

物理实验



基于传感器的凹凸桥实验仪^{*}

江 华 谢 娇 张 勇

(重庆市潼南中学校 重庆 402660)

(收稿日期:2020-02-02)

摘 要:凹凸桥是高中物理必修二内的重要内容,但实验室里只有定性研究小球在凹凸桥上运动的实验器材,而且实验效果并不是很理想,更没有定量验证凹凸桥公式的实验器材.为了弥补这一缺陷,更好地让学生理解圆周运动的力学问题、凹凸桥上的力学问题,笔者团队在传感器能够准确测量力大小的提示下,利用力传感器,研究、设计、制作了一套可以较为准确地定量研究凹凸桥实验规律的仪器.该仪器不仅能够定量地判断物体在凹凸桥上的超重、失重状态,更能够定量验证其凹凸桥上的力学关系,对学生学习、理解凹凸桥上运动物体的力学规律有着很好的帮助,对实验教育的发展也有一定的促进作用.

关键词:凹凸桥 传感器 实验仪

1 概论

凹凸桥这一知识点是人教版必修二圆周运动部分的重要内容,也是考试的重要内容,更是日常生活中常见的桥模型,是生活中的重要常识.凹凸桥理论的学习可以促进学生对生活中各种桥原理的理解,也可以促进学生在生活中对凹凸桥理论的运用.凹凸桥教学模型的演示对学生理解凹凸桥理论有着很大的帮助,但传统实验室中的凹凸桥演示器只能定性地观察和分析,并不能够定量地实验和分析.为了弥补这一不足,笔者团队在传感器的基础上,认真研究制作了能够定量实验的凹凸桥演示仪.现将具体情况介绍如下.

2 传统实验仪的实验方法及不足

2.1 第一类凹凸桥实验演示器

2.1.1 仪器介绍

一般实验室的凹凸桥演示器,如图1所示,是泰州市永创教学仪器有限公司生产的凹凸桥演示器.该仪器由塑料、木质组成的固定装置和两块亚克力板制成的弯曲轨道组成,亚克力板中间的缝隙宽度可以利用中间的两个螺母进行调节.



图1 实验室内凹凸桥演示器

2.1.2 使用方法介绍

实验时,将金属小球分别放到导轨的最低点,调节两螺母到适当位置,让小球放在导轨最低点时,金属小球不会从间隙中掉下.再将小球从左端最高处静止释放,发现小球在运动到最低点时会从缝隙掉下.这一现象说明小球过凹形桥的最低点时对轨道的压力大于小球本身的重力,超重.

将金属小球放到导轨的最高点,调节左边螺母,使狭缝变小,调节右边螺母使金属小球恰好能从轨道掉下.再将小球从左端最高处静止释放,发现小球通过凸形桥时不会掉下.这一现象说明金属小球通过凸形桥最高点时对轨道的压力小于本身重力,失重.

^{*} 重庆市教育科学“十三五”规划2017年度规划课题,课题编号:2017-20-213

2.1.3 优点和不足

该仪器能够较好地将金属小球通过凹凸桥时的超重、失重现象清晰、直观地展现出来. 但是该仪器不能定量地展现出压力大于或者小于重力, 而且可信度不够, 更不能展现出凹凸桥中

$$F = mg + m \frac{v^2}{r}$$

$$F = mg - m \frac{v^2}{r}$$

这两个力学关系.

2.2 第二类凹凸桥实验演示器

2.2.1 仪器介绍

如图2和图3所示, 该实验演示器为湖南津市一中物理组教师共同研制, 由木质结构、薄铁片、电路、灯泡等器材构成. 该演示器原理为: 利用小球经过轨道最高点和最低点时对接触薄片的压力使薄片发生形变, 从而接通电源, 使灯泡发亮.

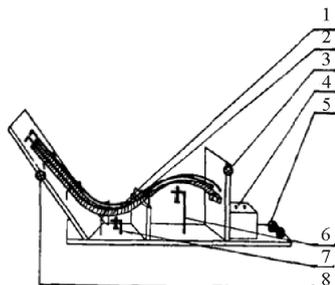


图2 第二类凹凸桥演示器立体图

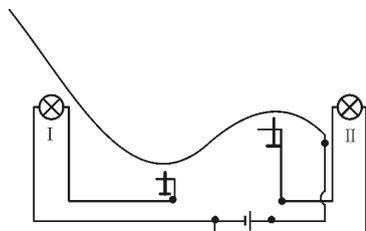


图3 第二类凹凸桥演示器电路图

2.2.2 使用方法介绍

将金属球分别静止放在凹凸桥轨道的最低点, 调节下方螺母, 使 I 灯不亮, 且螺母最高处和金属片距离不大. 将金属球再静止放在凹凸桥轨道的最高点, 调节下方螺母, 使 II 灯刚好发亮.

将金属球从左端高处静止释放, 发现通过最低点时, I 灯亮了, 而通过最高点时 II 灯未亮, 这说明金属球在最低点时对轨道的压力大于重力, 超重; 当小球通过最高点时, II 灯不亮, 说明金属球通过凸桥最高点时对轨道的压力小于重力, 失重.

2.2.3 优点和不足

该仪器与上一仪器一样, 也能够很巧妙地将最高点和最低点的失重、超重清晰地展现出来, 但是也不能定量的分析数据, 更不能展现出凹凸桥中 $F = mg + m \frac{v^2}{r}$ 和 $F = mg - m \frac{v^2}{r}$ 这两个力学关系.

3 创新实验器材介绍

3.1 实验器材结构

运动物体(即研究对象)为直径 $d=50$ mm 左右的实心金属球, 实验室里的一般金属小球因其质量太小, 通过凸桥时实验现象不明显, 误差较大.

实验装置如图4所示, 一金属制作的导轨, 导轨宽度略大于所选金属小球的直径. 利用支架将导轨固定在一板上, 导轨的下凹处和上凸处制成半径 $r=0.5$ m 的圆弧状. 在凹桥的最低点和凸桥的最高点分别切下宽度约为 1 cm 的金属片 a, b(如图5), 将两块金属片下方分别焊接上力传感器. 调节金属片 a, b 高度, 使之与轨道平滑相接(如图5), 以小球通过接缝时无碰撞、无顿挫为达标标准, 之后将传感器固定在下方立柱上. a, b 两金属片上方分别安装一个光电门. 特别强调, 塑料导轨因其材料的局限性, 不太容易达到接缝处的平滑相接, 导致实验误差变大, 所以导轨不建议使用塑料材质.

该实验还需要与力学传感器和光电门所配套的电脑软件 DISL. 其中力软件需要使用“物理专用”软件中的“力的相互作用”或者“通用软件”, 并需要以 $F-t$ 图的形式展现测量数据.

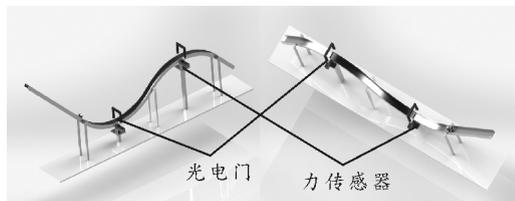


图4 基于传感器的凹凸桥演示器

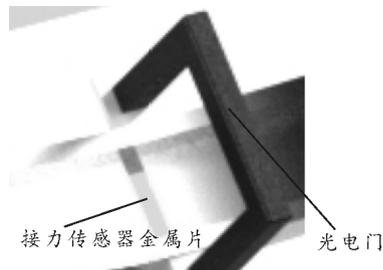


图5 测量位置细节图

3.2 实验步骤

(1) 安装实验器材. 调节实验仪器水平、实验轨道竖直, 打开 DISL 软件, 连接光电门电路.

(2) 调节实验器材. 调节金属片 a, b 的高度, 使金属球通过接缝时无碰撞、无顿挫, 调节好后用螺母将传感器固定于立柱上.

(3) 测量金属球重力. 对传感器调零, 再将金属小球静止放在 a 金属片上, 记录此时力传感器显示的数据, 即为金属小球的重力 mg .

(4) 将金属球从左端较高处释放, 记录经过 a, b 两金属片时, 通过光电门的时间 t_a, t_b , 及两力传感器的最大力 F_a, F_b .

(5) 数据处理: 1) 从定性角度分析, 比较两力 F_a, F_b 与 G 之间的大小关系, 可以得出 F_a 大于 G , 即小球过凹形桥时超重; F_b 小于 mg , 即小球通过凸形桥时为失重. 2) 从定量角度分析, 利用 $v_a = \frac{d}{t_a}$ 及

$v_b = \frac{d}{t_b}$ 分别求出小球通过 a, b 的速度, 根据所测数据, 验证 $F = mg + m \frac{v^2}{r}$ 和 $F = mg - m \frac{v^2}{r}$ 这两个力学关系是否成立.

(6) 改变小球释放地点及小球的大小, 重复进行(3)、(4)、(5)步操作, 再次验证实验结果.

(7) 总结结论.

3.3 传承与创新

该仪器在传统凹凸桥造型的基础之上进行了适当的改进, 传承了传统凹凸桥的基本结构, 仍然利用传统实验所研究的凹桥最低点和凸桥最高点进行实验研究. 同时本仪器在传统实验的基础上, 借助现在

(上接第 69 页)

将选择题的选项改成问答形式, 把学生的思维过程通过书面的形式展现出来, 有助于教师诊断每位学生的思维过程和学科素养. 通过总结联想, 将解决相似问题的物理方法和思想提炼出来, 培养学生关联整合能力和创新能力.

教师要从过多关注学习的结果, 转变为更多关注学生的学习过程. 好的过程未必有好的结果, 但好结果一定有好过程作支撑. 从物理学科的知识维度和能力维度出发, 围绕核心概念和重要概念设计习题. 让每道习题具有明确的知识指向和能力指向, 能准确地反映学生的学科知识和学科素养水平. 从实践效果看, 优化

科技进步所带来的新器材, 加入了力传感器、光电门、DISL 系统等新科技元素. 利用力传感器能够测量运动过程中小球对轨道弹力大小, 弥补了前辈无法准确测量运动过程中物体产生的弹力的不足; 利用光电门测量运动物体速度这一特点, 弥补了前辈不方便测量曲线运动物体速度这一遗憾. 因此, 本实验器材的优点就是:

(1) 可以定量地分析小球过凹凸桥时的弹力数据, 以数据说明小球过凹凸桥的超重、失重现象;

(2) 可以定量地探究或者验证 $F = mg + m \frac{v^2}{r}$ 和 $F = mg - m \frac{v^2}{r}$ 这两个力学关系.

该实验在测量小球速度时, 因为小球的直径较大, 所以测量误差较大, 增大了整体实验的误差. 改进方法为: 制作一个密度更大的小球, 使其质量较大而直径较小. 同时, a, b 金属片与导轨平滑相连的调节难度较大, 需要改进.

4 结束语

凹凸桥这部分内容是对向心力知识的运用, 学生对这部分内容的理解可以促进其对向心力知识的理解, 也使学生能够将学习的物理理论知识运用到生活中去, 真正做到学以致用. 同时该实验的完成对《物理课程标准》核心素养要求的落实, 有促进作用. 希望这个仪器能对学生掌握知识、培养能力有帮助, 对教师的教育教学工作有帮助.

参考文献

- 1 湖南省一中物理组. 凹凸桥实验演示器[J]. 物理通报, 1966(07):332

习题设计能明显提升课堂教学和学生学习的效性, 在一定程度上促进了学生物理学科素养的提升.

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年版)[S]. 北京:人民教育出版社, 2018
- 2 郭玉英. 基于学生核心素养的物理学科素养研究[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2017. 9
- 3 陈颖. 高中物理书面测试中科学论证能力表现评价研究[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2016
- 4 胡卫平, 林崇德. 青少年的科学思维能力研究[J]. 北京:教育研究, 2003(12):19 ~ 23
- 5 张玉峰. 高中物理核心概念理解进阶及其教学应用研究[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2016