 | 全国中文核心期刊

®

6

June

2023

★★★
求求求
新实活

中国教育学会物理教学专业委员会会刊 | 全国中文核心期刊

本期导读 >>>>>>>>>>>>>>>>

促进深度学习的物理课堂教学行为特征研究
核心素养视域下深度学习课堂的重构——以“超重和失重”为例
新旧《义务教育物理课程标准》中工程教育元素的对比研究
利用科里奥利力判断小流量液体流向装置
英国初中物理教材中跨学科实践内容研究

《物理教师》编辑委员会编

ISSN 1002-042X



9 371002 042237



网 址: <http://physicsteacher.suda.edu.cn>



投稿邮箱: wljs@suda.edu.cn

 扫描全能王

基于DISLab的初中物理数字化实验资源开发

——以“声现象”为例

…… 潘迎昕 张雨欣 周一等(38)

物理实验

利用科里奥利力判断小流量液体流向装置

…… 张一帆 董裕力 翁雨燕(42)

对探究加速度与力和质量关系实验的创新思路

探析 …… 胡生青(45)

纹影法演示声波的干涉

…… 钟良帅 蒋文文 王烨丽(48)

用等效法测量玻璃砖的折射率 …… 吴新田(50)

问题讨论

让问题解决得更彻底一些

——对《“意”犹未尽,再续“后”缘》一文再

续“后”缘 …… 杨天才(52)

有限长带电导体直线电荷分布的讨论

…… 江俊勤 姜付锦(55)

国外教育

英国初中物理教材中跨学科实践内容研究

…… 黄龙文(59)

物理·技术·社会

伯努利方程的本质及机翼升力的教学分析

…… 任少锋(63)

教师进修园地

浅谈基于跨学科实践的创新能力的培养策略

…… 高雷 孙晓燕 丁云等(66)

现代教学技术

可视化教学在高考问题分析中的妙用

——以2022年湖北高考压轴题为例

…… 陈栋梁(70)

高考命题研究

基于SOLO理论的思维测评量表建构与启示

——以2022年全国甲乙卷高考物理试题

为例 …… 曹义才(74)

契合“四翼”要求 引领教学方向

——2022年北京高考卷第13题的分析与

启示 …… 陈绍辉 王运森(77)

深化能量观念 阐释物理规律

——对2022年湖北高考物理第16题的

进一步讨论 …… 郭彪(81)

回归物理习题教学本原 发展学生学科关键能力

…… 唐双虎 左祥胜(84)

复习与考试

探讨在细节分析与临界拓展中促使思维进阶的策略

——兼谈2021年山东高考试题第21题

…… 蔡钳 王家燕 程震惊(89)

“一题多解”直击理想气体变质量问题

…… 岳晓艳(94)

竞赛园地

“迁移法”解非质点类机械能守恒问题

…… 陈卫国(96)

对探究加速度与力和质量关系实验的创新思路探析

胡生青

(江苏省江阴市教师发展中心, 江苏 无锡 214401)

摘要: 探究加速度与力和质量关系的实验是高中物理的重要实验, 承载丰富的育人价值。本实验教学实践普遍采用人教、教科、鲁科、沪科等版本教材中的方案。采用该方案, 由于难度大、问题多, 实验目标达成度较低, 学生学习体验不佳。教学中引导学生围绕降低理解难度, 简化实验操作, 提高实验测量精度, 分析后提出了4种优化的创新实验思路。通过分析这4种创新思路, 可以升华学生理解实验原理和实验操作背后的逻辑, 提升迁移应用实验原理、方法解决新问题的能力。

关键词: 加速度; 平衡阻力; 创新思路

探究加速度与力和质量关系实验是高中物理必修1中最重要、难度最大的实验。重要是因为本实验探究得出的结论牛顿第二定律是高中力学重要的主干知识, 是高中物理解决问题的重要知识。此外本实验承载很多重要的物理方法。难度大主要有两个方面: 第一是实验操作步骤繁琐且对实验技能要求较高; 第二是因为实验数据处理比之前学生遇到的任何实验都复杂, 计算量比较大。本实验教学实践中发现, 学生学习体验较差, 教学效果差强人意。一方面实验操作不顺利、数据处理误差较大, 其次, 对实验原理理解不透彻, 不能对实验进行融会贯通, 无法迁移应用和解决新问题。鉴于本实验的重要性, 有必要对本实验进行创新, 提升学生学习体验, 提升教学目标达成度, 让更多学生能够顺利完成实验, 能够深刻理解实验原理。

1 实验难点剖析

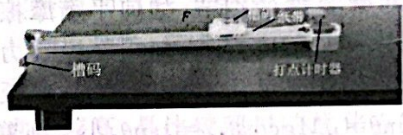
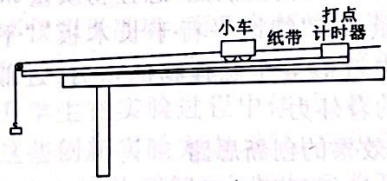
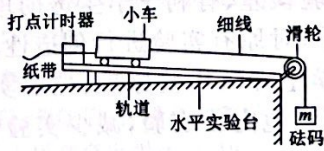
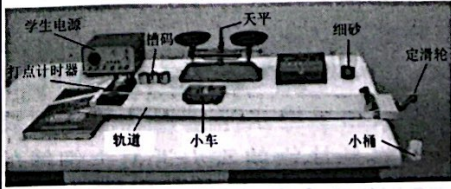
教师开展实验教学未必照搬教材实验, 但教材实验是最重要的参考, 是最重要的实验教学资源。现在高中物理有5个版本新教材, 使用比较广泛的有人教、教科、鲁科、沪科等4个版本。现在几个主流高中物理教材对本实验的编排如表1所示。^[1-4]

2 教材主流实验方案不足

人教、教科、沪科教、鲁科等4版本教材中的实验方案, 在教学实践中使用最广泛, 可以称之为主流实验方案。主流实验方案使用打点计时器和长木板, 用阻力补偿法消除阻力的影响, 使合力测量得到简化。将不能直接测量的加速度、合

外力等物理量转化为测量点迹间距、打点时间间隔、悬挂物重力等, 但这一实验方案存在如下不足。

表1 几个主流高中物理教材中的实验方案

版本	教材装置示意图	教材方案关键环节简介
人教		把木板一侧垫高, 补偿小车受到的阻力; 利用槽码等物体提供拉力, 近似为小车的合外力; 用打点计时器记录运动信息, 得到加速度; 用控制变量法分别研究加速度与质量、合外力的关系
鲁科		
教科		
沪科教		

基金项目: 本文系江苏省教育科学规划课题“指向科学思维的高中物理信息化实验教学研究”(课题编号: D/2021/02/95)阶段性研究成果。

(1) 实验操作繁琐. 利用重力补偿法消除阻力的影响需要学生经过比较细致、耐心的调试, 直到不挂钩码时小车拖着纸带匀速运动(打点计时器打下间距均匀的点迹); 调整滑轮使得细线与长木板平行; 保持小车质量不变, 多次改变悬挂物质量, 要求悬挂物质量远小于小车质量, 得到加速度与所受合外力的关系; 保持悬挂物质量不变, 多次改变小车质量, 得到加速度与质量的关系. 操作步骤比较多, 尤其是“平衡阻力”是需要多次反复调试, 对学生的实验技能和耐心都是极大考验.

(2) 实验误差较大. 本实验误差较大, 主要原因有: 学生实验操作技能与实验要求之间存在一定的差距, 例如学生进行“平衡阻力”的操作时, 经常会出现没有平衡到位或者倾角过大; 纸带测量、质量测量读数不准导致偶然误差, 尤其是一些学生对天平的使用还不熟练; 合外力近似等于悬挂物重力导致的系统误差, 即使满足“平衡阻力”和细线与长木板平行, 小车所受合外力实际上小于悬挂物的重力.

(3) 实验细节理解难度大. 按照上述方案本实验中有两个非常关键的细节. 如何平衡摩擦力以及怎样才算平衡好摩擦力. 为何平衡摩擦力时不挂钩码? 为何垫高打点计时器一端, 长木板倾角 θ , 此时 $Mg\sin\theta = \mu Mg\cos\theta$, $\mu = \tan\theta$, 小车拖着纸带匀速运动? 另外, 为何要满足“悬挂物质量 m 远小于小车质量 M ”“细线平行于长木板”“平衡阻力”, 细线拉力近似等于悬挂物的重力, 近似认为是小车受到的合外力.

3 优化实验效果的创新思路

对本实验进行创新就需要想方设法从简化实验操作、减少实验误差、有利于学生透彻理解实验原理等方面入手, 对原有实验进行创造性改进. 以期能够更好让学生理解实验原理、理解实验操作背后的逻辑, 顺利地完成任务, 减少实验误差, 顺利得出可靠结论.

3.1 转化研究对象简化实验条件

主流实验方案以在斜面上运动的小车为研究对象, 测合外力时, 需要满足条件 $m \ll M$. 学生已有的基础知识和思维水平难以理解为何要满足 $m \ll M$ 才能将悬挂物的重力近似为细线的拉力, 进而得到小车的合外力 $F = mg$. 条件 $m \ll M$ 是因为研究对象受到的拉力和重力不等($mg > T$), 将研究对象转化为小车和悬挂物, 拉力变成了内力, 阻力已经被平衡掉, 悬挂物的重力即为

系统的外力.

本创新思路, 没有改变原有实验装置, 只将研究对象变成小车和悬挂物组成的系统. 实验中操作细节略有不同. (1) 拉力不变, 改变系统的质量, 探究 a 与 m 的关系, 只需要保持悬挂物不变, 在小车中增减钩码即可; (2) 质量不变, 改变拉力时, 探究 a 与 F 的关系, 只需要将小车中的钩码增加为悬挂物即可.

3.2 消除摩擦力精简实验步骤

主流方案中对实验结果影响较大、学生操作困难最大的实验步骤是“平衡阻力”, 如果能省去这一步骤, 学生实验的难度会降低, 实验目标达成度和体验都会提高. 实验中可采用如图1所示的方案(本实验方案为粤教版新教材中的实验方案),^[5]用气垫导轨“消去”阻力, 以滑块和遮光条为研究对象, 细线的拉力即为合外力, 此时只需要满足 $m \ll M$ 和细线平行于导轨即可很好地完成实验.

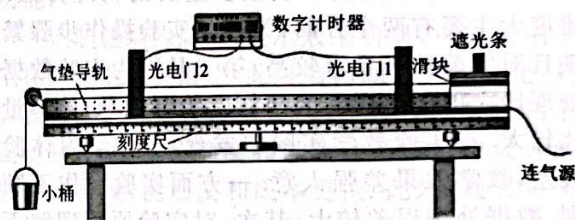


图1 “消除”摩擦力实验方案

本创新思路避免了测量合力时“平衡阻力”这一繁琐的操作步骤, 降低了实验的难度, 且按照本方案改进后, 利用光电门测量速度然后得出加速度, 与原方案中打点计时器测量加速度相比测量误差较小.

3.3 转变合外力提供方式准确测出合力

前述实验方案中, 利用悬挂重物提供研究对象做匀加速直线运动的合外力, 需要满足 $m \ll M$ 才能求出合力, 且理解难度偏大. 设计实验时可以换个思路, 先反复调节轨道倾角, 直到小车拖着纸带做匀速运动, 此时小车受力等效为细线的拉力和沿轨道向下力的“二力平衡”. 剪断细线, 小车拖着纸带加速向下, 重力的分力提供合外力——等于悬挂物(小桶和沙)的重力. 通过分析纸带, 利用逐差法可得加速度. 实验装置示意图如图2所示. 探究时, 先保持 M 一定探究加速度与合力之间的关系, 改沙桶和沙的质量、倾角, 调节倾角直到匀速, 得到一组合外力和加速度的实验数据, 重复多次得到多组数据; 其次, 探究合力

F 一定,加速度与质量的关系,沙桶和沙质量不变,改变小车的质量,继续调节直到匀速,得到加速度和小车质量的关系,多次重复得到多组实验数据。

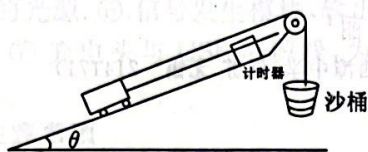


图2 准确测拉力实验方案

本实验创新思路解决了实验条件 $m \ll M$ 理解困难的问题,但需要调整轨道倾角,平衡阻力的次数太多,每一次改变小车或悬挂物的质量都要平衡阻力。学生平衡摩擦力的操作完成度较低,且耗时间较长。

3.4 没有摩擦且准确测出合力

主流方案中为了测量出细绳的拉力,需要进行“平衡阻力”(阻力补偿法),质量关系满足 $m \ll M$,然后近似处理得到合外力等于拉力,也等于悬挂物的重力。这样不仅存在前文所述学生理解难度较大,也存在“平衡阻力”这一繁琐的操作步骤。实验中如果能够准确测出小车做匀加速直线运动时的合外力即可避免上述两个难点。可在图1所示方案的基础上进一步改进,装置示意图如图3所示。开启气泵,将气垫导轨一侧用升降台垫高,并在这一侧固定弹簧测力计或拉力传感器,并用细线拉住滑块(含遮光条),滑块处于平衡态。根据受力平衡的知识可知,拉力(示数)等于滑块重力沿轨道向下的分力。剪断细线,滑块匀加速下滑,其所受合力等于示数。通过光电门测出速度,测出两光电门之间的距离,进而得到加速度。采用控制变量法进行探究时,先让滑块质量 M 一定,调节升降台的高度,气垫导轨倾角发生变化,剪断细线后合力为 $Mg\sin\theta$,实现合力的改变。其次,保持合力不变,探究加速度与质量的关系,利用在滑块上增加橡皮泥改变滑块的质量,此时仍要调整高度,改变倾角,保持弹簧秤(或拉力传感器)读数不变,实现合力保持不变。

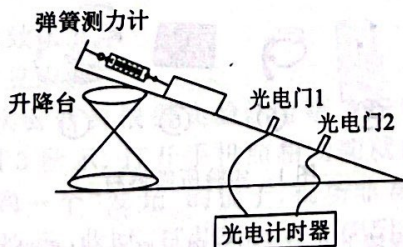


图3 “消除”摩擦力且准确测量拉力实验方案

本实验创新思路通过弹簧测力计或拉力传感器测出滑块静止在气垫导轨上时拉力的大小,从而得到滑块匀加速下滑时所受合外力的大小。这避免了平衡阻力的麻烦,且无须满足条件 $m \ll M$,不仅简化操作,也降低理解的难度。

4 结语

通过分析主流教材和教学实践中采用率最高的实验方案的不足,提出了改进方案的思路,针对本实验所提出的4种创新思路,对促进学生深化实验原理的理解,明晰实验操作背后的逻辑道理。诚然,本实验的上述创新思路,依然存在不尽完善之处,例如图1所示的方案虽然无须“平衡摩擦力”,操作得到简化且提高实验测量精度,但实验设备普及率太低,很多学校无法开展分组实验。图2所示的实验改进方案,虽然学生对原理理解难度降低,但学生需要进行多次“平衡摩擦力”的操作,这对学生的要求依然较高。

围绕原有实验方案的不足,分析实验创新思路。新的实验方案,或降低实验操作对学生的要求,或降低学生理解实验原理的难度,从而提高学生在实验中的目标达成度,让学生在实验中获得更多的积极体验。图3所示的创新思路,不仅解决了实验理解难度,也解决了实验操作的难度,测量精度也比较高,是比较理想的优化方案。图1、图3所示的实验方案利用传感器、数字计时器,结合计算机不仅测量准确,而且分析实验数据比较快捷,不仅能够较好地改善实验效果,降低实验难度从而提升学生在实验过程中体验。教学中带领学生分析这些创新实验方案,可以升华学生对实验原理、实验方法的理解,让学生感受不同方案的优劣,促进学生更好融会贯通和迁移应用,从而解决创新实验问题。

参考文献:

- 1 彭前程,黄恕伯.普通高中教科书物理必修第1册[M].北京:人民教育出版社,2019.
- 2 廖伯琴.普通高中教科书物理必修第1册[M].济南:山东科学技术出版社,2019.
- 3 陈熙谋,吴祖仁.普通高中教科书物理必修第1册[M].北京:教育科学出版社,2019.
- 4 束炳如,何润伟.普通高中教科书物理必修第1册[M].上海:上海科技教育出版社,2019.
- 5 保宗梯.普通高中课程标准实验教科书物理必修1[M].广州:广东教育出版社,2019.

(收稿日期:2023-01-26)