

# 密度秤的实验教学改革<sup>\*</sup>

李思佳 吴柯 艾振宙

(湖南第一师范学院物理与化学学院 湖南长沙 410205)

(收稿日期:2022-11-28)

**摘要:**鉴于实验教学对培养学生物理学科素养的重要性,以“杠杆改装密度秤”为例,从知识融合、实验探究和创新思维3个方面引导学生制作密度秤,并针对装置中存在的一些不足进行改进.学生通过自主探究,并对装置逐步改进完善,最终达到理论与实践相融合,进一步提升灵活运用已学知识的能力,培养质疑创新的思维.

**关键词:**教学改革;实验创新;浮力;杠杆;密度

在物理课堂中,教师多侧重于理论知识的应试教学,学生对解决实际问题的能力不足,不能框架出自己的知识体系<sup>[1]</sup>.而在新的教学背景下,教师更应发挥物理课程的育人功能,以学生为教学活动的主体,注重将学生的理论知识、科学思维以及实验探究相结合,使学生通过物理学习逐步掌握良好的学习方法,培养优秀的物理学科品质与能力<sup>[2]</sup>.本次实验教学以浮力和杠杆的平衡条件两个知识点为例:在浮力的学习中,学生已经掌握了如何利用阿基米德原理来计算浮力,或是通过已知浮力求出液体密度;在杠杆平衡条件的学习中,引导学生结合所学知识,通过实践探究的方式制作密度秤,在制作过程中实现知识迁移和质疑创新.

## 1 实验器材

平衡固定杠杆、圆盘、升降台、不同质量的砝码若干、金属螺母、细蜡绳、高精度电子秤、不同密度的3种液体(水、生理盐水、75%酒精)、能完全容纳50g砝码的烧杯.部分实验器材如图1所示.



图1 部分实验器材

## 2 密度秤的制作

### 2.1 发现问题

在学习杠杆的平衡条件时,教师提出问题:如何通过一个实验装置将杠杆的平衡条件与浮力相关知识结合起来呢?杠杆有什么特点?引导学生想到杠杆两端受到力,这个力可以是常见的拉力,同时也可以浮力.教师进而追问:在浮力的学习过程中,探讨了哪些问题?学生回顾浮力相关知识,想到通过阿基米德原理可以计算浮力,也可以通过已知浮力求出液体密度.

### 2.2 问题解决

针对提出的问题,教师引导学生将其与所学知识进行融合,制作一个密度秤.利用杠杆两端受力的特点将杠杆视作秤,右端悬挂一个物体(此实验由 $V=10\text{ cm}^3$ 的50g砝码代替,便于计算)用于放入待测密度的液体中,左端悬挂砝码并调节杠杆处于平衡状态,通过杠杆平衡条件得

$$m_1 g L_1 = m_2 g L$$

接着使右端砝码缓慢浸入待测液体中,并通过调节左端砝码位置至杠杆再次平衡,通过杠杆平衡条件和阿基米德原理可得

$$m_2 g L_2 = (m_1 g - F_{\text{浮}}) L_1$$

$$F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} g V_{\text{排}}$$

<sup>\*</sup> 湖南普通高校教学改革“双一流”建设中科技制作类课程对促进大学生创新创业教育的价值与实践改革研究,课题编号:湘教通(2019)291号-1075;湖南省一流本科课程“小学科学实验与制与制作”项目研究成果,课题编号:湘教通[2020]9号402.

通讯作者:艾振宙(1978-),男,硕士,讲师,主要研究方向为科学教育理论实践研究.

将物体完全浸没至水中,  $V_{排} = V = 10 \text{ cm}^3$ , 因此液体密度即可得

$$\rho_{液} = \frac{m_2(L - L_2)}{10L_1}$$

### 2.3 实验操作

教师指导学生用如图2所示自制密度秤测量水、生理盐水和75%酒精三种常见液体的密度, 并对实验数据进行处理, 以证明自制密度秤的可行性.

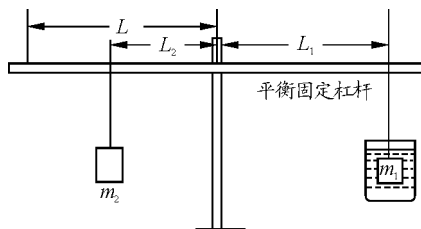


图2 自制密度秤示意图

## 3 密度秤的优化

### 3.1 发现问题

教师要求学生通过密度秤测量几组常见液体密度并分析可能产生误差的原因.

**教师提问:**通过观察推理公式

$$\rho_{液} = \frac{m_2(L - L_2)}{10L_1}$$

思考在刚才的实验过程中有哪些因素可能导致密度的测量值与实际值有偏差? 学生通过观察分析公式, 发现主要的变量是力臂的长度.

**教师继续追问:**在不确定杠杆两端力臂与力的乘积是否相等的情况下, 如何有依据地判断杠杆水平? 引发学生深度思考: 杠杆如果不水平, 力臂将发生变化从而产生的误差增大, 因此, 只是靠直觉或肉眼判断, 杠杆水平可信度不高.

### 3.2 问题解决

之前重力章节的学习中, 学生已经了解到了重锤线. 用细线悬挂重物并自由下垂, 此时细线垂直于水平方向, 由此在杠杆上设计一个重锤线即可用于确定杠杆是否水平.

**教师继续追问:**如何设计该装置? 给学生时间去思考并小组讨论得出改进方案, 想到只需要使杠杆与重锤线垂直即可保证杠杆水平. 启发学生将学过的知识灵活运用于解决实际发生的问题.

### 3.3 实验操作

制作一个圆盘, 画出圆盘直径, 并过圆盘中心标出一条与圆盘直径垂直的标准线. 使杠杆与所画直径完全重合并将其固定于杠杆上, 将金属螺母绑在细绳上作为重锤线, 并挂在杠杆轴心上. 如图3所示, 当重锤线与标准线重合时即可保证密度秤平衡. 最后教师让学生用已经改进好的杠杆, 将两个未知重量的砝码挂在杠杆上, 将密度秤调至水平平衡.

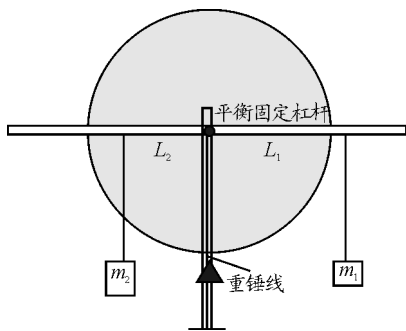


图3 加圆盘后的自制密度秤

## 4 密度秤的再创新

### 4.1 发现问题

学生经过探讨研究后提出在测量密度的过程中, 每次的测量都需要改变砝码的位置得出力臂进行计算, 该过程较为繁琐.

**教师提问:**是否可以固定砝码的位置, 改变思路, 用另一种方法使密度的测量简化? 学生合作交流, 共同分析新问题下的解决方案, 并设计改进方案(图4).

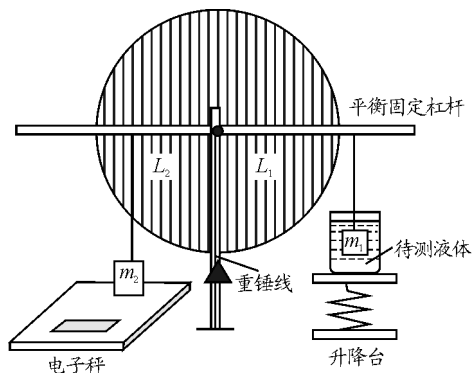


图4 可读力臂并减小误差的自制密度秤

在实验的过程中, 砝码入水时发生了晃动, 针对该现象, 如何减小晃动产生的误差.

**教师提问:**发生晃动对本次实验有什么影响?

学生猜想砝码入水产生晃动,导致杠杆上的刻度标产生较大的位移,使本次实验有较大的误差。

**教师进而追问:**如何改进实验才能减小物体入水时产生的晃动?学生思考后想到可以加入升降台装置。

#### 4.2 问题解决

学生经过探讨得出结论:固定砝码位置后,杠杆旋转同样可以改变力臂,此时杠杆不需要保证水平,只需要对圆盘进行改装,通过圆盘直接读出力臂<sup>[3]</sup>。同时,由于砝码位置固定,杠杆受力偏移水平位置后保持平衡,导致力臂的改变也难以控制,因此增加高精度电子秤,将电子秤放置于左端 100 g 砝码下方(砝码恰好不接触电子秤),当 50 g 砝码逐渐浸入液体时,由于受到浮力导致杠杆的转动,左端砝码下降对电子秤产生压力,此时电子秤的示数为  $F$ ,由杠杆平衡原理,未浸入水中时有

$$m_1 g L_1 = m_2 g L_2$$

$$(m_1 g - F_{\text{浮}}) L_1 = (m_2 g - F) L_2$$

可得

$$F_{\text{浮}} = F \frac{L_2}{L_1} = \frac{m_1}{m_2} F = \frac{1}{2} F$$

因此电子秤的读数即是浮力的 2 倍。同时,采用升降台装置可以控制物体缓慢浸入液体的过程。

#### 4.3 实验操作

学生用细绳将砝码悬挂于杠杆上,使左右两侧砝码的位置距离杠杆中心的比值为  $L_1 : L_2 = 2 : 1$ ,使重锤线与圆盘标准线重合,此时杠杆平衡。沿圆盘直径贴上刻度(最小刻度为 1 mm),并延长刻度线至圆盘边界,并将圆盘固定于杠杆支架上。当杠杆倾斜时,悬挂砝码的细线与圆盘上的刻度线完全重合即可读出力臂的长度。学生在实验中加入升降台装置,使升降台缓慢升起,让悬挂的砝码更加缓慢地进入待测液体,从而减小了杠杆由于物体浸入水中受到重力、浮力等因素产生晃动,干扰读数带来的误差。

### 5 教学效果评价

#### 5.1 注重学生知识融合 提升知识灵活运用能力

“杆秤改装密度秤”的教学从学生的认知规律

和已有知识出发,将两个知识以实验的形式展开,得出实验成果,使学生对所学知识有了更深刻的理解,实现知识的从零散到整合,达到知识联结的目的。通过实验探究的方式,让学生感受构建知识框架,并运用知识解决实际问题的过程,从而启发学生在今后的物理学习中将知识融合起来,形成科学合理的知识体系。

#### 5.2 注重学生自主探索 激发学生主动获取新知

在“杠杆改装密度秤”的实验探究中,以学生为主体,教师为引导者,体现“学生本位”课程的特点,教学内容的组织由浅入深,逐步递进。教师引导学生尝试运用已有知识对问题进行针对性解决,以此培养学生思维发展的能力。以物理实验特有的趣味性激发学生对物理知识的学习兴趣,通过实践探究让学生自己动手发现答案,进一步为以后的学习打下坚实的基础。

#### 5.3 注重学生质疑创新 启发学生开拓思维

本次实验教学打破了物理实验教学常规,不以教材为唯一标准,而是将教材作为教学的工具,使学生跳出常规的思维模板,体会思维的发展创新。物理教学中更应培养学生多问、多思、多动手的科学精神,以及提升解决现实问题、质疑创新的能力。

### 6 结束语

本次实验教学以杠杆改装密度秤为例,将所学知识进行结合,有利于知识的融会贯通。同时,实验设计过渡自然,思维清晰有条理,在物理知识的学习中提升了学生灵活性、创新性的科学思维,培养了敢于质疑的物理学科精神。

#### 参考文献

- [1] 刘斌斌. 新课改背景下高中物理新课程教学方法的创新与思考[J]. 新课程导学, 2021(6): 87-88.
- [2] 彭佳, 李德安, 吴先球, 等. 运用 DIS“探究浮力大小的影响因素”实验改进与应用扩展——自制实验器材与浮力秤[J]. 物理通报, 2020(S1): 106-110.
- [3] 江耀基. 探究杠杆平衡的条件实验改进与教学[J]. 中学物理, 2021, 39(18): 33-35.