

一道求小石块密度的习题引起的思考

——测小石块和液体密度的非常规方法

李甲林

(苏州市高新区第一初级中学 江苏 苏州 215011)

(收稿日期:2017-06-15)

摘要:测量物质的密度有多种方法,学习了浮力知识后测量密度又增加了很多巧妙的方法,笔者根据一道求小石块的密度的习题,分析总结了学习浮力后一些测小石块和液体密度的非常规方法.

关键词:密度 浮力 等量代换 平移法

1 习题分析

如图1所示,一个平底试管中有适量的水,试管上下均匀厚度不计,将试管放在装适量水的烧杯中,能竖直漂浮在烧杯的水中,这时试管中水面到烧杯底部的距离是 L .当把一个小石块放在试管的水中浸没时,试管中水面到烧杯底部的距离仍是 L ,已知试管和烧杯的底面积之比为 $1:3$,水的密度为 $\rho_{\text{水}}$,求小石块的密度.

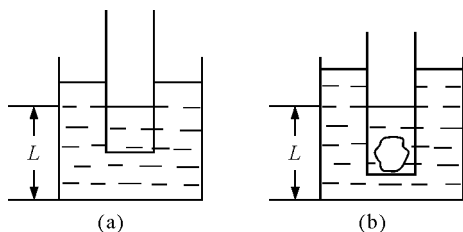


图1 题图

分析:这道习题所给的条件较少,要解答这道习题,首先要解决试管排开水的体积问题.

需要改善;三是能培养学生的批判性思维,学生以审视的眼光看待自身与他人的差距;四是能促进学生与他人的沟通,“他人”包含教师和学生;五是能提升教师的教学水平,评价量表可指出教学中需要改善的地方;六是能创造公平的竞争环境,学生的亮点和不足都能得到客观体现^[1].

尽管优势有这么多,但实施起来,还存在不少困境,主要有以下4点:一是固化的分数评定等级思维,在以高考分数为依据的人才选拔制度下,量化的分数将学生分为了三六九等,而学生素养的高低不等同于分数的高低,从评价量表中教师并不能知道学生“会不会做这个题,能不能拿到这个分数”,因此,重分数的思想限制了评价量表的推广;二是教师对评价量表的熟悉程度不够,大部分教师并不熟悉评价量表如何制定、如何运用以及有哪些优势,认为操作性不强,效率不高;三是不适用于当前的大班教学,为了发挥评价量表反馈的及时性,班级人数不能多,20~30人为宜,而面对目前国内班级人数少则

40人,多则70人的普遍情况,评价量表的实施确实会大大加重教师的工作量,从而影响教学进度;四是评价量表具有一定的适用范围,不是所有的教学内容都可以完全套用评价量表,例如概念教学、习题评讲等,评价量表最适合于实验报告、小组活动、口头陈述等.

参考文献

- 1 丹奈尔·D·史蒂文斯(美),安东尼亚·J·利维(美)著.评价量表:快捷有效的教学评价工具.陈定刚译.广州:华南理工大学出版社,2014.3~20
- 2 孙鹏,宋本祥.浅谈双生子佯谬.鞍山师范学院学报,1996(01):1~2
- 3 张天蓉.著名的双生子佯谬.科技导报,2015,33(17):102~103
- 4 苏钟麟.“双生子佯谬”和“偷换前提条件”.发明与革新,1996(09):28
- 5 林崇德主编.21世纪学生发展核心素养研究.北京:北京师范大学出版社,2016.1~23
- 6 蒋洪兴,王聚元主编.高中物理有效教学与教师专业能力.北京:世界图书出版公司,2014.130~168

方法一:因为试管没有浸没在水中,所以用烧杯的底面积减去试管的面积后再乘以水面上升的高度来计算试管排开水的体积.

方法二:若试管没有接触烧杯底部,应该用烧杯的底面积乘以水面上升的高度来计算试管排开水的体积.

哪种方法正确呢?其实只要利用平移法就能很巧妙地解决这个问题.

分析过程如下:如图2所示,我们可以把试管在水下的部分移到烧杯的底部,使它离水面一定距离,而这时水面并不会下降,这就和把一个小石块放入烧杯中,小石块排开水的体积就等于烧杯的底面积乘以水面上升的高度一样.由此可见,试管排开水的体积都是用烧杯的底面积乘以烧杯中水面上升的高度,试管排开水的体积还等于试管的底面积乘以试管浸在水中的深度.

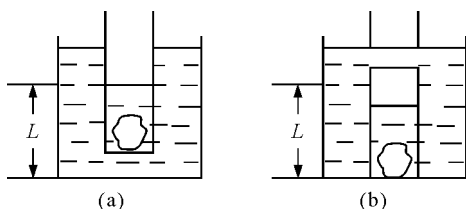


图2 平移法计算试管排开水的体积

由图3可知,假设试管放入小石块后试管相对于烧杯下降了 h ,而烧杯中水面上升了高度 H ,则放入小石块后增加排开水的体积为 $S_{\text{试管}}(h+H) = S_{\text{烧杯}}H$,因为试管和烧杯的底面积之比为 $1:3$,所以 $h:H=2:1$.

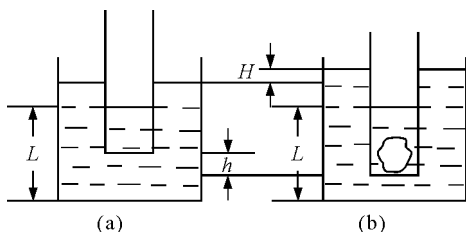


图3 实际过程分析

根据漂浮条件,物体的质量就等于它排开液体的质量,小石块的质量可表示为

$$m = \rho_{\text{水}} S_{\text{试管}}(h + H)$$

那么小石块的体积呢?因为当把小石块放在试管的水中浸没时,试管中水面到烧杯底部的距离和

没放石块时试管中水面到烧杯底部的距离相等,我们可以发现,放入小石块后试管底部下降了 h ,试管中水面到试管底的体积之差就是小石块的体积,所以小石块的体积等于 $V = S_{\text{试管}}h$.因此小石块的密度为

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\rho_{\text{水}} S_{\text{试管}}(h + H)}{S_{\text{试管}}h} = 1.5\rho_{\text{水}}$$

【变式】在图1的基础上,增加一把刻度尺,测一杯未知液体的密度.

分析:可以根据漂浮条件知道漂浮物体的质量等于被排开水的质量,可以设试管的底面积为 S ,用刻度尺测出浸入水中的深度,可以表示出试管排开水的体积,根据 $m = \rho_{\text{水}} V_{\text{排}} = \rho_{\text{水}} Sh$ 可以表示出质量.可以使试管中的水和未知液体的体积相等,根据

$$V = \frac{m}{\rho}$$

可以算出水的体积就等于未知液体的体积.实验步骤如下:

- (1) 用刻度尺测量出空试管漂浮在水中时浸入水中的深度 h_1 ;
- (2) 把试管中装入适量的水使其漂浮在水中测量出浸入水中的深度 h_2 ;
- (3) 把试管中的水倒出装入等体积的未知液体使其漂浮在水中测出浸入水中的深度 h_3 .

试管中水的质量为

$$m_{\text{水}} = \rho_{\text{水}} V_{\text{排}} = \rho_{\text{水}} S(h_2 - h_1)$$

水的体积

$$V = \frac{m_{\text{水}}}{\rho_{\text{水}}} = \frac{\rho_{\text{水}} S(h_2 - h_1)}{\rho_{\text{水}}} = S(h_2 - h_1)$$

可知试管中液体的质量为

$$m_{\text{液}} = \rho_{\text{液}} V_{\text{排}} = \rho_{\text{液}} S(h_3 - h_1)$$

液体密度

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\rho_{\text{液}} S(h_3 - h_1)}{S(h_2 - h_1)} = \frac{\rho_{\text{液}}(h_3 - h_1)}{(h_2 - h_1)}$$

2 测小石块和液体密度的非常规方法

测不规则小石块或液体密度除了常规方法:利用天平测出小石块或液体的质量,用量筒和水测出体积来求解密度.还可以利用漂浮条件和称重法测密度.

2.1 利用漂浮条件

2.1.1 利用量筒和水测出一个能漂浮的玻璃小酒杯的密度

实验步骤如下:

- (1) 在量筒中装入适量的水读出体积 V_1 ;
- (2) 使小酒杯漂浮在量筒的水中读出体积 V_2 ;
- (3) 使小酒杯沉入量筒的水中读出体积 V_3 .

分析:小酒杯漂浮,其质量就等于它排开水的体积,即

$$m = \rho_{\text{水}}(V_2 - V_1)$$

体积

$$V = V_3 - V_1$$

小酒杯的密度

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\rho_{\text{水}}(V_2 - V_1)}{V_3 - V_1}$$

2.1.2 利用小酒杯、量筒和水,测小石块的密度

根据漂浮物体的质量就等于它排开液体的质量,小石块的质量就等于他放入小酒杯中漂浮时多排开水的质量,再测出小石块的体积,就可求出小石块的密度.

2.1.3 利用量筒、小酒杯和水测未知液体的密度

根据漂浮条件能求出小酒杯的质量,如果让小酒杯也漂浮在未知液体中,酒杯排开液体的质量等于酒杯的质量也就等于被酒杯排开水的质量.实验步骤如下:

- (1) 在量筒中装入适量的水读出体积 V_1 ;
- (2) 使小酒杯漂浮在量筒的水中读出体积 V_2 ;
- (3) 在量筒中装入适量的待测液体读出体积 V_3 ;
- (4) 使小酒杯漂浮在量筒的待测液体中读出体积 V_4 .

则待测液体的密度为

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\rho_{\text{水}}(V_2 - V_1)}{V_4 - V_3}$$

2.2 利用称重法测密度

2.2.1 利用弹簧测力计、水测出一个小石块的密度

实验步骤如下:

- (1) 在空气中测出小石块的重力 G ;

(2) 把石块浸没在水中读出弹簧测力计的示数 F_1 .

石块质量

$$m = \frac{G}{g}$$

石块的体积等于排开水的体积

$$V = V_{\text{排}} = \frac{F_{\text{浮}}}{\rho_{\text{水}} g}$$

而浮力

$$F_{\text{浮}} = G - F_1$$

所以石块的密度为

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{G\rho_{\text{水}}}{G - F_1}$$

2.2.2 利用弹簧测力计、水和小石块测出一杯盐水的密度

先用弹簧测力计在空气中测出小石块的重力 G ,把石块浸没在水中读出弹簧测力计示数 F_1 ,把石块浸没在盐水中读出此时弹簧测力计的示数 F_2 .

根据浮力公式

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

可知

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

石块在盐水中受到的浮力

$$F_{\text{浮}} = G - F_2$$

而

$$V_{\text{排}} = \frac{F_{\text{浮水}}}{\rho_{\text{水}} g}$$

所以盐水密度为

$$\rho_{\text{盐水}} = \frac{G - F_2}{G - F_1} \rho_{\text{水}}$$

3 结束语

通过分析测物质密度的方法,我们发现解决问题的方法有很多.有时,利用图形、平移、等量代换等有效的方法,可以把较为复杂的问题简单化,往往会取得意想不到的效果.

参考文献

- 1 孟进.物理教学问题.大连:辽宁师范大学出版社
- 2 项红专.物理学思想方法的研究.杭州:浙江大学出版社