探究浮力大小影响因素的实验改进

贾丽芳[1] 刘健智[2]
(1. 长沙市雅礼外国语学校,湖南 长沙 410015; 2. 湖南师范大学物理与电子科学学院,湖南 长沙 410081)

摘 要: 人教版初中物理“浮力”一节,由浮力的概念和决定浮力大小的因素两部分内容构成. 由于实验物体体积小,实验现象不明显,实验操作不便捷,探究浮力大小跟哪些因素有关的实验教学难以有效进行. 基于此,笔者自制了一套探究浮力大小影响因素的实验教具. 该实验教具器材简单易得,效果明显,操作便捷,能加深学生对影响浮力大小因素的理解,培养学生的科学思维素养,提升学生的科学探究素养,从而全面提升学生物理学科核心素养,落实课程标准的内容要求和目标要求.

关键词: 浮力大小;影响因素;实验改进;教学应用

“浮力”是一节物理规律实验课. 课程标准对该部分的内容要求是:“2.2.9 通过实验,认识浮力. 探究并了解浮力大小与哪些因素有关.”[1] 并且将它明确规定为探究类学生必做实验,“4.2.4 探究浮力大小与哪些因素有关. 例 4 用水、盐水、金属块、弹簧测力计等,探究金属块所受浮力与哪些因素有关”.[1] 人教版初中物理教材“浮力”一节基本上落实了上述要求,但是关于探究浮力的大小跟哪些因素有关的实验教学,教材中的实验方案仍有不足. 在对教材和知网上其他实验方案进行分析后,笔者设计并自制了探究浮力大小跟哪些因素有关的实验教具.

1 教材和已有实验的不足

1.1 人教版教材中的不足

人教版物理 8 年级“浮力”一节[2] 有 3 处提到了研究物体(如图 1 所示),分别是:“测量铝块所受的浮力”“浮力大小是否跟物体浸没的深度有关”和“浮力的大小是否跟物体浸没在液体中的体积有关”. 其中,只有“测量铝块所受的浮力”中明确了研究物体为铝块,其余两处是在“探究浮力的大小跟哪些因素有关”实验教学中,并没有明确两次探究的实验物体是同一物体、是什么物体,只提到“悬挂的物体”和“一个柱状固体”. 这样安排,可能会导致在实验中出现多个实验物体.

此外,在探究浮力的大小是否跟液体的密度有关时,教材上明确指出:“准备不同密度的液体(如清水和盐水等),再把悬挂在弹簧测力计下的同一物体先后浸没在这些液体中.”如此操作有以下两个不足之处:① 在常温下配置出的浓盐水的密度与水的密度相差不大,而教材前面也没有明确指出实验物体的体积大小,若实验物体体积小,浸入液体体积相同时,在两种液体中所受浮力相差较小,实验现象不明显,不能很好地反映液体密度对浮力大小的影响;② 先后在密度不同的两种液体中浸没同一物体,直观感受实验现象不够明显,此外,物体表面粘有前种液体,处理起来也要消耗时间.

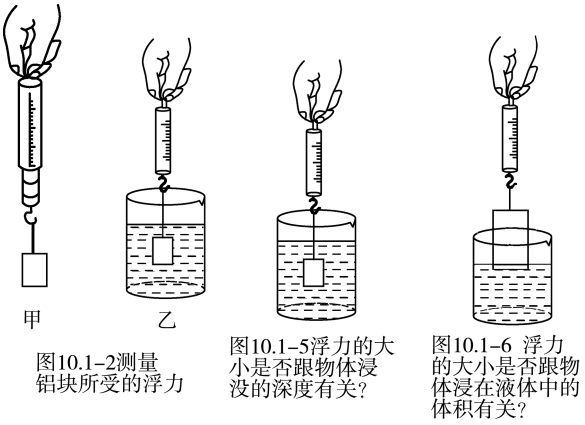

图 1 人教版物理 8 年级下册素材

再者,教材上使用手悬挂弹簧测力计,操作过程中容易发生晃动,导致弹簧测力计示数不稳定,不便于操作. 同时,晃动还会导致物体在浸入液体时排开液体的体积发生细微的变化,也会带来一定的实验误差.

基金项目: 本文系湖南省基础教育教学改革研究重点项目“中学物理课程思政教学的研究:内容、路径、模式与实施”(项目编号:Z2023095);2023 年湖南师范大学教师教育与课程思政改革研究实践项目“三级认证背景下师范生教学实践创新能力提升的示范性改革——以物理学专业为例”(项目编号:2023-12)的研究成果.

通信作者:刘健智(1965—),男,湖南邵阳人,教育学博士,湖南师范大学物理与电子科学学院教授,从事物理教学论、教师教育研究. 电子邮箱: 45268127@qq.com.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2 现有改进实验的不足

针对探究浮力的大小跟哪些因素有关的探究性教学,知网上有一些文章给出了改进后的实验及其教学方案.

彭佳等自制了利用 DIS 探究浮力大小的影响因素自制实验装置,如图 2 所示.[3]将力传感器固定在木板上,用细蜡绳将试管和力传感器通过杠杆上的定滑轮相连,从而改变力的方向,力传感器调零后测量物体在空气中的净重并记为 G,将装有 30 mL 水的细长量筒放到升降台上,通过控制升降台改变排开液体的体积,读取力传感器示数,根据公式 $F_{浮}=G-F$ 计算浮力. 这套实验装置的亮点在于采用了 DIS 技术,从而使浮力大小可视化、数字化,误差小. 但存在以下不足:① 量筒是测量液体体积的仪器,把细长的量筒放到升降台上,随着升降台上下运动,有操作安全的隐患;② 在人教版教材的前面章节中,学生刚学习完弹簧测力计的使用方法,因此会用弹簧测力计测量物体在液体中所受浮力的大小,也是本节课的教学目标之一,使用 DIS 技术,犯了为减小实验误差而偏离教学目标的原则.



图 2 利用 DIS 探究浮力大小影响因素实验器材

李霞自制了同类教具,如图 3 所示.[4]将电子测力计、升降台、塑料水槽和支撑架等组装为一体化教具,利用电子测力计精度高的优点,减小实验误差. 同时充分利用对比实验,在一体化教具上进行两个实验,更容易观察实验现象、比较实验结论. 这些是本套自制教具的亮点. 虽然这套装置能较完整地探究浮力的大小跟哪些因素有关,但新课程标准指出“探究浮力的大小与哪些因素有关”是探究类学生必做实验之一. 该套一体化自制教具中的电子测力计成本较高,可以做演示实验,若作为学生分组实验的装置,不太适合推广使用. 此外,该教具的开发者没有预设用来巩固弹簧测力计的使用方法这一教学目标,也没有对教材的安排进行充分的研究.

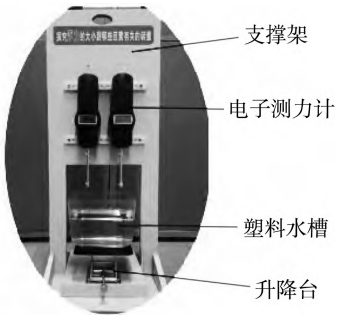

图 3 探究影响浮力大小因素的一体化教具

1.3 在现有实验基础上的改进

为了使探究浮力的大小跟哪些因素有关这个探究类学生必做实验具有更强的操作性和更大的教学意义,笔者结合现有实验各自的优点,自制了一套探究影响浮力大小因素的实验教具.

2 自制实验教具的介绍

2.1 自制实验教具的设计思路

针对教材上的实验和知网上现有实验改进的不足,笔者结合对人教版教材和新课程标准的研究,提出了如下的设计思路. 首先,本节所有实验中,最好使用同一物体作为实验物体;第二,选用液体密度相差较大的两种液体进行实验,最好可以同时在这两种不同液体中完成实验,利用对比实验,提高实验课堂的效率;第三,选用一个可以收线的装置来固定弹簧测力计,保持弹簧测力计示数稳定,便于操作,还减小了实验误差.

2.2 自制实验教具的器材选材

(1) 研究物体的选择.

选用装有砂子的体积较大的方形塑料瓶作为实验物体,结合彩色粘胶贴纸将其体积进行量化,便于学生对每个影响因素进行逐一探究.

(2) 液体密度的选择.

选用密度较小的酒精代替清水,密度较大的糖水代替盐水,同时在酒精和糖水中完成实验,利用对比实验,学生更容易观察实验现象,提高实验课堂效率.

(3) 固定器材的选择.

选用具有收线功能的卷线器(钓鱼竿上用来收线的前打轮)来固定实验物体.

(4) 展示台等材料的选择.

由于需要把实验物体,卷线器、弹簧测力计等物体放在一起,方便学生操作,选用木板做背景板,用直角支架进行固定.

整套实验教具所需要的器材有:塑料瓶、砂子、彩色贴纸、鱼线、弹簧测力计、定滑轮、卷线器、木板、糖水、酒精、透明水槽,具体规格如表 1 所示.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　自制实验器材与规格

序号	名称	规格	数量
1	木板	39 cm×90 cm	1
2	定滑轮	直径 5.0 cm	2
3	木条	2.5 cm×15 cm×0.8 cm	2
4	泡沫板	24 cm×27 cm	1
5	弹簧测力计	量程 0～5 N	2
6	卷线器	直径 6.0 cm	2
7	打印刻度尺	量程 0～30 cm	2
8	鱼线	直径 0.1 cm	若干
9	塑料瓶	方形瓶 250 mL	2
10	砂子	无	若干
11	彩色贴纸	14 cm×20 cm	2
12	透明水槽	17 cm×17 cm×25 cm	2
13	糖水	ρ=1.2 g/cm^3	若干
14	酒精	ρ=0.8 g/cm^3	若干
15	直角支架	11 cm×20 cm	3

2.3　自制实验教具的制作

用直角支架将木板垂直立于水平面，前方两个透明水槽中分别装入 20 cm 高度的酒精和糖水. 弹簧测力计下方悬挂贴有彩色贴纸的物体，上方吊环处连接在鱼线的一端. 鱼线另一端绕过定滑轮，固定于卷线器上. 使用手摇卷线器，控制物体的运动，改变物体浸入液体的深度. 为了比较清晰地观察到物体浸没液体的深度，在水槽后方的木板上贴有打印的刻度尺. 在弹簧测力计运动范围的后方，贴上一定厚度的泡沫板，用来阻止弹簧测力计转动，使刻度盘朝向前方. 自制实验教具如图 4 所示.

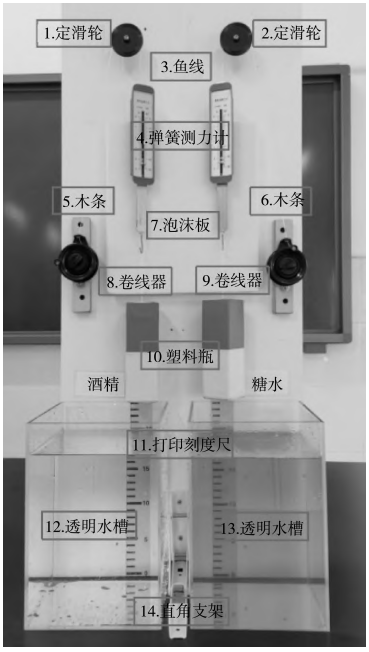

图 4　自制实验教具装置

3　自制实验教具的使用

3.1　实验准备

根据控制变量法，设计实验方案，探究浮力的大小跟哪些因素有关. 按照实验教具图，在透明水槽中装入适量的酒精和糖水（已经提前配置好），把贴有彩色贴纸的方形塑料瓶（已装好适量砂子并进行密封）挂在弹簧测力计下方的挂钩上.

3.2　实验过程

① 把实验物体挂在弹簧测力计下，在空气中保持静止，观察并记录物体重力.

② 保持浸入酒精中物体的体积不变（把物体浸没在酒精中），逐渐改变浸没深度，观察并记录弹簧测力计的示数.

③ 控制其他因素不变，手摇卷线器，依次增大物体浸入酒精的体积，观察并记录弹簧测力计的示数.

④ 把两个相同的实验物体分别挂在同一型号的弹簧测力计下，在空气中保持静止，观察并记录物体重力.

⑤ 把两个相同的实验物体分别浸没在酒精和糖水中，观察并记录弹簧测力计的示数.

3.3　自制实验教具的使用效果

该实验现象明显，弹簧测力计示数稳定，而且便于操作. 利用该实验装置很容易得出浮力大小跟物体浸没的深度无关，跟它浸入液体中的体积、跟液体密度有关的实验结论，还可以探究浮力大小跟物体的密度等其他因素之间的关系，达到了“一体多用”的效果. 部分实验数据如表 2 和表 3 所示.

表 2　探究浮力跟浸入液体体积之间的关系

物体浸在液体中体积	体积 V_1	体积 V_2
物体的重力 G/N	4.5	4.5
弹簧测力计示数 F/N	3.3	1.9
物体所受浮力 $F_{浮}$/N	1.2	2.6

表 3　探究浮力跟液体密度之间的关系

液体种类	酒精	糖水
物体的重力 G/N	4.5	4.5
弹簧测力计示数 F/N	0.9	0.6
物体所受浮力 $F_{浮}$/N	2.6	3.9

4　自制实验教具的优点与教学价值

4.1　自制实验教具的优点

该自制的探究浮力大小影响因素的实验教具，在教材和现有实验设计的基础上进行改进，完善了实验方案.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(1) 对象明确,一体多用.

研究对象明确,是体积为 250 mL 的方形塑料瓶,不仅可以完成对所有影响因素的实验探究,还包括对每个影响因素的探究实验而言,该套教具可以一次性完成. 此外,还可用于本节测量物体所受浮力大小的演示实验,实现一体多用的功能.

(2) 效果明显,课堂效率高.

通过反复的实验,发现改进后研究物体的体积较大,逐渐浸入液体中时,物体所受液体浮力的变化较明显,学生更容易发现浮力与浸入液体体积之间的关系. 此外,同时在酒精和糖水中完成实验,充分利用对比实验,现象更加直观明显,节省了时间,提高了课堂效率.

(3) 示数稳定,操作便捷.

采用手摇卷线器,可以很好地固定弹簧测力计,提高了实验物体的稳定度,克服了手拿测力计抖动致使弹簧测力计示数不稳定的缺点,便于操作,还减小了实验误差.

(4) 材料易得,组装简捷.

所需器材如弹簧测力计、定滑轮、透明水槽、酒精等为实验室常用的仪器,部分器材,如方形塑料瓶、卷线器、鱼线等均为生活用品,简单易得. 与彭佳、李霞等人的自制教具相比,组装更简捷,成本更低,便于推广,适合开展探究性学生必做实验.

4.2 自制实验教具的教学价值

通过实验探究学习物理概念、规律,不仅能培养学生科学推理、科学论证等科学思维素养,提升学生科学探究的问题、证据、解释、交流素养,还能深化学生对物理知识的理解. 因此,实验探究式教学的效率远高于灌输式教学,有利于提升学生的物理学科核心素养.

(1) 培养科学思维素养.

科学思维是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用;是基于事实证据和科学推理对不同信息、观点和结论质疑和批判,予以检验和修正,进而提出创造性见解的品格与能力.[1]从体验活动(用手把空塑料瓶缓慢压入装满水的烧杯中感知浮力大小的变化),到设计实验方案(改变塑料瓶在液体中深度,保持其他因素不变,测量塑料瓶所受浮力),再到动手实验操作进行验证,在整个探究过程中让学生亲身经历“实验感知浮力大小的变化—设计实验方案—实验操作进行验证”的深度学习过程,使学生在体验活动中,实验设计和动手操作中,提升科学推理、科学论证的思维素养.

很多物理规律是来自真实生活情境. 在课堂上利用体验活动创设生活中学生熟悉且与物理问题相关的生活情境,引导学生经历提出问题、设计实验、动手操作、观察现象、得出结论的过程. 这对培养学生的质疑批判思维有着十分重要的作用. 学生在问题中引发探究,在探究中启迪思维,掌握研究物理问题的科学方法,形成质疑批判的科学精神.[5]

(2) 提升科学探究素养.

问题要素是科学探究的起点,学生在真实的物理情境或者现实生活中发现物理问题,这是科学探究的第一步.[6]本实验的第一个环节,让学生用手把一个空塑料瓶压入装满水的烧杯中时,体验到下压深度越深,需要的压力就越大,同时观察到浸入液体中的体积也越来越大. 引导学生根据实验现象和已有知识,科学合理地猜想浮力大小可能跟深度、物体浸入液体的体积等因素有关.

当影响浮力大小的因素有多个时,应该采用控制变量的思想方法,设计实验方案,逐一验证猜想. 证据要素是科学探究的主体,在制订方案环节,本实验在选取实验器材时,实验物体选用体积较大的方形塑料瓶,液体选用密度相差较大的酒精和糖水,既注重了实验的科学性,又注重了实验的可行性和简单性. 在收集数据环节,该自制实验教具中器材选用较合理,测得实验数据明了清晰,易于分析,得出结论.

解释要素是科学探究的结论,仔细观察实验数据,可以发现浮力与物体浸入液体体积、液体密度之间的定量关系,若进一步细化实验物体体积的等份,增设液体密度的种类,可以很好地实现由直观现象到定量分析,促进学生完成对浮力的感性认识到理性认识的转化,完美地验证阿基米德原理.

5 结束语

“决定浮力大小的因素”是本章教学的重点,具有承上启下的作用,一方面有助于学生进一步理解浮力的概念,另一方面为学习阿基米德原理做好准备. 但该实验研究物体不明确,现象不明显,操作不便捷,需要通过改进实验装置,把原来不明显的实验现象更加清晰地呈现给学生,提高课堂效率,有效地促进学生深刻理解影响浮力大小的因素.

根据教材中的相关内容,研究了知网上的改进实验后,设计并自制了探究浮力的大小跟哪些

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

因素有关的实验教具. 首先,该教具有实验现象明显,操作便捷等优点,通过自主探究,学生可以进一步熟悉控制变量的思想方法,深化物理知识的理解. 其次,仔细观察实验数据,可以发现浮力与物体浸入液体体积、液体密度之间的定量关系,若进一步细化物体体积的等份,增设液体密度的种类,可以很好地实现由直观现象到定量分析,促进学生完成对浮力的感性认识到理性分析的转化,完美地验证了阿基米德原理.[7] 更加符合学生的认知特点,让学生在真实情境中“沉浸式”地体验科学探究.[8] 让学生在问题解决中,参与探究活动各个环节的思维进阶,不断“催生”学生的深度学习,将碎片化的知识形成结构网络,构建更加本质的科学观.[9] 最后,本实验器材大都来自生活用品,不仅可以激发学生对物理学科的兴趣,还能引导学生利用身边的生活用品探究物理知识的意识,培养学生的科学探究能力,增强物理与现实生活之间的联系,符合“从生活走向物理,从物理走向社会”的新课程理念.

参考文献:

1 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022.
2 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心. 义务教育教科学书 物理(8 年级下册)[M]. 北京:人民教育出版社,2012.
3 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.
4 李霞. 自制教具探究影响浮力大小的因素[J]. 实验教学与仪器,2023,40(5):56-57.
5 郭观彬. 促进科学思维发展的物理实验教学设计——以“光的传播”为例[J]. 中学物理,2023,41(16):18-20.
6 刘健智,杨麒蓉,曾红凤. 基于科学探究素养的高考物理试题分析及启示——以近三年新课标全国卷为例[J]. 西华师范大学学报(自然科学版),2022,43(4):474-480.
7 钱萍,王坚. “探究影响浮力大小的因素”实验改进与创新[J]. 物理教师,2019,40(1):50-52.
8 陈海深,全金涛,宋善炎. 基于科学探究素养的深度学习与实践探索——以“沙漏的浮沉”项目学习为例[J]. 物理教师,2023,44(4):49-53.
9 李刚. 聚焦实验探究,促进深度教学[J]. 物理教师,2021,42(12):37-39.

(收稿日期:2023-12-17)

(上接第 61 页)

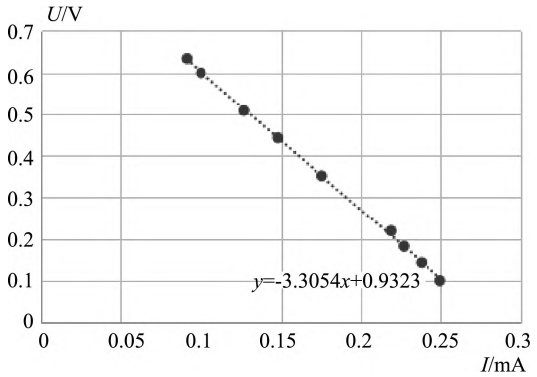

图 7 用传感器“伏阻法”测量电动势和内阻 $U-I$ 图

由于电压传感器的内阻非常大,几乎可以看成理想电压表,所以实验误差非常小,用电压传感器“伏阻法”测量的结果更为精确,这也是新教材把“伏阻法”作为参考案例的原因. 条件允许的学校,可以用电压传感器或数字电压表,采用“伏阻法”测量水果电池的电动势和内阻. 如果学校没有足够的电压传感器或者数字电表供学生实验,则用“安阻法”测量更为合理、妥帖. 特别在 2023 年最新出版的人教社教材插图改用了数字电压表,这样更为科学、严谨.

教材用了多种方法测量水果电池的电动势和内阻,可以拓宽学生的知识和实验能力. 但教师在实际教学中应结合学校实验条件,选择合适的测量方法. 测量电池的电动势和内阻,是一个对学生误差分析教学非常好的素材,也是学生研究性学习的好素材,教师很有必要进行教学拓展,培养学生解决实际物理问题的能力.

参考文献:

1 李莉,徐发林. 巧用“图像法”分析物理实验误差——以“测电源电动势和内阻”实验误差分析为例[J]. 中学物理教学参考,2019(6):88-89.
2 刘宗涛. 席明纳模式下高三物理复习课课堂实践及探索——以“测定电源电动势和内阻实验系统误差分析”为例[J]. 物理教学,2019(1):17-19.
3 吴志山. 用 DIS 探究“测定电池电动势和内阻”实验问题[J]. 物理教师,2013(6):66-71.
4 李霞. 自制教具探究影响浮力大小的因素[J]. 实验教学与仪器,2023(5):56-57.
5 何述平. 伏伏法测电源电动势和内阻的方法探究[J]. 物理教师,2015(7):57-59.
6 翟明松. 一次函数系数对比法分析测电源电动势和内阻的系统误差[J]. 物理教师,2013(9):87-88.

(收稿日期:2023-11-03)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net