

物理实验



天宫课堂“浮力消失”实验探讨

鲍建中

(北京教育学院附属丰台实验学校 北京 100071)

张婷玉

(北京市陈经纶中学本部初中 北京 100026)

郑欣

(北京市陈经纶中学保利分校 北京 100024)

(收稿日期:2022-07-18)

摘要:对天宫课堂“浮力消失”实验原理进行了讨论,探讨如何运用天宫课堂资源为初中物理教学服务,开展有关天宫实验设计的畅想,并就此开展了3点反思.

关键词:浮力消失;初中物理;天宫课堂

2021年12月9日中国航天员王亚平老师在“天宫课堂”中展示了微重力环境下的一些实验现象,笔者也有幸参与到天宫课堂实验设计团队中.天宫课堂实验包括“太空转身”“浮力消失”“水膜张力实验”“水球光学实验”“泡腾片实验”.微重力环境下物理实验与地面实验形成鲜明对比,给学生巨大的视觉冲击,提升了中小学生的物理学习兴趣,为一线教师提供了多元化的教学素材.授课面向中小学生,王亚平老师对实验原理简单解释.因为不同学段的学生,已有知识水平及认知发展水平不同,作为一线教师,应有意识地根据学情、教材等发挥“天宫课堂”的教育价值,挖掘“天宫课堂”实验的内涵与外延,将天宫课堂实验与知识对接,拓展物理实验蕴含的物理原理、思维方法.本文就“浮力消失”实验展开探讨,希冀对实现学生核心素养的落地有所裨益.

1 太空实验情景再现

演示“重力消失”实验时,王亚平老师先在杯子中注入一定量的水,说道:“水在地面有浮力作用,万吨巨轮就是靠着浮力才能够在海洋中航行.”随后

示意地面的同学们将乒乓球放在杯子里,看看有什么样的现象,如图1所示,自然是地面实验乒乓球浮在了水面上.对于这个结果,大家不会意外.



图1 地面漂浮的乒乓球

同样的实验在太空中实验会出现什么样的现象呢?将乒乓球放在水里,用吸管将乒乓球按压在水中,松手后,此时浸没在水中的乒乓球并未像地面实验那样漂浮在水面上,而是悬在原来按压的深度,不上浮也不下沉,如图2所示.此时王亚平老师解释道:这是因为浮力是随重力产生的,在太空失重环境下,浮力几乎消失,所以乒乓球不能像在地面一样浮起来.

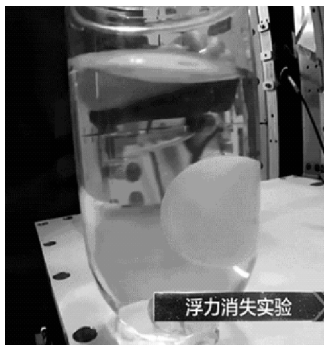


图2 天宫中的乒乓球

2 原理解释

“浮力”是初中物理人教版教材第十章的内容，本章共分为3节：“浮力”“阿基米德原理”“物体的浮沉条件”。分析可得“浮力消失”现象与浮力产生的原因有关，而浮力的产生与液体压强密不可分，所以初中浮力教学中，可以借助这一实验资源，明晰浮力产生的原因，拓展学生思维。

2.1 天宫“浮力消失”理论推导

在地球上，用手将乒乓球浸没在水中，浸没在水中的乒乓球，因为液体具有流动性，液体朝各个方向都有压强，所以就会产生朝向各个方向的力。

我们将浸没水中的物体理想为一长方形物块，找出上下对称的4个点，4个点所在深度及受力情况如图3所示。

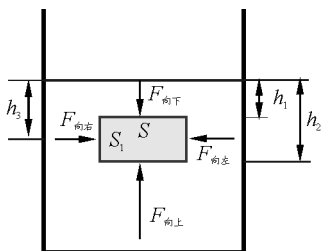


图3 长方形所受水的力

由压强计算公式得

$$F_{\text{向下}} = p_1 S = \rho_{\text{液}} g h_1 S$$

$$F_{\text{向上}} = p_2 S = \rho_{\text{液}} g h_2 S$$

$$F_{\text{向左}} = p_3 S_1 = \rho_{\text{液}} g h_3 S_1$$

$$F_{\text{向右}} = p_4 S_1 = \rho_{\text{液}} g h_3 S_1$$

由上述表达式可知 $F_{\text{向左}}$ 与 $F_{\text{向右}}$ 大小相等，方向相反，左边任何一个点，在右边均有一对对称点与其对应，水平方向受到无数多个力，相互抵消，水对物块水平方向的合力为零。

在竖直方向，因为物块具有一定厚度

$$h_2 > h_1 \quad F_{\text{合}} = F_{\text{向上}} - F_{\text{向下}}$$

若物块边数增多，我们将其理想为规则的六边形物块，选取六边形上对称的几个点，画出其所受到水的压力，如图4所示。因为几个力不在同一方向，可以根据力的作用效果将其等效分解， F_6 有水平向右和竖直向下两个作用效果，可以等效分解为水平向右和竖直向下两个分力。 F_2 与水平向左和竖直向下两个力的合力等效，两个点左右对称，因此水平方向的力相互抵消，两个力的合力竖直向下。同理 F_3 、 F_5 的水平方向合力为零，两个力的合力竖直向上。水对浸没在其中的六边形物块有无数多个力，水对这些力的合力即浮力，其大小为水对上、下表面压力差，其方向竖直向上。

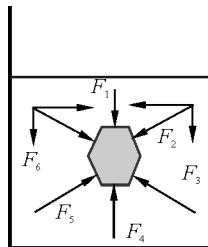


图4 六边形所受水的力

当物块的边数继续增多，理想为无数多条边时，可以将其近似为圆形物体，如图5所示，从矩形与六边形受力情况可推导出，乒乓球所受的水的合力——浮力，依旧为上下表面压力差。在太空微重力的环境下，液体重力几乎消失，液体内部不再存在压强，浸在水中的乒乓球，不再受到液体上下表面压力，将不再受到浮力的作用，加之微重力环境，乒乓球在水中不受任何力，所以最终悬在水中，如图2所示，不上浮也不下沉。

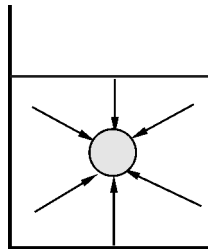


图5 圆形所受水的力

2.2 地球浮力消失实验演示

对比地面上乒乓球实验，地面上将乒乓球浸没在水中，液体有重力，液体内部存在与深度成正比的

压强,浸在水中的乒乓球,受到液体的压力差而产生向上的浮力,松手后由于所受浮力大于重力,乒乓球向上运动,如图1所示,最终停留在液体表面。

浮力消失实验只能在太空完成吗?地面上能否实现让浮力消失呢?我们从浮力产生原因着手设计实验.之所以水对浸在其中的物体产生向上的浮力,是因为物块所受水对其下表面压力总是大于上表面所受向下的压力.若乒乓球下表面无水,下表面必定不会受到其向上的压力,此时乒乓球便不再受到浮力,由此完成了图6和图7的设计。



图6 乒乓球下表面无水



图7 乒乓球下表面有水

如图6所示,因矿泉水瓶下端开口,向矿泉水瓶中加入一定量的水,部分水从乒乓球下表面流出,导致乒乓球下表面无水,不能受到水向上的力,而乒乓球上表面有水,上表面的水会将乒乓球牢牢地压在下端.此时,我们用手托住矿泉水瓶底端,或将其直接放入水槽中,如图7所示,使其下表面有水,与无水时形成对比,乒乓球下表面受到水向上的力,且向上的力大于向下的力,乒乓球受到浮力,且浮力大于重力,乒乓球浮出水面。

2.3 “轮船”地球引力消失辩论会

开展理论与实验的演示后,部分学生会产生这

样的错误认知,认为此时天宫实验中的乒乓球是悬浮.我们从悬浮的条件来分析本问题,悬浮是只在重力与浮力的作用下,物体不浮出水面,也不沉底的一种状态.天宫中的乒乓球浮力与重力均消失,几乎不受任何力,所以并不是悬浮,天宫课堂实验后,学生感受到了物理的奥秘,对浮力的知识显示出了极大的兴趣,但是对于太空微重力环境下并不属于“悬浮”的认识依旧存在思维障碍点,我们可以开展有关地球引力的思想辩论会,展示思考题:在海面上静止漂浮的轮船,若地球引力消失,轮船在水中的运动状态及所处位置如何?

部分学生会持有这样的观点:因为失去了地球的引力,也就是轮船的重力消失,如此在水中的轮船就不会排水,也就不会有排水深度,轮船将不受到浮力,于是轮船依旧静止,会在水面静止待着,不会有任何吃水深度,也不会受到浮力。

有部分学生在上述观点的基础上产生这样的质疑:如果没有重力,液体也就不会产生压强,根据浮力产生的原因,就不会受到浮力,原来有一定吃水深度的轮船就不会被拖到水面上,从而质疑上述观点的正确性.此时教师要聆听学生的观点,不要打断学生,等学生形成不同的观点,各抒己见,尽量发表个人的看法,形成辩论的课堂氛围。

还会有部分学生将“太空浮力消失”实验迁移到这一问题中,太空授课微重力环境下乒乓球可以浸没在任何深度,其原因为受到水对船上下表面压力差,若失去地球引力,水与轮船的重力均消失,水压强也消失,水内部也不再具有向上的压强,轮船不会受到水对其上下表面的压力,即轮船不受浮力,原来处于某一深度的轮船,所受浮力重力均消失,这种假设与天宫课堂相同,轮船处于静止状态,即还会处在原来的吃水深度,不上浮也不下沉.学生为解决这一问题展开激烈的辩论,为了证明自己的观点,搜肠刮肚,开展激烈的探讨,学以致用。

3 天宫课堂实验设计畅想

为了更好地调动学生的学习积极性,激发学生对太空微重力环境的畅想,教师引导学生思考:若你是太空实验的设计者,围绕压强、浮力主题畅想,你

会设计哪些实验?如何完成你的实验?通过这一环节展开头脑风暴,通过实验设计学生不断完善运动观,学生呈现如下太空实验畅想。

3.1 “压强消失”实验

由于受液体重力及流动性,液体内部产生了压强,微重力的太空环境是否有压强呢?天宫可以设计出“压强消失”实验。如图8所示,用铁丝做成一个长方体框架,长方体的6个面用橡皮膜封上,将其浸入水中某一深度,图8(a)是地球上放入长方体后橡皮膜的形变情况,若将这一长方体放在太空中实验,因为微重力环境,液体重力消失,压强消失,会出现图8(b)所示实验现象。

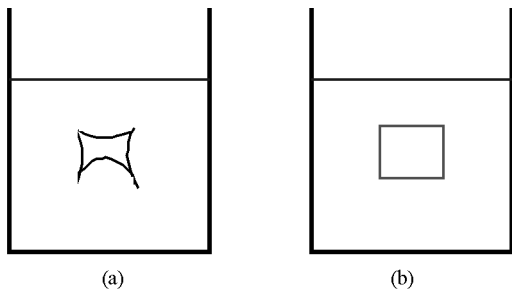


图8 “压强消失”实验

3.2 “惯性存在”实验

太空重力几乎消失,物体的质量不会消失,在太空中惯性是依旧存在的,学生设计演示太空存在惯性的实验。用一个上、下端均开小口的容器,里面放入质量不等的乒乓球和钢球,如图9所示。向下端小口A处用水袋注水,当注入一半的水时,乒乓球和钢球还在原来的位置,不会被水“托起来”,这与浮力消失实验原理是一样的。继续加水,思考:不直接用手接触两球的前提下,让乒乓球与钢球处于杯中不同位置,该如何操作?

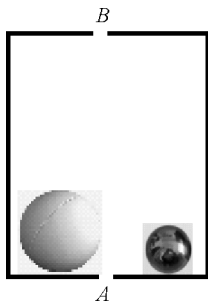


图9 “惯性存在”实验

用手堵住容器上下两个口A、B,手拿着容器突然加速向下运动,乒乓球与钢球由于惯性可以保持原来的运动状态,相对于容器而言,太空中,所处位置靠上一些,惯性与物体的质量有关,质量越大惯性

越大,相对来说,钢球所处的容器中的位置更高一些。太空中重力几乎消失,部分学生会认为质量也消失,惯性存在实验使得学生更加全面了解太空环境,同时用所学惯性解释实验现象,感受科学的奥秘。

4 “天宫课堂”教学探索反思

4.1 充分利用“天宫课堂”资源

天宫课堂利用微重力环境,展示诸多有趣的物理实验。鉴于条件、时间的局限,授课时更关注通过天宫课堂的引领,激发学生学习兴趣。作为一线教师要充分利用“天宫课堂”资源为一线教学服务。例如,根据学生现有的认知发展水平,客观全面地解释蕴含的实验原理;将天宫课堂实验与地面实验形成对比,引发学生的认知冲突,依据学生的思维障碍点,开展概念教学的突破;截取天宫课堂的某一部分素材,作为教学中某一知识引课或实验探究素材,助力物理课堂教学的开展。

4.2 关注学生高阶思维能力的培养

初中阶段的学生正处于具体运算阶段到形式运算阶段过渡的关键时期,很多学生的学习离不开实物的支撑,在缺乏问题情境的创设下,仅凭借理论推导,即便学生重新演绎、推导,依旧无法将浮力产生的原因这一问题内化,做题时只能生搬硬套,提升学生的科学探究能力更无从谈起,恰当利用天宫课堂素材是解决这一问题的关键。学生通过“天宫课堂”了解太空微重力环境,在太空实验解释与论证过程中,促进高阶思维能力的发展,提升学生的科学思维能力。

4.3 促进学生物理核心素养落地

天宫课堂面向的是中小學生,更倾向于知识科普及兴趣的培养。王亚平老师在解释这一现象时,用通俗易懂的语言解释道:“这是因为浮力是随重力产生的。”通常学生会认为因为重力才导致物体的下沉,但是“浮力、重力竟然成为相伴而生的两个物理量”引发学生的认知冲突,促使学生对浮力的研究与再思考。学生心中不免产生这样的疑惑:地球上物体没有浮出水面,大多因为物体重力竖直向下的原因,而为什么重力、浮力竟然成了相伴而生的两个物理量?这一冲击激发学生的学习热情,引导学生继续研究学习,为学生的想象力插上翅膀,激发学生的创新与实验探究意识,促进物理核心素养的落地。