

物理实验



超重失重“液体压强演示装置”的改进

贾 闯 彭朝阳

(云南师范大学物理与电子信息学院 云南 昆明 650500)

(收稿日期:2018-01-10)

摘 要:通过设计“配重钢珠袋”改进了超重失重“液体压强计演示装置”,在向上和向下两个运动过程中实现拉力的自动化改变,根据液体压强计的液面变化,演示物体的超重失重现象。

关键词:超重 失重 实验改进 演示装置

高中物理超重失重演示实验的设计思路大体有两种:一是直接读取物体视重的大小(下称“直接读数”),二是间接将物体视重转换为某种物理现象(下称“现象转换”)[1]。

直接读数具有指向概念、操作简单和可重复性强等特点,较为适合基础薄弱、逻辑能力偏差的学生。然而,超重和失重是物体运动过程的状态,“由于测力计随物体一起快速移动,学生观察时视线很难跟上,就是演示者观察也比较困难”[2]。而现象转换的设计弥补了这一缺陷,常见的有“液体压强计演示装置”“重物组演示装置”“磁力演示装置”等。现象转换的实验设计使得学生的学习过程不再只停留于“物理概念”本身,还体现了“科学思维”和“实验探究”[3]等物理学科核心素养。

由于学生在初中已经接触到了液体压强计,且初步学习了其工作原理,加之液体压强计演示实验的现象较为明显。因此,本文将以液体压强计作为实验设计基础,主要从“装置设计”和“实验演示”两个阶段,对传统的“液体压强计演示装置”进行改进。

1 设计背景

常见的“液体压强计演示装置”如图1所示,主要由一个支架、滑轮组以及液体压强计组成。该演示装置主要通过手动改变滑轮组右侧钩码的数量实现

重力差,进而演示物体的超重和失重状态。然而这一演示过程仅能实现“向上加速”和“向下加速”两种运动情况,“向上减速”和“向下减速”则无法直接呈现。这样一来,学生的学习过程很容易产生困惑,甚至于会形成“向上运动物体超重”“向下运动物体失重”等错误的认知。

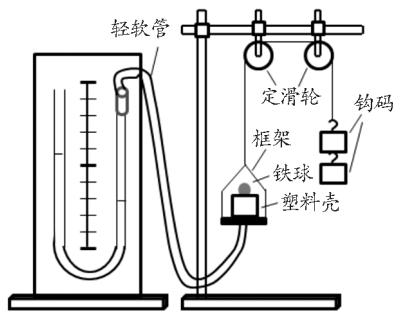


图1 常见液体压强计超重失重演示装置

2 实验改进

2.1 制作材料

高度为1.2 m的支架,微小压强计1个,气球1个,轻质定滑轮2个,30 cm×30 cm减震软垫1块,塑料袋2个,铁球1个,小钢珠、橡皮泥和轻绳若干。

2.2 实验组装

超重失重演示实验改进装置如图2所示,将支架立于水平桌面上,支架顶部对称安装两个定滑轮,

作者简介:贾闯(1993-),男,在读硕士研究生,研究方向为物理课程与教学。

通讯作者:彭朝阳(1971-),男,博士,教授,研究方向为物理课程教学和天体物理。

用细线穿过定滑轮,细线两端分别悬挂“配重钢珠袋”和超重失重“演示装置”.演示装置与装有适量有色溶液的“微小压强计”接通.

“演示装置c”是由一个罩有气球膜的托盘和一个粘有橡皮泥的铁球组成,橡皮泥用于配重调平微小压强计液面,同时可防止铁球滚动影响实验效果(详见图2).演示装置与微小压强计接通,对橡皮管上部做固定处理以防止弯折后气流不畅,影响实验效果.整个装置水平悬挂于定滑轮左端细线尾部,并悬空于桌子外侧.

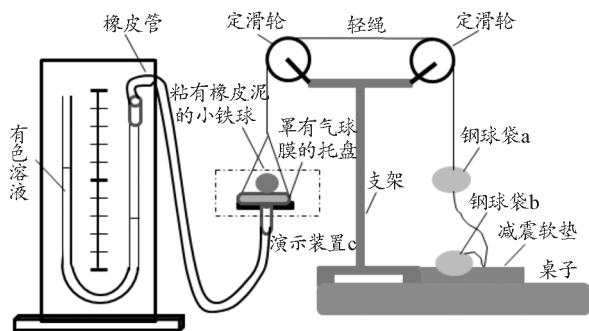


图2 超重失重液体压强演示装置图

“配重钢珠袋”悬挂于定滑轮右端细线上,由a、b两个钢珠袋组成,钢珠袋a悬挂于轻绳上半部,钢珠袋b悬挂于轻绳末端.两个钢珠袋内分别装有若干钢珠,其质量关系满足

$$m_a < m_b < m_a + m_b$$

实验器材组装后的实物图如图3所示.

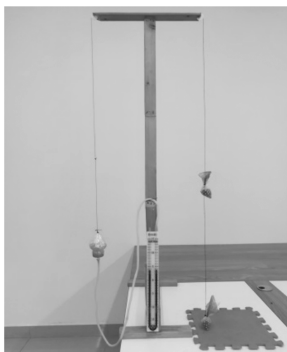


图3 超重失重液体压强演示装置实物图

2.3 实验操作

该实验通过“微小压强计”左右液面的高度变化来演示超重和失重现象.实验开始前,“演示装置”悬空,在演示装置内小铁球重力的作用下,已连接好

的微小压强计液面会出现高度差.此时,拔下橡皮管排出内部压缩气体,适当捏瘪橡皮管后再连接液体压强计,可适度增减铁球上的橡皮泥进行微调,使左右液面处于同一高度(即调平).右侧两个“配重钢珠袋”完全悬空,轻绳处于绷紧状态,“配重钢珠袋”的有效质量为右侧两个钢珠袋质量的代数和.

此时“配重钢珠袋”有效质量略大于“演示装置”质量,释放右侧钢珠袋,“演示装置”向上做加速运动.当右侧轻绳下所悬挂的钢珠袋b接触桌面的减震软垫并停止运动时,“配重钢珠袋”的有效质量减小为钢珠袋a的质量,有效质量小于“演示装置”质量,在一定时间内,“演示装置”向上做减速运动.

当“演示装置”向上做减速运动且速度为零时,用手控制住钢珠袋,使整个装置停止运动,此时“配重钢珠袋”的有效质量小于“演示装置”质量,释放钢珠袋后“演示装置”向下做加速运动.当演示装置下降至右侧悬挂钢珠袋b的轻绳处于紧绷状态后,“配重钢珠袋”的有效质量增加为两个钢珠袋质量的总和,且大于左侧装置的质量,此后一定时间内“演示装置”向下做减速运动.

需注意:这里所提到的“配重钢珠袋的有效质量”即穿过定滑轮,通过轻绳传递后真正作用于左侧演示装置的钢珠袋的质量.

3 实验分析

以“演示装置”中的小铁球为研究对象,它受到两个力:自身重力G和气球膜对小铁球的支持力.实验过程中共有4种运动情况,如图4所示分别为:向上加速、向上减速、向下加速、向下减速.

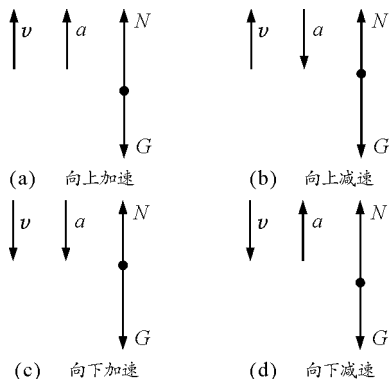


图4 演示装置内小铁球的4种运动情况

在实际操作中,当演示装置发生如上4种运动时,微小压强计液面高度一般会处于变化的过程,分别取变化过程中液面位置的一个暂态作为参考,详见图5所示。

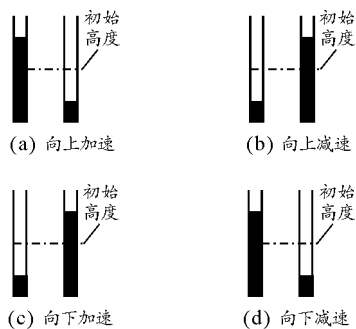


图5 液体压强计的液面高度暂态

列出演示装置在这4种运动中,其加速度方向、小铁球的重力 G 和气球膜对小铁球的支持力 N 的关系、液体压强计“液面高度情况”、演示装置状态分析的对比关系如表1所示。

表1 演示装置超重失重状态分析

运动情况	a 方向	N 与 G	液面高度情况	状态分析
向上加速	向上	$N > G$	左高右低	超重
向上减速	向下	$N < G$	左低右高	失重
向下加速	向下	$N < G$	左低右高	失重
向下减速	向上	$N > G$	左高右低	超重

4 设计评价

物理演示实验要以学生为主体,以培养学生自主学习和探究学习为目的^[4]。考虑到学生容易将超重失重状态和物体的运动方向相混淆的症结,通过配重钢珠袋的设计,有条理地演示了物体的4个运动过程。实验材料简单易得,可重复性较强,学生亦可在课余时间进行兴趣实验,重在培养学生物理学习的实验素养。不足的是,在演示“向下减速”和“向上减速”时,如左右两侧质量相差较大,减速过程的持续时间可能较为短暂,微小压强计的液面变化不明显,不利于实验观察。在实验操作过程中,学生可通过对定滑轮两侧的质量配重作适宜的调试来解决此问题。

参考文献

- 吕征. 用液体压强计设计“超重与失重”演示实验. 教学仪器与实验, 2004(04): 23 ~ 24
- 孙永华. 对超重和失重演示实验的改进. 物理实验, 2005(04): 34
- 江山, 张平昭. 基于物理核心素养拓展物理实验课程. 物理教师, 2016, 37(11): 35 ~ 37
- 王朝泰, 李宁. 浅谈初中演示实验的改进探索和实践. 物理通报, 2017(S2): 84 ~ 87

Improvement of Demonstration Device of Liquid Pressure for Overweight and Weightlessness

Jia Chuang Peng Zhaoyang

(Department of physics, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500)

Abstract: A counterweight steel balls were used in the manometer demonstration device for overweight and weightlessness. In the up and down movement, tension could change automatically. By using the liquid level change of the manometer, the phenoment of overweight and weightlessness were demonstrated.

Key words: overweight; weightlessness; manometer