

# 几种“伽利略斜面实验”教学设计的比较和改进<sup>\*</sup>

庞惠华

(江苏省江阴高级中学 江苏 无锡 214400)

章 强

(江苏省南菁高级中学 江苏 无锡 214437)

(收稿日期:2019-04-07)

**摘 要:**“伽利略理想斜面”是“牛顿第一定律”课堂教学中的重要内容,是学生学会利用实验现象结合合理外推这个科学方法的必要学习载体.实验设计的有效性、实用性、可操作性都严重影响课堂教学的推进和学生学习效率.本文对比几种常见的实验教学,并分析了他们的设计优缺点及误差原因,结合他们的优点,提出了改进后的实验设计.

**关键词:**伽利略斜面实验 设计比较 实验改进

必修1第四章第一节“牛顿第一定律”的教学中,“伽利略理想斜面实验”是本节最核心的内容,学生需要通过实验的学习,学会伽利略创造的实验现象、合理假设和逻辑推理相结合的科学方法.教师在讲授本节内容时,不可回避地需要演示“伽利略理想斜面实验”.在人教版教材中,提供了一张此实验的频闪照片,虽然实验现象明显,但学生在新课学习中,对科学研究的过程较难体会清楚.为了能让实验研究的过程更加明了,也为了能更好地达到实验效果,笔者对比了目前高中教学中常用几种实验装置的利弊及其原因,并对此进行了改进,供广大一线物理教师参考.

## 1 几种常见教学设计

**设计一:**

**实验装置:**传统木质轨道,钢球(图1).



图1 伽利略斜面实验设计一

**实验类型:**演示实验.

**设计思想:**完全按照课本“伽利略理想斜面”的要求来订制轨道,将两个倾斜斜面通过圆弧连接制成.

**实验现象:**木质轨道摩擦较大,钢球最终到达的高度与初始释放的高度有较大差距.

**实验设计的优缺点:**第一,本实验装置和设计的最大优点是贴近教材中的实验模型,学生在思维建模时不需要任何的转化;第二,此实验装置轨道不能调节倾斜角度,不能完整地进行实验演示;第三,钢球和装置轨道之间的摩擦比较大,钢球到达的最大高度与初始位置有较大落差.

**设计二:**

**实验装置:**硬质家装踢脚线轨道,钢球,黑板,彩色吸盘(图2).

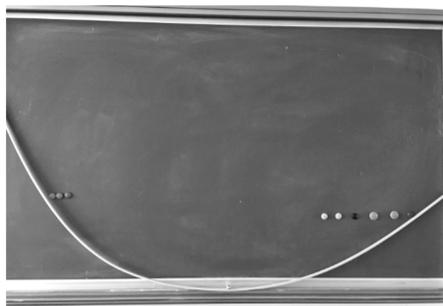


图2 伽利略斜面实验设计二

<sup>\*</sup> 江苏省教育科学“十三五”规划2018年度重点课题“基于教育大数据的高中物理学历案整体设计研究”的阶段性成果,项目编号:B-b/2018/02/127

通讯作者:章强(1982- ),男,中教高级,主要从事中学物理教学及研究.

**实验类型:**课堂演示实验.

**设计思想:**由于需要借助黑板来记录钢球最终的高度,所以此实验需要邀请两位学生来课堂演示.一位学生在某一固定高度释放钢球,另一位学生在轨道末端记录钢球第一次到达的最大高度,并用彩色吸盘表示.多次改变轨道的弯曲程度,并记录钢球最终到达的位置.

**实验现象:**多次实验后,钢球最终到达的高度都比初始位置稍低.

**实验设计的优缺点:**第一,实验是演示实验,学生集体探究,并由学生动手演示,并能直观地观测和记录钢球最终到达的高度,所以学生参与度较高;第二,本实验设计的最大优点是实验轨道倾斜程度可以随意调节,最大程度地贴合伽利略理想斜面实验的最初设计思想;第三,在实际实验演示中,钢球最终到达的高度将会比最初释放高度低,分析其原因,钢球在下落过程中,硬质装修踢脚线轨道会出现晃动和形变,钢球的部分动能会转化为轨道的动能和弹性势能.硬质踢脚线轨道的内侧比较光滑,摩擦损失的能量较少.

**设计三:**

**实验装置:**单摆(图3).

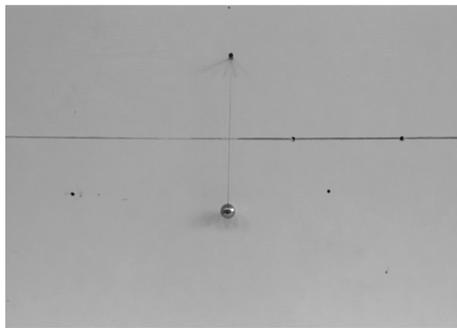


图3 伽利略斜面实验设计三

**实验类型:**演示实验.

**设计思想:**为了减少轨道摩擦而造成能量损失,设计了单摆模型.利用钢球在摆动过程中绳拉力一直垂直于速度方向,等效于“伽利略理想斜面”中轨道给钢球的支持力.将“伽利略理想斜面”模型等效成单摆,还可以通过改变摆长来改变轨道长度,多次实验验证,当摆线足够长时,类似将“伽利略理想斜面”中轨道放平.

**实验现象:**钢球从左侧将摆动到右侧几乎等高位置.

**实验设计的优缺点:**第一,实验现象符合预期,钢球可以到达等高位置,可以较好地实现教学目的;第二,模型的建立不够直接,模型的转化需要浪费课堂时间;第三,无论摆线多长,单摆在实验中展示的都是圆弧轨道,轨道具有特殊性,不具有普遍性.

**设计四:**

**实验装置:**伽利略理想实验演示器(图4).



图4 伽利略斜面实验设计四

**实验类型:**学生分组实验.

**设计思想:**更好地还原了“伽利略斜面实验”,轨道倾斜角度可以调节,同时设计了两条水平线.

**实验现象:**钢球最终到达的高度与初始位置有较大落差.

**实验设计的优缺点:**第一,实验设计完全贴合教材设计,可以较好地呈现设计的思想;第二,厂家统一定制,制作精美,可以进行学生分组实验;第三,由于钢球轨道与硬质塑料之间的摩擦,造成高度落差比较大.

## 2.4 4种设计的比较

有效的实验设计是课堂教学顺利实施的保证,实验设计的有效性要从以下5个方面评判:第一,实验设计能够激发学生的学习兴趣;第二,创设物理情境,养成科学的态度;第三,优化物理概念和模型的建立;第四,优化物理规律的认识;第五,培养和提高物理实验的各种技能,感受和掌握科学的方法.比较4个实验设计来看,设计一实验误差较大,不能改变斜面的倾斜程度,无法进行完整的实验,也就无法介绍物理思想,也就是说不能创设完整的物理情境,也就不能感受和掌握科学的方法;设计二在激发学生学习兴趣和提高学生课堂参与度方面最佳,实验的

误差较大;设计三在实验效果上最佳,但在物理模型的建立上浪费了宝贵的课堂时间,容易偏离主题;设计四在装置的呈现上最佳,但容易忽略学生物理模型建立过程,同时实验效果不理想.

实验设计四装置中,钢球轨道呈现“U”,轨道较窄,钢球并不是在轨道中滑动,而是架在轨道上滚动,如图5所示.由曲线运动规律可以知道:钢球在曲线轨道中运动时,向心力由支持力和重力提供,即  $F - G = \frac{mv^2}{r}$ ,其中曲率半径  $r$  越小,向心力越大,支持力  $F$  需要越大;同时由平行四边形定则可知: $F$  与  $N$  之间要遵循  $F = 2N\cos\alpha$ ,所以  $F$  越大, $N$  越大;钢球与轨道间的滑动摩擦力  $f = \mu N$  越大.

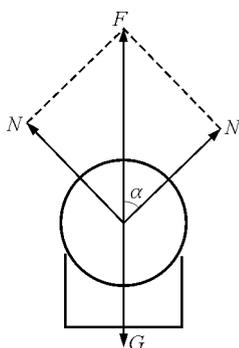


图5 实验设计四钢球受力分析

### 3 实验装置的改进

物理学科核心素养中的科学思维包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素.一个好的实验演示可以帮助学生更好地建立科学思维,提升学生的物理核心素养.“伽利略理想斜面实验”是课堂教学中引导学生学习牛顿第一定律的基础,同时也是学生了解物理学史的过程,所以改进后的实验设计还是应该帮助学生建立传统的实验模型,了解科学家的探索历程.同时还需要解决传统物理模型中实验效果不佳的问题,主要是摩擦力太大,钢球在滑动的过程中损失的能量太多所致.还需兼顾如何来激发学生学习兴趣,学会实验现象、合理假设和逻辑推理的科学研究物理问题的方法,笔者认为改进后的实验还是以学生集体参与的课堂演示实验为宜.

考虑到传统实验的摩擦较大,首先改变钢球受

力情况,实验设计四中的轨道太窄,实验室中无法找到更小的钢球,同时实验设计四中轨道内不够光滑,选取较宽的轨道,设计二中材料硬质踢脚线比较合适,同时在硬质踢脚线内铺一层透明胶带,选择合适尺寸的钢球,让钢球的直径略小于轨道的宽度,那么钢球在轨道内的受力如图6所示.钢球在曲线轨道中滑动时,  $N_1 - G = \frac{mv^2}{r}$ ,改进后的轨道与钢球间的弹力小于设计四中弹力,即  $N_1 < N$ ,改进后的摩擦力也较小.考虑到设计四中轨道弯曲较大,增大钢球轨道的曲率半径,即  $r$  增大,也可以有效减少摩擦力,同时用强力胶和钢钉将轨道固定好,减少钢球冲击时轨道的晃动,减少钢球能量的损失.在黑色等高线位置多固定几个可以随时改变轨道高度的钉子,可以用来改变轨道的倾斜角度,用于实验探究.改进后的实验装置如图7所示,经过课堂教学实践,实际效果符合预期.

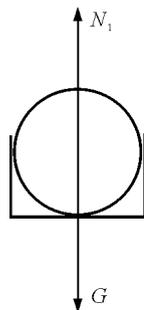


图6 改进后的实验设计四钢球受力分析



图7 改进后的实验设计四实验装置

### 参考文献

- 1 刘培新. 关于高中物理教学中实验作用的实现. 物理教师, 2014(6):28
- 2 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版)解读. 北京: 高等教育出版社, 2018. 45 ~ 53