

浅析探究物质比热容实验中水浴法失败的原因

孙东振

(厦门市海沧区东孚中学 福建 厦门 361000; 吉木萨尔县第一中学 新疆 昌吉 831700)

周金满

(厦门市海沧区东孚中学 福建 厦门 361000)

(收稿日期:2020-07-24)

摘要:指出在改进探究物质的比热容实验过程中一个常见的错误,该实验采用水浴法加热存在缺陷,使用DISLab传感器对该实验水浴法加热过程进行实验验证,发现其实验结果并不理想,对比红外辐射加热,对水浴法加热失败原因进行了分析.

关键词:比热容实验 水浴法 DISLab

1 提出问题

水浴法在初中阶段的物理化学实验中非常常见,其特点也非常突出,可以使被加热物体受热均匀.实验探究物质的比热容,是初中物理比较重要的

实验,同时也是一个比较复杂的实验,很多的文献资料、学生辅导材料和试题中对这个实验都提出了改进方法.其中有很多有价值的方法,但也有一些没有经过实验验证的,存在很大缺陷的方法,其中采用水浴法加热就是常见的改进方式.

Research on the Teaching of Design Experiments of Middle School Physics under the Background of the Integration of Science and Technology and Humanities

Jiang Saimeng Shen Zhenjiang

(College of Physics and Electronic Engineering, Hainan Normal University, Haikou, Hainan 571158)

Li Hong

(College of Physics and Electronic Information, Luoyang Normal University, Luoyang, Henan 471000)

Abstract: This paper aimed at the problems faced by the design experiment of middle school physics, and improved the teaching of design experiment in middle school physics based on the principle of combining rational thinking and perceptual thinking, and combining interdisciplinary research methods. It enriched the teaching content and form by adding the design process of important physics experiments in history, the feasibility analysis of the experiment, and the analysis and correction of the experimental results. It improved the evaluation of experimental teaching by adding multi-dimensional scientific evaluation of the thinking process of design experiments and evaluation of experimental results analysis. Through these methods, It improved students' enthusiasm for designing experiments, promoted the improvement of students' physics knowledge and experimental skills, and achieved the ultimate goal of improving scientific literacy.

Key words: science and technology; humanity; middle school physics; design experiments

例如发表在某杂志上的题为“基于学生核心素养达成的物理概念教学——以沪科版九年级比热容一课为例”的论文中,作者对实验装置进行了改进,采用了同一个酒精灯同时对水和煤油进行水浴加热,以保证在相同的时间吸收的热量相同,但作者没有给出实验过程.究竟这种改进方法效果怎么样,还需要实验的验证^[1].

2 实验验证

为了提高实验效率,笔者使用了实验室中的DISLab温度传感器来代替温度计,实时采集温度数据,然后将温度变化图像显示在计算机软件中.另外按照水浴法的加热方法,将等质量的水和煤油装入两只试管,然后放入一个装水的大烧杯中.装置如图1所示.

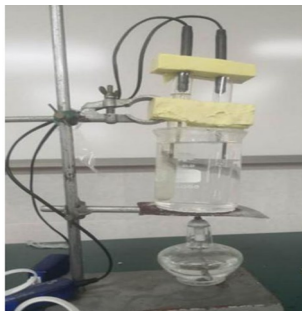


图1 水浴法加热

烧杯中使用初温约 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水进行实验,在加热一段时间之后,酒精灯传递的热量与水散失的热量相当时,水的温度达到平衡,保证水浴加热时热源温度相对稳定.然后将两支试管放入水中,加热一段时间,实验图像如图2所示.

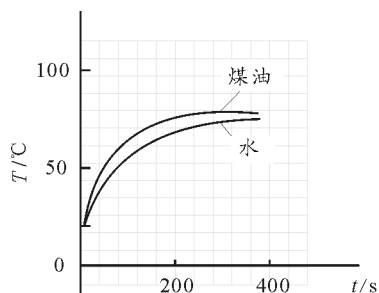


图2 水浴法升温线

很明显实验图像和理想的图像差别很大,主要存在两个问题,一是煤油的升温速度在后期明显比水要慢,这和水吸热能力比煤油强相矛盾;二是两条温度线都是明显的曲线,这和物质吸收热量公式 $Q=cm\Delta T$ 明显不符.这样的实验结果会使学生产生

很大的困惑,显然不能用于比热容实验的课堂教学,那问题究竟出在哪呢?

3 实验分析与改进

从热传递的3种方式入手,水浴法加热属于热传导,其热流量可以表示为

$$\Phi = -\lambda A \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

其中 λ 是热传导系数^[2],为简化研究,我们只关注试管与热水源交界面的热传导,在试管壁厚度一定的条件下,则由式(1)可以得到

$$\Phi \propto -\lambda A \Delta T \quad (2)$$

由式(2)可以看出,水浴法的热流量与烧杯中的水和试管之间的温差 ΔT 以及它们之间的接触面积 A 成正比.在加热的过程中,由于温差变得越来越小,会使得热流量变小,也就是在相等的时间内,传递的热量会越来越少,加上水温和试管的温差本来就很小,所以导致水浴法升温线是一条逐渐变缓的曲线.而对比装水的试管,装煤油的试管与外界水的温差会降得更快,热流量降得也会更快,所以会出现后期煤油的升温速率比水的升温速率还要慢.

作为改进,可以选用红外加热炉进行加热,如图3所示,将装有等质量的水和煤油的试管放入事先预热好的加热炉中进行加热,得到的温度图像如图4所示.



图3 红外加热炉加热

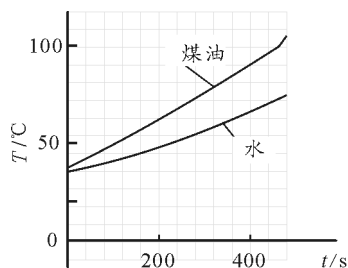


图4 红外加热升温线

图中水和煤油的升温线都近似于一条直线段,而且可以很明显地看到煤油的升温速度比水的升温速度快,说明水的比热容比煤油的比热容大,符合实验预期,课堂效果也很好。

4 两种加热方式对比

使用红外加热炉进行加热属于热辐射传热,一般物体辐射的热流量

$$\Phi = \epsilon \sigma A T^4 \quad (3)$$

式(3)中 ϵ 是一般物体的辐射率,其值小于1,取决于物体自身的材料种类, σ 是玻尔兹曼常数^[2]。两个物体之间的辐射换热热流量取决于这两个物体之间辐射热流量的差值,即

$$\Phi = \sigma(\epsilon_1 A_1 T_1^4 - \epsilon_2 A_2 T_2^4) \quad (4)$$

式(4)中绝对温度 T 是加热过程中唯一的变量。

实验需要的是更加稳定的加热方式,热流量变化越小越好,可以定义一个物理量——热流量稳定度 $\zeta = \frac{\Phi}{\Phi_0}$,这个值越靠近1,说明热流量越稳定。我们将两种加热方式随被加热物体的温度的上升,热流量稳定度 ζ 值的曲线描绘出来进行对比。假设水浴法加热,热源水的温度稳定在绝对温度 $T=353$ K左右,加热过程中,试管内液体的温度变化 $300 \sim 350$ K。为了简化分析过程,我们只考虑热源水与试管壁内侧面处液体之间的热传导,则由式(2)可得

$$\zeta = \frac{\Phi}{\Phi_0} = \frac{\Delta T}{\Delta T_0} \quad (5)$$

式(5)中 ΔT_0 是初始状态试管内外表面液体的温度差,用计算机绘出水浴法加热热流量的稳定度如图5所示。

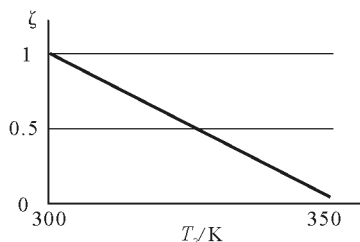


图5 水浴法热流量稳定度

由图5可以看出,水浴法加热过程中,随着试管的温度升高,温差减小,热流量会显著减小,直到达到热平衡,热流量变为零。

作为对比,采用红外加热炉加热时,由于加热炉只有顶部小面积开口,我们可以简化认为试管被加

热炉完全包围,加热炉的辐射面积大于试管的辐射面积,但作为估算可忽略试管和加热炉辐射率以及辐射面积的差别,并且认为试管内液体与试管壁处于热平衡状态。讨论红外加热炉的温度分别稳定在 600 K, 800 K和 1000 K这3种情况,被加热试管温度变化 $300 \sim 380$ K时,加热炉与试管之间的辐射换热热流量式(4)可以简化为

$$\Phi = \sigma \epsilon A (T_1^4 - T_2^4) \quad (6)$$

远红外加热炉的热流量稳定度可以表示为

$$\zeta = \frac{\Phi}{\Phi_0} = \frac{T_1^4 - T_2^4}{(T_1^4 - T_2^4)_0} \quad (7)$$

其中式(6)中 A 是试管的被辐射面积, ϵ 为试管表面的辐射率^[2],式(7)中 $(T_1^4 - T_2^4)_0$ 为初始状态时温度4次方的差值,描绘出3种温度下红外加热的热流量稳定度 ζ 如图6所示。

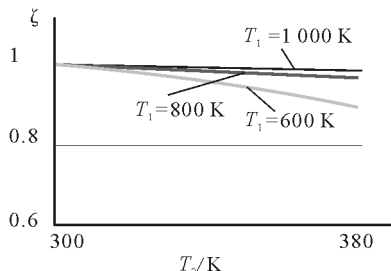


图6 红外加热热流量稳定度

由图6我们可以看出,红外加热炉加热时的热流量稳定度基本保持在 $0.9 \sim 1$ 之间,而且使用的温度档越高,热流量越稳定。

5 总结

通过实验发现,水浴法加热是一种热流量不够稳定的加热方式,其并不适用于探究物质比热容的实验,作为改进,利用红外加热炉进行加热是非常理想的加热方式,同时也适用于需要稳定热流量加热的实验。另外,在物理教学过程中,教师对实验的改进不能够只停留在纸面,需要引导学生多动手实践,特别是初中阶段,学生正处在科学观念形成的关键时期,多引导学生进行实验探究,敢于质疑、勇于发现问题解决问题,才能在教学中让物理核心素养的培养真正落地。

参考文献

- 1 沈希克,郑渊方. 基于学生核心素养达成的物理概念教学[J]. 物理教学探讨,2019,37(3):73~74
- 2 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 北京:高等教育出版社,2006.4~9