



浅谈物质密度测量误差分析之“固体吸水”问题

王春锋

(高邮市汪曾祺学校 江苏 扬州 225600)

(收稿日期:2021-03-04)

摘要:密度的测量是八年级下册较为重要的内容,其中对于固体密度的测量,存在较多的争议问题,例如本文的石块、木块吸水问题,故本文就固体吸水导致的密度测量误差进行了详细探讨,并分析了如何减小由固体吸水带来的密度测量误差。

关键词:密度 固体吸水 误差分析

1 基本概念及测量方法的阐述

1.1 密度

密度是指由某种物质组成的物体,其质量和体积的比值^[1].我们说密度是物质的物理属性,但有时候我们听到这样的词,测量“某物体”的密度,有学生会奇怪,怎么是测量“某物体”的密度,不应该是测量组成它的物质的密度吗?物质的密度,其实是指在宏观上可以表征一种物质的特征,对于这里的“密度”, $\rho = \frac{m}{V}$ 这个式子只是起到一般的计算,因为无论怎么改变物体的质量或体积,也都改变不了物质在这种状态下的密度.

而物体的密度,跟上边的密度,在含义上有所不同.这里是借助 $\rho = \frac{m}{V}$ 这种计算方法,将“密度”广义化.实际上,是单纯地为了应用方便而表示出一个物体(可以当做是混合物) $\frac{m}{V}$ 值的大小,是一个平均值.此时它表示的不再是物质属性的那个密度.

1.2 常见的测量物质密度的方法

这里我们要将物质所成的物体分为3类,固体、液体、气体.若想测量该物质的密度,我们需要知道该物质所组成的物体的质量和体积,再由密度公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 计算可知;而在初中阶段,我们主要测量固体与液体的密度,固体、液体的质量通过天平即可准确测量,故本实验关键是较为准确地测量其体积;对于

直接测量体积的仪器,在初中阶段只有量筒和量杯,且只能直接测量液体体积,若要测量固体体积,则只能通过量筒或刻度尺,配上对应的探究方法间接测量.例如想要测量形状规则的固体体积,可由刻度尺+数学公式法计算得到;若测量形状不规则的固体体积,可由量筒+排水法(排沙法)得到排开液体(沙子)的体积,从而间接得到该固体体积.

另外介绍一种测量形状不规则的吸水固体密度的方法.

设某一物体的体积为 V ,质量为 m ,则组成该物体的物质的密度 ρ 等于 $\frac{m}{V}$.

利用上式测量形状不规则的固体密度时,可以用天平较为准确地测量出其质量,但体积则因是否可溶(或吸水)而不易精确测量.故对于不溶于水的固体,我们可用利用静力称衡法来间接测其密度;对于可溶性固体微粒^[2],形状不规则的吸水固体其质量 m 用物理天平测出,其体积用下述方法测出:以细沙作为填充物,先将细沙放入量筒中,测出其体积 V_1 ;然后将待测物放入细沙中,测出它们的共同体积 V_2 ,则 $V_2 - V_1$ 即为待测物的体积 V ^[3].

2 以“石块(木块)吸水”为例 分析测量密度时产生的误差

案例 1:在测量小石块密度时设计了如下实验步骤.

(1)将托盘天平放在水平工作台上,并进行调零.

(2)将小石块放在左盘中,通过加减砝码与移动游码的方式测得石块的质量 m .

(3)然后在量筒内倒入适量的水(既要能淹没小石块,又不能超过量筒的量程),记下此时水面所对应的刻度值 V_0 .

(4)用细线将石块绑住,并慢慢浸没到量筒里的水中,记下此时量筒示数为 V .

(5)根据以上测量值,利用公式计算出石块的密度 ρ .

正常情况下,如果石块具有吸水性,则将其浸没到量筒的水中时,石块会吸收一部分水,那么记录的体积测量值 V 会偏小,导致密度测量偏大. 按理到此,该实验的密度误差分析便结束了,但实际教学中,有学生提出石块若吸水,则说明石块内部有空隙,空隙部分的体积是否算到石块的体积中? 若算的话,那么石块的体积便变大了,那么排开液体的体积也变大,石块体积的测量值 V 应该偏大,密度测量偏小. 由此跟之前的误差分析便产生了矛盾,从而引发我们的思考.

误差分析一:

首先,我们需要明确,我们测量的物质究竟是谁? 是组成石块的这种物质还是石块与内部空隙中空气所组成的混合物体对应的混合物质? 由于密度是物质的物理属性,按此层面看,我们测量的是组成石块的这种物质的密度,若石块不吸水,则我们默认石块内部为实心,则排开水体积便是石块体积;若石块吸水,那么吸入的那部分水去哪了? 是组成石块这种物质的内部? 还是因为石块内部存在空隙? 因此我们再次分成两种情况,若石块吸入的水以扩散的方式进入石块物质的内部,由于分子间存在空隙,故导致石块本身的体积无较大变化,但由于吸水,导致宏观上排开水的体积偏小,测量的石块体积也偏小;但若石块内部存在空隙,石块吸入的水进入石块内部空隙,由于石块表面的硬度大,故石块本身的体积亦无变化,但石块内部空隙所占的体积不应算到石块的体积之内,因此在这种情况下,石块即便不吸水(即石块内部有空隙,但实验前在石块表面涂上润滑油等物质进行密封,用以隔水),则排开水的体积 = 石块体积 + 石块内部空隙的体积,故石块体积的测量值偏大.

案例 2:在测量木块密度时设计了如下实验步骤.

(1)将托盘天平放在水平工作台上,并进行调零.

(2)将木块放在左盘中,通过加减砝码与移动游码的方式测得木块的质量 m .

(3)然后在量筒内倒入适量的水(既要能淹没小木块,又不能超过量筒的量程),记下此时水面所对应的刻度值 V_0 .

(4)用细针将木块按压,使其慢慢浸没到量筒里的水中,记下此时量筒示数为 V .

(5)根据以上测量值,利用公式计算出石块的密度 ρ .

误差分析二:

木块密度测量的误差分析与石块的较为相似,但略有不同,石块表面硬度较大,无论是何种吸水方式,其体积变化不大,但木块吸水后容易膨胀,物体膨胀,排开水的体积应该偏大,而木块吸收了一部分水,排开的水应该偏小,两种角度相互矛盾,那么木块吸水,测量出来的体积是偏大还是偏小? 问题较为复杂. 那么现在,我们就把问题具体化来分析.

木块这种物质不比石块,其内部物质组成稀疏,存在空隙,故我们以此种情况进行详细分析,假设木块实际体积为 V_1 ,内部木块空隙体积为 V_2 ,量筒原有水体积 V_0 ,若木块不吸水(实验前在其表面包上塑料薄膜用以隔水),则排开水的体积为 $V_1 + V_2$,而木块吸水后,原则上是吸收 V_2 的水,但由于木块表面硬度小,吸水后,内部压强大,故木块此时容易膨胀,导致吸收的水体积大于 V_2 ,设为 V_3 ,则此时排开水的体积为 $V_1 + V_0 - V_3$,而未吸水前,排开水的体积为 $V_1 + V_0 - V_2$,故以此角度看,排开水的体积偏小,即木块体积偏小,密度偏大.

3 如何减小固体吸水而引起的密度测量误差

方法一:假设补偿法

案例 3:减小因固体吸水导致的密度测量误差而设计的实验步骤如下.

(1)将托盘天平放在水平台上,通过调节天平横梁使得天平平衡.

(2)然后用天平测出木块的质量 m .

(3)接着在量筒中装入适量的水(既要能淹没小木块,又不能超过量筒的量程),读出此时量筒的示数为 V_1 .

(下转第 34 页)

计出的问题链,可以更好地促进学生能力和思维的发展.

参考文献

- 1 周郁.“问题链”教学相关的国内外研究现状与发展趋势[J].科教文汇(下旬刊),2020(1):142~143
- 2 陶士金,方林.刍议高中物理教学中的“问题链”设计——兼及单元视角[J].教育研究与评论(课堂观察),2020(1):51~54
- 3 钱毓平.高中物理课堂教学“问题链”的设计原则及其实验初探[J].物理教师,2016,37(10):32~34

- 4 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
- 5 刘敏.把握核心素养上出“物理味道”——浅谈“牛顿第三定律”的课堂教学[J].中学物理教学参考,2020,49(25):14~17
- 6 贾剑,俞根强.基于深度学习的物理课堂教学有效策略——以“牛顿第三定律”为例[J].中学物理教学参考,2021,50(5):17~19
- 7 钱毓平.高中物理“问题链”设计思想与学科素养之共性[J].中学物理,2015,33(15):12~13

Research on the Teaching Strategy of *Issue Chain* Oriented to High School Physics Classroom

——Taking *Newton's Third Law* as an Example

Lyu Yuyu Gao Yongwei

(School of Physics and Electronic-Electrical Engineering, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: Taking Newton's Third Law as an example, based on the “question chain” teaching mode, teachers introduce a variety of practical situations and put forward effective question strings in classroom teaching, students are triggered to think independently, which can help teachers solve key and difficult problems in teaching, help students systematically understand physical knowledge and explain practical problems, so as to achieve the four-dimensional target of teaching activities.

Key words: problem chain; Newton's third law; four-dimensional target; interaction force

(上接第29页)

(4)用钢针将木块按压,并浸没在量筒的水中,过段时间后读出此时量筒的示数 V_2 。

(5)之后将木块从量筒中取出,用干毛巾擦去木块表面残留的水珠后,再次利用天平称量其质量是 m_1 。

则吸入的那部分水的质量 $m' = m_1 - m$,利用密度公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 测得吸入的那部分水体积为 V_3 ,此处利用假设补偿法,假设该木块无吸水性,则步骤(4)中水面对应的示数应为 $V_2 + V_3$ 。

方法二: 固体浸没前,在木块表面涂上一层润滑油或者包上一层薄膜,以防止外界的水与固体接触,从而减小固体由于吸水而造成实验误差。

方法三: 在固体测量体积前,先让该固体吸足水,但前提是该固体表面硬度较大,不会因吸水后导致体积膨胀变大,这样吸足水的固体测量体积时,无

容量来吸收多余的水,尽可能减小实验误差。

4 总结

由于密度的影响因素较多,故物质密度测量的误差原因也较多,本文主要从物体吸水而导致密度测量有误差的角度进行分析讨论,并明确测量的是物质的密度,本质是计算得到物质密度,其间接通过测量物体的质量、体积,以此为桥梁,并利用密度公式来得到物质密度。

参考文献

- 1 李兴华. 密度测量及其应用[J]. 中国计量,1999(3):54~55
- 2 青一平. 可溶性固体微粒密度的测量[J]. 物理实验,14(6):278~279
- 3 安爱芳,王玉清,任新成. 吸水固体密度的测量[J]. 延安大学学报(自然科学版),1997(2):84~86