

## DIS 探究混合法测量固体比热容实验

魏莹 倪敏

(上海师范大学数理学院 上海 200234)

(收稿日期:2018-08-15)

**摘要:**将 DIS 系统运用到混合法测固体比热容实验,对传统实验进行优化,总结出运用 DIS 系统进行该实验的两大优点:一是利用 DIS 系统进行实验数据的测量,快捷方便、准确度高,同时又降低了操作难度;二是利用 DIS 系统的绘图、数据拟合、选取实验值及实时显示功能,使实验数据与结果更为直观,具有说服力,并能有效减小实验误差.

**关键词:**比热容 散热修正 DIS 实验

混合法测固体比热容实验是大学物理传统实验之一. 本文通过 DIS 系统“通用软件”中自动记录实验数据、对实验数据进行图像处理、分析及相关传感器实时记录等功能,对混合法测金属比热容进行 DIS 实验探究发现,实验操作和数据处理快捷方便,实验数据和结果更为直观、准确度高、具有说服力,并能有效地减小实验误差.

## 1 实验原理

### 1.1 测量固体比热容实验原理

单位质量的某种物质温度升高(或降低) $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 所吸收(或放出)的热量叫做该物质的比热容,符号  $c$ . 用混合法测固体的比热容是将高温与低温物体同时放在一绝热容器内,高温物体放出的热量将全部被低温物体所吸收,最后两者达到平衡温度,利用热交换定律可求得其中被测物体的比热容<sup>[1]</sup>.

本实验的低温系统由量热器内筒、搅拌器、冷水和浸入冷水中的温度传感器探头组成,高温部分为水浴加热的金属块. 设冷水的质量为  $m_1$ ,比热容为  $c_1$ ;由铜制成的量热器内筒和搅拌器的质量为  $m_2$ ,比热容为  $c_2$ ;浸入水中温度传感器探头的质量为  $m_3$ ,比热容为  $c_3$ . 由这些材料组成的低温系统的共同温度为  $\theta_1$ . 待测金属块的质量为  $M$ ,比热容为  $c$ ,温度为  $\theta_2$ . 将高温金属块迅速放入量热器内筒中,并进

行搅拌,整个系统达到热平衡时的温度为  $\theta$ . 假设高温系统和低温系统在混合过程中与外界不产生任何热交换,则根据热量公式与比热容公式可知,整个实验系统的热平衡方程为

$$(m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3)(\theta - \theta_1) = Mc(\theta_2 - \theta) \quad (1)$$

若实验中无热量散失,则金属块的比热容为

$$c = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3)(\theta - \theta_1)}{M(\theta_2 - \theta)} \quad (2)$$

式中  $M, m_1, m_2$  均可由力传感器称衡. 用排水法测出温度传感器浸入冷水部分的体积<sup>[2]</sup>,即可计算出  $m_3$ <sup>[3]</sup>.  $c_1, c_2, c_3$  可通过查询资料等途径得到. 若已知  $\theta, \theta_1$  和  $\theta_2$  的值,便可由式(2)计算出金属块比热容  $c$ .

### 1.2 外推法的散热修正原理

实验中,在高温金属块和低温水混合过程中,系统与环境会有热量交换,用补偿法进行散热修正. 放金属块前的水温低于室温  $3\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,混合后系统达到热平衡后的终温高于室温  $3\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,根据混合前系统的自然升温规律和达到热平衡后的自然冷却规律绘制散热修正曲线,并通过反向外推得到热交换无限快情况下系统的初温和终温.

将高温金属块放入低温水中,  $T_1, T_2, T_3$  分别为金属块投入时刻的系统温度、金属块加热后的温

作者简介:魏莹(1995-),女,在读硕士研究生.

通讯作者:倪敏(1960-),女,硕士,副教授,主要从事物理教育和物理实验研究.

度及混合后系统的温度,  $\theta$  为室温, 水温随时间变化的曲线图像如图 1 所示. 实验测出温度随时间变化曲线如  $ABGCD$  所示.

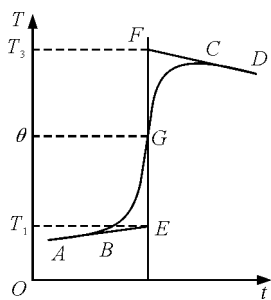


图 1 水温随时间变化的曲线

对于  $T-t$  曲线  $ABGCD$  中温度值的修正方法如下: 过室温  $\theta$  作一条平行于横轴的直线, 该直线与曲线交于  $G$  点, 再过  $G$  点作一条平行于纵轴的直线,  $AB, CD$  的延长线与该竖直线相交于  $E, F$  点. 控制金属块的质量与水的温度, 使得  $BGE$  的面积等于  $CGF$  的面积, 则系统和外部环境之间的热交换可以视为零, 那么竖直线  $EGF$  所表示的情况就是当混合过程无限快时, 系统与外界无热量交换. 此时,  $E$  点的温度是修正后金属块投入量热器前的系统温度  $T_1$ ,  $F$  点的温度是修正后混合完成后的平衡温度  $T_3$  [4].

## 2 实验器材与装置

实验器材: 朗威 DIS Lab 数据采集器、温度传感器、量热器、力传感器、加热器、烧杯、待测金属块和冷水.

实验装置如图 2 所示.



图 2 实验装置图

## 3 实验过程及测量结果

### 3.1 实验过程

(1) 打开 DIS 系统“通用软件”, 用力传感器测

出待测金属块质量  $M$  以及量热器内筒和搅拌器质量  $m_2$ , 并将金属块用细线拴住放入烧杯中进行水浴加热;

(2) 在量热器内筒中倒入低于室温  $3 \sim 5 \text{ }^\circ\text{C}$  的冷水, 测量水的质量  $m_1$ ;

(3) 迅速盖好量热器盖子, 将温度传感器插入插孔中, 上下均匀地移动搅拌器. 同时在“通用软件”中设置每隔“30 s”记录一次数据, 点击“记录数据”, 依次自动记录系统温度;

(4) 烧杯中水沸腾后, 记录金属块温度  $T_2$ , 将金属块迅速投入量热器中并不断搅拌, 每隔 30 s 记录一次数据. 测量数据如图 3 所示.

$T_3$	$t$
16.5	0.000
16.5	30.000
16.6	60.000
16.6	90.000
16.6	120.000
16.7	150.000
16.8	180.000
16.8	210.000
16.9	240.000
16.9	270.000
21.8	300.000
22.6	330.000
22.6	360.000
22.6	390.000
22.5	420.000
22.5	450.000
22.5	480.000
22.4	510.000
22.4	540.000
22.4	570.000
22.4	600.000
22.4	630.000
22.4	660.000
22.4	690.000
22.4	720.000
22.4	750.000

图 3 混合前后系统温度与时间变化测量数据

(5) 测出温度传感器浸在水中的体积  $V=0.312 \text{ cm}^3$ , 材料密度查表得:  $\rho=7.93 \text{ g/cm}^3$ , 计算得到其质量  $m_3$ ;

(6) 在系统中以时间  $t$  为横轴, 温度  $T$  为纵轴作出温度随时间变化的曲线, 一次拟合得到散热修正温度曲线, 鼠标在图线上移动、停留可得修正后系统的初温  $T_1$  和终温  $T_3$ , 如图 4 所示.

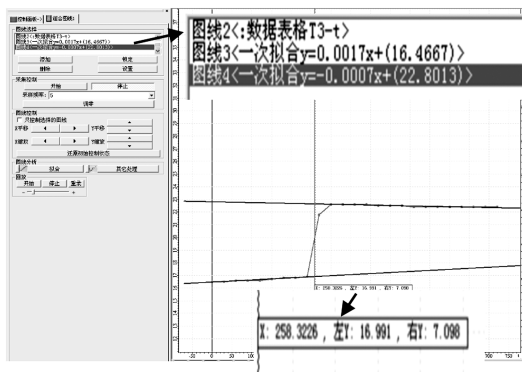


图 4 DIS 绘图界面

(7) 将  $T_1$  和  $T_3$  以及测得的各数据代入式(2)进行计算, 求出金属块的比热容  $c$ . 并将  $c$  与查表所得的  $c'$  进行比较, 求其相对误差并分析误差产生的原因.

### 3.2 测量结果

本实验在  $19.9\text{ }^\circ\text{C}$  的室温下进行. 每  $30\text{ s}$  自动记录系统温度的数据如图 3 所示,  $T_3$  表示系统温度 ( $^\circ\text{C}$ ),  $t$  表示时间 ( $\text{s}$ ). 由“绘图”功能可根据图 3 数据得到系统温度随时间变化的图像, 一次拟合得到混合前后系统温度随时间变化的图像, 如图 4 所示, 可得两条温度 ( $T$ ) 随时间 ( $t$ ) 变化图像的方程式为

$$T = 0.0017t + 16.4667 \quad (3)$$

$$T' = -0.0007t + 22.8013 \quad (4)$$

通过鼠标移动、停留得到散热修正后混合前的系统温度  $T_1 = 16.991\text{ }^\circ\text{C}$  与混合后的平衡温度  $T_3 = 22.649\text{ }^\circ\text{C}$ . 且金属块加热后的温度

$$T_2 = 95.1\text{ }^\circ\text{C}$$

将实验过程中测得的热力学系统中各部分的质量进行整理, 并通过查询资料等途径得其比热容值, 测量数据结果如表 1 所示.

表 1 系统各部分质量及比热容数据

	质量 /g	比热容 / $\times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
水 $m_1$	163.5	4.187
(量热器 + 搅拌器) $m_2$	167.1	0.386
温度传感器探头 $m_3$	2.47	0.500
金属块 $M$	66.2	

将测得的数据代入式(2), 通过计算可得到金属比热容

$$c = 0.885 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

经过查表可知铝的比热容

$$c' = 0.880 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

计算得到实验相对误差为

$$\eta = \frac{|0.880 - 0.885|}{0.880} \times 100\% = 0.6\%$$

### 4 分析与讨论

利用 DIS 系统研究混合法测金属比热容实验相

比传统实验有明显的优势.

首先, DIS 系统可实时采集混合过程中系统温度的变化, 减小了实验操作的难度, 使实验在便捷的基础上得到了更精确的实验数据, 实验误差控制在  $1\%$  以下;

其次, 利用 DIS 系统可直接由测得数据绘制  $T-t$  图, 可清晰直观地观察到温度随时间的变化, 通过选取图像上相关数据点, 进行一次拟合即可得混合前后温度变化曲线方程, 并且所绘制图像上的每个点都可通过鼠标的移动、停留显示其横、纵坐标, 从而在取值与计算上更为简便和准确.

实验研究发现, 在金属块投入量热器的过程中会带入一定质量的水, 导致系统水的质量增加影响实验值的准确性. 较好的方式应该是利用恒温箱将金属块悬挂固定, 再使用电吹风吹进热风进行加热<sup>[5]</sup>. 为了使加热器对低温系统没有影响, 加热器与量热器最好保持一段距离, 但将金属块从加热烧杯中取出投入到量热器中这一操作的热量损失是较大的, 如何将这一过程中热量损失减少, 还有待改进.

### 5 结束语

混合法测固体比热容实验是大学物理传统实验之一, 实验表明, DIS 系统与传统实验整合效果比较理想, 可简化传统实验中繁琐的测量步骤, 使实验高效进行, 从而有更多的时间与精力进行思考及探究实验.

因此, 在今后的实验中可以广泛采用该方案进行实验<sup>[6]</sup>.

### 参考文献

- 1 周殿清. 大学物理实验. 武汉: 武汉大学出版社, 2002. 75
- 2 刘继才, 李文存. 混合法测金属比热容实验中若干问题的分析与探讨. 菏泽师专学报, 1998(02): 66 ~ 68
- 3 卢学伟. 混合法测量比热容的两个不可忽视的问题. 大学物理实验, 1997(03): 24 ~ 31
- 4 周殿清. 大学物理实验. 武汉: 武汉大学出版社, 2002. 76
- 5 卢学伟. 混合法测金属比热容实验中的问题及解决办法. 物理通报, 1997(09): 36 ~ 37
- 6 董琳, 倪敏, 王歌, 等. 浅谈热功当量实验与 DIS 的整合. 物理通报, 2018(08): 83 ~ 86

(下转第 95 页)

- 6 陈罗辉. 新兴多媒体投影技术在现代展示中的应用探析——以上海世博会为例. 艺术与设计(理论), 2011(5): 82 ~ 84
- 7 郑瑞华, 姜泽辉, 赵海发. 全息照相实验中像的观察. 大学物理实验, 2012, 25(3): 72 ~ 74
- 8 谷俊, 陶宇虹, 王琼华, 等. 基于双狭缝光栅的裸眼三维立体投影机. 激光与光电子学进展, 2009(8): 31 ~ 33
- 9 郭正. 透射式全息照相的理论改进. 大学物理实验, 2012, 25(5): 47 ~ 50
- 10 杨毅. 论全息投影技术中虚拟角色制作与设计. 科教文汇, 2013(28): 94 ~ 98
- 11 韩岳. 全息照相实验探索与提高. 山东师范大学学报(自然科学版), 2010(3): 145 ~ 147

## Design of a Stereoscopic Projection Device Displaying Fisheye Panorama

Fang Ruoyu

(Department of Physics, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027)

**Abstract:** As inspired by the stereo projection model based on rectangular pyramid, a new stereoscopic projection device was designed and fabricated to display fisheye panorama. A succinct application program was correspondingly compiled using HTML + CSS + JavaScript language, achieving effective control of the rotational angular velocity of the images and adjustment of the video rhythm; as well as facile operation of the images during the stereoscopic imaging. Stereo imaging of any electronic images can be achieved by automatic rotation employing this device with their initial high resolution remained. Hence, excellent stereoscopic projection imaging effect of fisheye panorama was resulted by using this cone frustum style device.

**Key words:** rectangular pyramid; cone frustum style; fisheye panorama; stereoscopic projection; high resolution

(上接第 92 页)

## Exploration on the Hybrid Method for Measuring the Specific Heat Capacity of a Solid by DIS

Wei Ying Ni Min

(College of Mathematics and Science, Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

**Abstract:** The traditional experiment is optimized by applying the DIS system to the hybrid method measuring the specific heat capacity of a solid, and the two advantages of using DIS system are summed up: first is that DIS system is used to measure the experimental data, which is quick, convenient and accurate, and reduces the difficulty of operation. The second is that the functions of drawing, data fitting, the experiment value and the real time display of the DIS system are used to make the experiment data and the result more intuitionistic, persuasive, and can reduce the experiment error effectively.

**Key words:** specific heat capacity; cooling modification; DIS experiment