

# 初中物理测密度实验中等效法的应用

郜建辉

(天津市红桥区教师进修学校 天津 300131)

(收稿日期:2020-03-26)

**摘要:**在初中物理教学和学业水平测试中,对于测密度的实验设计,往往是教学和考试的重点与难点.通过等效法在测密度实验中的应用,让学生形成一定的实验设计思路,改善学生的解题思路,提高学习物理的能力与信心.

**关键词:**初中物理 测密度实验 等效法

在各省市的初中物理教学和学业水平测试中,测密度的实验都是教学和考试的重点和难点.初中学生由于年龄的原因,很难将密度定义式  $\rho = \frac{m}{V}$  进行灵活运用,在各种实验条件的变化中,形成一定的实验设计思路.故而,在密度测量的实验设计中,各种科学方法的应用,会大大改善学生的解题思路,起到事半功倍的作用.

## 1 对等效法的认识

等效法也叫等效替代法,是物理学研究的重要方法之一.它是把陌生、复杂的物理对象、物理过程在保证某种效果、特性或关系相同的前提下,转化为简单、熟悉的物理对象、物理过程来研究其本质和规律的一种思想方法<sup>[1]</sup>.

在测物体密度的实验设计中,只局限在天平测质量,量筒测体积的基本操作,往往满足不了教学和考试的要求.故而,在设计实验方案中有效应用等效法,会降低问题处理的难度,提高学生对复杂问题处理的能力.

## 2 等效法在质量测量中的应用

在教学中,学生对利用带砝码的天平直接测量质量早已驾轻就熟,但当天平不带砝码时,就会束手无策.如何利用已知质量的物体,用等量替代的方法得到被测物体的质量,就成为解题的关键.可见,等效法在质量测量中的应用十分重要,如例1所述.

**【例1】**小红想测量一小金属块的密度,她在实验室里找到了一架天平,但没有砝码.除此之外还有如下器材:两个质量相近的烧杯、量筒、细线、滴管和足量的水(已知水的密度为  $\rho_{\text{水}}$ ).请利用上述器材帮她设计一个实验方案,比较精确地测量金属块的密度.要求:写出主要实验步骤及所需测量的物理量;写出金属块密度的数学表达式(用已知量和测量量表示)<sup>[2]</sup>.

本题中,小金属块的体积可以通过量筒直接求得,关键是如何得到小金属块的质量.题目中“两个质量相近的烧杯”和“滴管和足量的水”为学生提示了思考问题的方向.所以,通过水的质量等量替代小金属块的质量,应该是解决本题的突破口.实验步骤和结论可以参考以下内容.

第一步,在水平台上按要求将天平调至平衡,然后两个烧杯分别放在天平的左右托盘上,并用滴管向质量较小的烧杯中逐渐加水,使天平再次平衡.

第二步,用细线系住小金属块,轻轻放入质量较大的烧杯后,向量筒中加入适量的水,记下体积  $V_1$ ,再将量筒中的水逐渐加入到质量较小的烧杯中,直到天平平衡,记下此时量筒剩余水的体积  $V_2$ .

第三步,向量筒中加入适量的水,记下体积  $V_3$ ,再将金属块沿量筒壁轻轻放下,浸没在量筒的水中,记下体积  $V_4$ .

则金属块密度的表达式为

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

### 3 等效法在体积测量中的应用

等效法的内容很多,常见的有对象的等效、模型的等效、过程的等效、运动的等效、作用的等效、原理的等效、图形的等效和方法的等效等<sup>[1]</sup>.在密度测量的实验中,特别是体积的测量,多数表现为以水作为媒介,利用水的密度已知,通过求得的水体积等量替代被测物体的体积,从而得到被测物密度的表达式.

#### 3.1 在固体体积测量中的应用

一般情况下,对于不规则的、不吸水的固体而言,体积的测量是向量筒中加入适量的水,记下体积 $V_1$ ,再将物块浸没在量筒的水中,得到体积 $V_2$ ,这样 $V_2 - V_1$ 便是被测固体的体积,这也是等效法的应用.但当实验器材中没有量筒,如何求得被测固体的体积?通常情况下是将被测固体浸没在水中,利用溢水杯或溢水的方法得到溢出水的体积 $V_{\text{溢水}}$ ,基于等量替代的思想可知 $V_{\text{溢水}}$ 就是被测固体的体积,这样间接得到被测固体的体积,如例2所述.

**【例2】**某校地质小组的同学们,需测量一种矿石的密度.现有器材:小矿石块、天平(含砝码)、一个溢水杯,一个烧杯、足量的水、细线.请你利用上述器材帮助他们设计出一种测量该矿石密度的实验方案.要求:写出其中一种方案的实验步骤及矿石密度的表达式(用测量量和已知量表示)<sup>[2]</sup>.

在本题中,实验器材中没有安排量筒,因此小矿石的体积无法通过量筒直接求得.在不考虑实验的严谨性前提下,利用溢水的方法,使 $V_{\text{溢水}}$ 等效于被测固体的体积,就成为了实验方案的设计之一.实验步骤和结论可以参考以下内容.

第一步,用天平称出小矿石的质量 $m_0$ .

第二步,在烧杯中倒满水,称出其质量 $m_1$ .

第三步,矿石放在水中,将烧杯外的水擦干,称出质量 $m_2$ .

则矿石的密度表达式为

$$\rho = \frac{m_0 \rho_{\text{水}}}{m_0 + m_1 - m_2}$$

#### 3.2 在液体体积测量中的应用

量筒是测量液体体积最直接、最有效、最严谨的方法,但当实验器材中没有量筒,在不考虑实验的严谨性前提下,通过等效法,利用“等容”的思想间接求得液体的体积,也是实验方案的优选之一.所谓

“等容”的思想,就是借助容器中水的体积与被测液体的体积相等,通过得到水的体积,间接得到被测液体的体积.下面,通过一道“一题多解”的设计实验题,简单说明基于等效法的“等容”思想应用,如例3所述.

**【例3】**小博同学在校早餐后,对喝剩下的牛奶产生了兴趣,想粗略测量一下牛奶的密度.于是他向老师去借实验用的器材,可是老师只借给了他一架带砝码的天平、一个小烧杯和一瓶饮用水,请你帮助小博同学,从身边能找到的材料中再任取一个辅助材料(量筒除外),完成这个实验<sup>[3]</sup>.

我们知道,测物体密度所依据的实验原理是 $\rho = \frac{m}{V}$ ,所以要测出牛奶的密度,就需要知道牛奶的质量和牛奶的体积,故设计实验步骤如下.

**方法一:**选用器材为细绳或橡皮筋

第一步,用天平称出空烧杯的质量,记为 $m_0$ .

第二步,在烧杯中倒入适量的牛奶,称出烧杯和牛奶的总质量,记为 $m_1$ ;并在牛奶的液面处用细绳或橡皮筋做出标记.

第三步,倒出烧杯中的牛奶,并将烧杯清洗干净;再次倒入适量的水至细绳或橡皮筋做出的标记处,称出烧杯和水的总质量,记为 $m_2$ .

则牛奶密度的表达式为

$$\rho_{\text{牛奶}} = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0} \rho_{\text{水}}$$

**方法二:**选用器材为刻度尺

第一步,用天平称出空烧杯的质量,记为 $m_0$ .

第二步,在烧杯中倒入适量的牛奶,称出烧杯和牛奶的总质量,记为 $m_1$ ;并用刻度尺测出牛奶液面处的高度.

第三步,倒出烧杯中的牛奶,并将烧杯清洗干净;再次倒入适量的水至相同高度处,称出烧杯和水的总质量,记为 $m_2$ .

则牛奶密度的表达式同前.

**方法三:**选用器材为学生用笔

第一步,用天平称出空烧杯的质量,记为 $m_0$ .

第二步,在烧杯中倒入适量的牛奶,称出烧杯和牛奶的总质量,记为 $m_1$ ;并在牛奶的液面处用笔做出标记.

第三步,倒出烧杯中的牛奶,并将烧杯清洗干净;再次倒入适量的水至标记处,称出烧杯和水的总

质量,记为  $m_2$ .

则牛奶密度的表达式同前.

**方法四:**选用器材为硬纸条

第一步,用天平称出空烧杯的质量,记为  $m_0$ .

第二步,在烧杯中倒入适量的牛奶,称出烧杯和牛奶的总质量,记为  $m_1$ ;并将硬纸条垂直插入盛有牛奶的杯底,在硬纸条上留下牛奶的高度痕迹.

第三步,倒出烧杯中的牛奶,并将烧杯清洗干净;重新垂直放入硬纸条,再次倒入适量的水至痕记处,称出烧杯和水的总质量,记为  $m_2$ .

则牛奶密度的表达式同前.

**方法五:**可以不添加其他辅助材料

第一步,用天平称出空烧杯的质量,记为  $m_0$ .

第二步,在烧杯中倒满被测的牛奶,称出烧杯和牛奶的总质量,记为  $m_1$ .

第三步,倒出烧杯中的牛奶,并将烧杯清洗干净;再次倒满水,称出烧杯和水的总质量,记为  $m_2$ .

则牛奶密度的表达式同前.

#### 4 测密度实验的设计思路汇总

在测物体密度的实验中,用天平测量质量,量筒测量体积,进而通过实验原理  $\rho = \frac{m}{V}$  求出待测物体的密度,是学生应掌握的必备知识.但在测物体密度的实验中,由于实验器材的不确定性,带来了变化多样的设计方案.

##### 4.1 在质量测量中的设计思路

在测物体密度的实验中,质量测量的方法有很多.可以用天平直接测量质量;也可以利用弹簧测力计测得质量;对于在弹簧测力计测量范围内的物体,可先测得其重力,再通过  $G = mg$  间接得到其质量  $m$ ;也可以利用杠杆平衡原理测得质量:利用一轻质杠杆,让一边的作用力为被测物体的重力,与另一边的已知物体的重力平衡,运用杠杆平衡原理  $G_1 L_1 = G_2 L_2$ ,得到被测物体的重力,再通过  $G = mg$  间接得到其质量  $m$ ;还可以利用被测物体在水中漂浮或悬浮测得质量:当物体在水中漂浮或悬浮时  $F_{\text{浮}} = G$ ,根据其他条件得到物体所受的浮力,再通过  $G = mg$  间接得到其质量  $m$ .

##### 4.2 在体积测量中的设计思路

在测物体密度的实验中,体积测量的方法也有

很多.可以用量筒或量杯直接测量体积;也可以利用溢水的方法测得固体的体积;也可以利用“等容”的思想测得液体的体积;还可以利用天平得到被测固体浸没水中前后的质量差间接求得固体的体积:先用天平测出一杯水的质量  $m_1$ ,再用天平测出将被测物体浸没在这杯水中(水不溢出且不与容器接触)的质量  $m_2$ ,则通过两次测量的质量差与物体浸没在水中浮力的关系即  $\Delta mg = F_{\text{浮}}$ ,再由  $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} g V_{\text{排}}$  得到物体浸没在水中的  $V_{\text{排}}$ ,也就是物体的  $V_{\text{物}}$ .

##### 4.3 测密度实验的设计思路汇总图示

通过以上两点的阐述,我们可以汇总部分测物体密度实验的设计方案线索图,如图1所示.

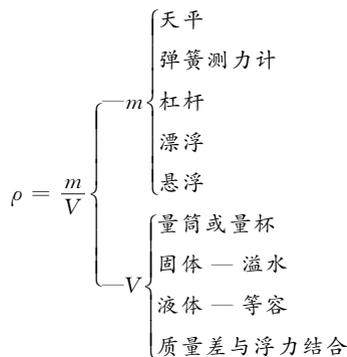


图1 部分测物体密度实验的设计方案线索图

#### 5 结束语

综上所述,等效法是学生在学习物理中常用的分析方法,也是物理学习过程中一种重要的科学思维,在物理教学和物理学习过程中的应用涉及很多方面.在物理实验过程中,对于一些不容易测量的物理量,或者由于条件限制不能直接测量的物理量,只要开动脑筋,找到与其相联系的其他物理量的关系,我们或许采用等效法就可得到测量结果.在应用等效法时要特别注意等效的合理性、严谨性和可行性,保证等效法所得测量结果与原方法结果的一致性.教学实践表明,合理地应用等效法,对培养学生分析和解决物理问题的能力,全面提高学生的综合素质大有帮助.

##### 参考文献

- 1 李柏涛.等效法在自主招生考题中的应用[J].物理教师,2013(12):90
- 2 2016年天津市初中毕业生学业考试物理试卷.第24题
- 3 2011年天津市初中毕业生学业考试物理试卷.第27题