

# 对“阿基米德原理”教学逻辑的思考<sup>\*</sup>

——基于单元教学设计的视角

乔通 (河南省许昌学院教育学院 河南 461000)

**摘要** 当前阿基米德原理的教学有三种思路,然而均存在一定的逻辑问题。其根本原因在于没有找到得出物理规律的合适思路,导致教学逻辑过于牵强。为此,本文从单元教学设计的视角,将物体的浮沉条件一节置于阿基米德原理之前,重新做了教学设计。

**关键词** 阿基米德原理 物体的浮沉条件 单元教学设计

**文章编号** 1002-0748(2022)10-0033

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** B

## 1 当前教学的困境

当前阿基米德原理的教学有三种思路。第一种思路是用实验归纳法。教师演示溢水杯实验,通过实验归纳出浮力的大小等于排开水的重力。这种思路的问题在于,没有讲清楚实验背后的理论假设,这样无异于直接灌输结论,而实验仅仅起到了直观教学的作用。

第二种思路是用理论演绎法。由于在此之前学生学习过液体压强的知识,于是有的教师运用液体压强公式推导出阿基米德原理。这种思路的问题在于,首先,推导过程中为什么要将压强公式中的 $h$ 和物体底面积 $S$ 合并为体积,这是讲不清楚的。其次,纯粹理论推导的方法对于刚接触物理的初中生而言,往往难以接受。

第三种思路是用“假设—验证”法。鉴于前两种思路存在的问题,有的教材用实验的方法启发学生得出假设:浮力的大小跟排开液体的体积和液体密度有关。据此建立阿基米德原理的假设,之后做实验验证<sup>[1]</sup>。这种思路意在让学生经历科学探究的过程,整体上优于前两种。然而同样存在问题,即为什么将排开液体的体积和液体密度相乘再乘以常数 $g$ ,这个过程显得过于牵强,逻辑上说不通。

总之,当前阿基米德原理教学设计的逻辑都不顺畅。其根本原因在于教师低估了科学规律发现过程的曲折性。事实上,在物理规律发现的背后往往有着丰富的知识背景和特定的问题情境。如果教学脱离了这些特定的知识背景和问题情境,就会导致

逻辑不顺畅。

基于以上思考,笔者从单元教学设计的视角,将物体的浮沉条件一节置于阿基米德原理之前来处理这一教学难点。这样做有两方面的考虑,其一,在阿基米德的著作《论浮体》中,他是通过对悬浮和漂浮物体的受力分析而得出阿基米德原理的,也就是说物体的浮沉条件是阿基米德原理发现的基础<sup>[2]</sup>;其二,小学科学中已经涉及到物体的浮沉条件,将这一部分前置不会给学生的理解增加困难。

整个单元教学需要三个课时。第一课时,认识浮力,并探究物体的浮沉条件;第二课时,发现并验证阿基米德原理;第三课时,对浮沉条件和阿基米德原理的深化和拓展。

## 2 第一课时:认识浮力并探究物体的浮沉条件

### 2.1 感受浮力

上课伊始,教师出示以下材料:苹果、蜡烛、木块、空塑料瓶等。教师可以提问:这些物体放在水中会怎么样?

学生说会浮起来。

教师追问:它们为什么会浮起来?

学生会说,因为受到浮力。

教师总结:漂浮的物体在水中受到浮力。

接下来教师可以让学生用手将漂浮的物体按入水中,亲身感受浮力。

### 2.2 破除前概念:下沉的物体是否受浮力

有些学生会认为下沉的物体不受浮力,为了破

<sup>\*</sup> 基金项目:本文系河南省2021年度教师教育课程改革研究重点项目“卓越中学物理教师学科教学知识(PCK)的内容建构与发展途径研究”(项目编号:2021-JSJYZD-040)的研究成果。

除学生的前概念,可以采用如下教学策略。

教师出示铁块、石头、橡皮等物体,然后向学生提问:这些物体在水中会怎样?

学生会说下沉。教师随即提问:下沉的物体在水中是否受浮力?

学生会有争议,有的同学说受浮力,有的同学说受浮力。接下来教师引导学生设计实验验证猜想。之后给学生提供弹簧测力计和烧杯等器材,让学生分组实验。

学生分组实验之后,教师组织小组汇报实验结果。最后得出结论:下沉的物体在水中受浮力。

### 2.3 描述物体浮沉状态和过程

在这个环节,教师要让学生知道如何用准确的语言描述物体在水中的浮沉状态和过程。具体来说,教师可以让学生尝试用自己语言描述水中物体的浮沉状态和过程,在学生尝试描述的基础上,教师再进行修正和总结:物体在水中有三种状态,即漂浮、悬浮和沉底,以及两个过程,即上浮和下沉。

### 2.4 初步探究物体的浮沉条件

有了以上认识,教师将问题继续向前推进:通过以上实验我们知道有的物体上浮,有的物体下沉,那么为什么物体有的上浮有的下沉呢?

由于学生存在前概念,很可能有学生说“重的物体下沉、轻的物体上浮”。接下来,教师让学生讨论是否同意这个看法,学生会有争议。

教师可以发问:石块很重,石块放在水中是下沉的,那么我们取非常小的一块石头它可以浮起来吗?

有学生说可以,有学生说不可以。

教师提供石块做实验,从而让学生认识到即使很小的石块在水中也是下沉的。

继而,教师让学生举出更多类似的例子。学生会想到泥土和沙子,泥土和沙子虽然非常小,但是也浮不起来。

这样就使学生认识到了轻的物体不一定上浮,原来下沉的物体,切割得再小依然会下沉。

接下来教师出示一块大的木头,问学生:这块木头很重,能浮起来吗?

学生会有争议。将木头放入水中发现,木头浮起来了。

有学生仍然不相信,认为木头不够重,如果继续增加木块,木头和木块可以下沉。为此教师可以增加更多的木块继续验证。最后发现,继续增加木块,只会影响木块在水中的体积,但是木块仍然漂浮。

从这个实验可以发现:重的物体不一定下沉;原

来漂浮的物体,增加更多的相同物质依然是漂浮。

最后教师作出总结:实验结果表明“重的物体下沉、轻的物体上浮”是错误的。物体的浮沉不是由轻重决定的。并且,原来下沉的物体,切割得再小依然会下沉;原来漂浮的物体,增加更多的相同物质仍然漂浮。

### 2.5 定性探究物体的浮沉条件

在破除了学生的前概念之后,接下来需要研究:浮与沉究竟与什么有关?这个问题比较抽象,教师可以将问题具体化。教师出示一个玻璃瓶,将其放入水槽中,然后提问:玻璃瓶是浮在水上的,如何使它下沉呢?

学生会想到在瓶中装水。

教师实验之后,引导学生讨论:我们不是改变了物体的重量吗,可见重的物体下沉,可以这么说吗?这不是与刚才的结论矛盾吗?

学生小组讨论后得出结论,这次实验中瓶子的体积没有改变,重量增加了,于是物体下沉。

教师继续追问:瓶子的体积不变,重量增加了,其实是瓶子的什么变了?

学生容易想到,是密度。

教师可以总结:改变物体的密度,可以改变物体的浮沉状态。也就是说,密度决定了物体的浮沉。

接下来教师可以举出更多的例子来证明这个结论。例如,木块在水上漂浮,增加更多的木块不能影响其密度,所以依然是漂浮。又例如,铁在水中下沉,把它切成更小的铁屑依然是下沉,原因是密度没有改变。而轮船之所以能够在水上漂浮则是由于中间是空心的,这样相当于改变了物体的平均密度。另外还可以举出潜水艇的例子来帮助学生加深理解。

### 2.6 定量探究物体的浮沉条件

下面教师将问题继续深入:我们知道物体的密度决定了物体的浮沉状态,那么密度要多小才能漂浮?多大才能下沉?密度多大才能悬浮?

教师对这个问题具体化,从刚才玻璃瓶装水的实验可以看出,悬浮是物体的浮与沉的临界状态,密度大一点就沉,小一点就浮。那么这个临界密度值是多少呢?教师让学生猜想。

在之前讨论的基础上,学生通过对常见物体密度进行比较,容易猜想到,悬浮物体的密度应该等于水的密度。

接下来进行实验验证。可以组织学生分组实验,测量悬浮玻璃瓶的密度。

继而,教师可以引导学生从理论上论证。如果水中有一块水,那么它是漂浮还是沉底呢?学生容易想到,一定是悬浮。教师可以解释,如果水中的某

一块水不能悬浮,则我们将看到静止的水杯中波涛汹涌。然而事实上水面很平静,可见水中的某一块水没有运动。这说明悬浮物体的密度正好等于水的密度。因此可以推断,假设水中有一物体密度等于水的密度,就相当于水中有一块水,它一定是悬浮。

### 3 第二课时:发现并验证阿基米德原理

#### 3.1 探究物体在水中的浮力大小变化规律

在以上认识的基础上,让学生对同一物体的不同浮沉状态进行受力分析,从而发现浮力大小的变化规律。教师给每个同学发一个带橡皮塞的药用玻璃瓶,给学生布置任务,让玻璃瓶在水中处于悬浮状态。学生通过实验体会到悬浮状态很难达到,药瓶要么上浮要么下沉。

在学生有了充分的感性体验的基础上,教师布置进一步的任务,研究漂浮、悬浮和沉底物体的浮力与重力的关系,让学生分组讨论。

学生通过分析不难发现,漂浮和悬浮物体的浮力等于重力,而沉底物体的浮力小于重力。在此基础上,教师引导学生认识浮力的变化规律:从漂浮到悬浮,随着瓶中水的增多,玻璃瓶在水中受到的浮力逐渐增大;当到达悬浮状态时,如果再往瓶子加水,则瓶子下沉,这说明浮力不能再增大了。也就是说悬浮状态物体的浮力达到最大,沉底状态的浮力等于悬浮状态的浮力。

#### 3.2 发现阿基米德原理

在此基础上,教师提问:玻璃瓶在水中所受到的最大浮力是多少?

对此可以先让学生尝试分析,之后教师进行总结。学生容易回答,由于悬浮物体的浮力等于重力,即  $F_{\text{浮}} = G_{\text{物}}$ ,所以玻璃瓶在水中所受最大浮力的大小等于悬浮物体的重力。教师可以追问:具体怎么测量呢?

学生会回答把玻璃瓶拿出来,用天平或弹簧秤称量,就知道它的重力。

教师可以指出这种方法的局限性。第一,由于在做实验的过程中发现,真正的悬浮状态很难实现,我们认为的悬浮很可能不是真正的悬浮状态,这就导致我们通过称量悬浮物体的重力求浮力得出的结果不准确;第二,对于实验室中的玻璃瓶容易将其拿出来并测量重力,但是对于现实中体型庞大的物体,比如水中悬浮的潜水艇,要测量其重力则很难。对此学生容易理解。

于是,教师可以问学生:除了用称量悬浮物体的重力的方法求浮力,还能用什么方法求悬浮物体所受的浮力呢?学生不一定能回答。

教师可以启发学生:悬浮物体的密度等于水的密度,悬浮物体就相当于水中的一团水。这样,学生能够想到,如果知道悬浮物体的体积,乘以水的密度,计算出这一部分水的重量。这一部分水的重量就等于悬浮物体所受的重力,也就等于悬浮物体所受的浮力。

此时,教师把关系式写下来:  $F_{\text{浮}} = G_{\text{物}} = G_{\text{水}}$ 。

教师可以进行总结,用这个关系式我们就可以知道物体在水中所受的最大浮力。教师可以带领学生进一步总结新发现的关系,即悬浮物体所受浮力等于相同体积的水的重力。接下来教师与学生讨论如何设计实验验证以上结论,并做溢水杯实验进行验证。在此,需要注意的是,在做溢水杯实验时,应该用塑料袋接住溢出来的水,而不是用烧杯,这样可以减轻学生的认知负荷<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 实验验证阿基米德原理

接下来教师可以提问:以上结论是否适用于漂浮和沉底的物体?教师可以与学生一同讨论如何设计实验进行验证。

首先验证沉底的情况,这个过程没有疑问。实验可以证明,沉底的物体所受浮力等于同体积的水的重力。

然后验证漂浮情况。在这里,实验之前学生容易发现浮力明显不等于同体积的水的重力。于是,教师需要引导学生对之前的关系式进行修正。在漂浮情况下,物体占据水中的体积和物体体积不相等,但是根据之前的实验现象,我们可以猜想可能是与物体浸入水中的体积同体积的水的重力决定了浮力的大小,也即漂浮物体浮力大小等于与物体浸入水中的体积同体积的水的重力。

接下来可以用溢水杯实验进行验证。实验之后得出结论:漂浮物体的浮力等于与物体浸入水中的体积同体积的水的重力。此时,教师可以告诉学生,由于这么表达结论过于拗口,所以为了表达方便,我们说漂浮物体所受浮力等于排开水的重力。

教师最后进行总结,不论是漂浮、悬浮还是沉底物体,物体所受浮力都等于排开水的重力,这就是阿基米德原理。

### 4 第三课时:阿基米德原理和物体浮沉条件的深化与拓展

#### 4.1 探究浮力的产生原因

对于这个问题,许多学生有前概念,学生往往认为凡是在水中的物体都受到浮力。为此教师可以创设这样的问题情境:在水中的桥墩是否受浮力?学生往往判断受浮力。然后教师用蜡烛模拟桥墩做实

验。先让学生看到蜡烛可以正常漂浮在水面上,然后教师将事先被磨平底部的蜡烛放入水槽底部,学生会看到蜡烛浮不起来。接下来让学生思考其中的原因,在学生分析的基础上,教师讲解浮力的产生原因<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 通过改变液体密度改变物体的浮沉

教师先演示改变水的密度改变鸡蛋的浮沉实验。实验之后让学生根据已学理论进行分析:为什么水中加盐之后会影响鸡蛋的浮沉?学生通过分析能够认识到,根据阿基米德原理,改变液体密度能够改变物体所受的浮力大小。另外,根据物体的浮沉条件,改变液体密度相当于改变了物体与液体的相对密度,同样能够解释物体浮沉状态的改变。

#### 4.3 认识空气也具有浮力

通过列举气球和飞艇的例子,让学生认识到空气也具有浮力,并运用液体浮力相关知识进行分析。

### 5 反思与启示

(1) 物理规律发现的背后往往有丰富的背景知识。

当前的探究教学逻辑之所以显得牵强,其根源在于企图通过对有限事实知识的探究得出物理规律,而忽视了物理规律发现背后的丰富的背景知识。笔者在教学设计时就充分考虑到了这一点,为此在阿基米德原理教学之前设计了一系列的探究过程,在这个过程中,学生获取相关背景知识从而作为发现阿基米德原理的基础。具体来说,通过探究物体的浮沉条件,让学生知道物体密度决定物体浮沉状态,即密度等于水的物体悬浮,密度大于水的物体沉底,密度小于水的物体上浮;通过受力分析可知,漂浮和悬浮物体的浮力等于重力,沉底物体的浮力小于重力。有了这些背景知识作为基础,发现阿基米德原理就是水到渠成的事情了。

(上接第 76 页)

综上所述,为实现立德树人,培养学生学科核心素养的根本目标,教材借助物理学史为线索和工具为学生更好地呈现了物理知识,同时也为教师提供了更好的教学参考。

#### 参考文献

- [1] 芦星月,熊建文. 科学探究视角下的物理学史教育功能分析[J]. 物理教学,2021(8):69—71,43.
- [2] 郑康,吴伟. 巧用“科学足迹”渗透物理学史教育[J]. 物理教学,2016(6):76—78.
- [3] 赵塞君,顾锋,李素娟,等. 物理学史与高中物理教学相结合的

(2) 探究教学要找到合适的科学问题。

从 2002 年新课改以来,探究教学在中国已经实施了近二十年,然而其中的问题提出环节依然存在很大问题。许多教材一上来就提出问题“浮力的大小与哪些因素有关?”这样抽象的科学问题是无论如何都无法激起学生探究兴趣的。其实,科学问题往往是从具体情境中提出的。反思笔者的设计思路,一开始并没有直奔主题,而是从探究物体浮沉条件的问题开始,旁敲侧击,逐步深入,最后找到物体在水中所受最大浮力有多大这样的问题,从而自然而然地得到阿基米德原理。

(3) 探究教学应选择合适的研究对象。

当前教材往往是以漂浮和下沉物体作为研究对象来探究阿基米德原理的,这会诱导我们仅仅关注到“浸入液体的物体的体积”影响浮力的大小,而不会关注到“排开液体的重力”这个物理量。这样由于研究对象选择不当,就无法顺利引导学生作出假设。而笔者基于对阿基米德著作的分析,发现阿基米德是从研究悬浮物体入手从而发现阿基米德原理的,为此选择研究悬浮物体,这样就可以很顺畅地发现物体在水中所受浮力就等于占据相同体积水的重力,于是就很自然地将物体所受浮力与排开液体的重力(而不是浸入液体的体积)建立起了联系。

#### 参考文献

- [1] 人民教育出版社课程教材研究所. 物理(八年级下册)[M]. 北京:人民教育出版社,2012:51—54.
- [2] 阿基米德. 阿基米德全集[M]. 朱恩宽,等,译. 西安:陕西科学技术出版社,1998:255—260.
- [3] 邢红军. 初中物理高端备课[M]. 北京:中国科学技术出版社,2014:22—24.
- [4] 安忠,刘炳升. 中学物理实验教学研究[M]. 北京:高等教育出版社,1986:305.
- 研究——以“自由落体运动”为例[J]. 物理教学,2017(5):76—78.
- [4] 王向科,祁会玲. 从新旧教材对比看学习物理学史的意义——以人教版“原子结构和波粒二象性”为例[J]. 中学教学参考,2021(35):54—55.
- [5] 应俊. 利用物理学史培养科学态度与责任实践探索——以“粒子的波动性”为例[J]. 物理通报,2021(11):157—159,161.
- [6] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020:15.
- [7] 郭奕玲,沈慧君. 物理学史(第二版)[M]. 北京:清华大学出版社,2005:213—241.