



吉林大学

国家级物理实验教学示范中心

National Demonstration Center for Experimental
Physics Education (Jilin University)

实验成绩	
教师签字	
批改日期	

实 验 报 告

普通物理实验

实验题目：_____

学 院：_____

学 号：_____

姓 名：_____

组 别：_____ 实验台号：_____

时 间：_____年 _____月 _____日_____

1 实验内容

1. 擦干量热器内筒和搅拌器后称其质量 M_1 ，并读出室温 θ
2. 将水盛到内筒总容积的 $\frac{1}{2}$ 处，加热至比室温高 $8 \pm 10^\circ\text{C}$
3. 称量热器内筒、搅拌器和水的总质量 M_2
4. 取两块冰放在干毛巾上。放好内筒进入量热器，组装好温度计、搅拌器等后立即开始计时。每隔 30s 记录一次温度计温度，同时不停搅拌并观察水温随时间的变化，共记录 6 次共 6 个点
5. 用干布擦干干冰表面的水，在不能溅起水花的前提下将冰迅速放入内筒水中；同时记录混合水系统初温 $T_1\text{ }^\circ\text{C}$ 与时间，继续不停搅拌，每 15s 记录一次温度，直至系统温度降至末温 $T_2\text{ }^\circ\text{C}$
6. 仍继续进行搅拌并观察水温随时间 t 的变化，每隔 30s 记录一次共记录 5 次
7. 将内筒取出称其质量，并计算水及冰的质量

2 原始数据

表 1: 1atm 下实验环境数据

温度	24°C
湿度	68%

表 2: 质量的测量数据

内筒和搅拌器质量 m_1/g	173.81
内筒、搅拌器和水的质量 $2_2/g$	393.60
内筒、搅拌器、水和冰的质量 $3_3/g$	453.35

表 3: 仪器精确度

	电子天平	数字温度计
精确度	0.01g	0.1°C

表 4: 记录搅拌数据

时间	0''	30''	1'	1'30''	2'	2'30''	3'	
温度 °C	33.3	33.2	33.1	33.1	33.0	32.9	26.7	
时间	3'30''	3'45''	4'	4'15''	4'30''	4'45''	5'	5'15''
温度 °C	23.2	20.3	17.9	16.6	15.7	15.1	14.6	14.1
时间	5'30''	5'45''	6'	6'15''	6'30''	6'45''	7'	7'15''
温度 °C	13.8	13.4	13.1	12.7	12.4	12.1	11.9	11.7
时间	7'30''	7'45''	8'	8'15''	8'30''	8'45''	9'	9'15''
温度 °C	11.6	11.5	11.3	11.1	11.1	11.1	11.0	11.0
时间	9'30''	9'45''	10'	10'15''	10'30''	10'45''	11'	11'15''
温度 °C	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
时间	11'30''	11'45''						
温度 °C	10.9	11.0						
时间	12'	12'30''	13'	13'30''	14'	14'30''		
温度 °C	11.0	11.0	11.1	11.1	11.2	11.3		

3 数据处理与分析

3.1 作系统温度随时间变化曲线图并修正初温、末温

由图解修正法得到修正后的系统初温 $T_1 = 32.5^\circ\text{C}$ ，系统末温 $T_2 = 10.0^\circ\text{C}$

3.2 冰的熔化热计算

由实验室测量原始数据及图解修正得到的数据如下：

水的质量 $m' = 393.60\text{g} - 173.81\text{g} = 219.79\text{g}$

冰的质量 $m = 453.35\text{g} - 393.60\text{g} = 59.75\text{g}$

由图解修正法得到的系统初温 $T_1 = 32.5^\circ\text{C}$ ，系统末温 $T_2 = 10.0^\circ\text{C}$

查阅资料得到水的比热容为 $c = 4.181\text{J}/(\text{g}^\circ\text{C})$ ，假设量热器内筒和搅拌器的材质相同，得到量热器的内筒和搅拌器的比热容 $c_1 = 0.39\text{J}/(\text{g}^\circ\text{C})$

综合上述数据代入公式

$$L = \frac{m'c + m_1c_1}{m}(T_1 - T_2) - cT_2$$

得到 $L = 329.76\text{J}/\text{g}$

3.3 计算 L 的扩展不确定度

3.3.1 计算质量的不确定度

由于量热器内筒和搅拌器质量 m_1 、以及其和水总质量 m_2 、其与水和冰的总质量 m_3 均由电子天平测量得到，则它们的 A 类测量不确定度均假设为 0

假设误差均匀分布，则其 B 类不确定度

$$u_B(m_1) = u_B(m_2) = u_B(m_3) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} g = 0.00577g$$

由合成标准不确定度 $u_C(i) = \sqrt{u_A(i)^2 + u_B(i)^2}$ 得到

$$u_C(m_1) = u_C(m_2) = u_C(m_3) = 0.00577g$$

已知水和冰的质量的计算公式如下：

$$m' = m_2 - m_1$$

$$m = m_3 - m_2$$

根据不确定度传递公式 $u_C(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\frac{\partial y}{\partial x_i})^2 u_C(x_i)^2}$ 可得

$$u_C(m') = \sqrt{u_C(m_2)^2 + u_C(m_1)^2}$$

$$u_C(m) = \sqrt{u_C(m_3)^2 + u_C(m_2)^2}$$

得到 $u_C(m') = 8.16 \times 10^{-3}g$ 、 $u_C(m) = 8.16 \times 10^{-3}g$

3.3.2 计算温度的不确定度

由于系统初温 $T_1 = 32.5^\circ C$ ，系统末温 $T_2 = 10.0^\circ C$ 均为由图解法修正过后的温度，均为由线性拟合得到的数据而非实验测得

由于作图取纵坐标温度 T 最小分度为 $0.25^\circ C$ ，同时假设概率密度满足均匀分布，则其测量得到的 A 类标准不确定度均为 0，同时得到

$$u_C(T_1) = u_C(T_2) = u_B(T_1) = u_B(T_2) = \frac{0.25^\circ C}{\sqrt{3}} = 0.144337^\circ C$$

3.3.3 计算比热容的不确定度

在实验室室温、湿度不改变的情况下假设比热容不变。故不考虑其不确定度

3.3.4 计算合成标准不确定度

根据不确定度传递公式，合成标准不确定度

$$u_C(L) = \sqrt{\sum (\frac{\partial L}{\partial x_i})^2 u_C(x_i)^2}$$

$$u_C(L)^2 = \left(\frac{c(T_1 - T_2)}{m} u_C(m')\right)^2 + \left(\frac{c_1(T_1 - T_2)}{m} u_C(m_1)\right)^2 + \left(\frac{m'c + m_1c_1}{m^2} (T_1 - T_2) u_C(m)\right)^2 \\ + \left(\frac{m'c + m_1c_1}{m} u_C(T_1)\right)^2 + \left(\frac{m'c + m_1c_1 - cm}{m} u_C(T_2)\right)^2$$

得到其合成标准不确定度 $u_C(L) = 1.19115 J/g$

取置信概率为 $p = 0.955$, $K_p = 2$, 代入扩展不确定度计算公式

$$U(L) = K_p \times u_C(L) \\ = 2 \times 1.19115 J/g = 2.38230 J/g$$

保留两位小数得到 $U(L) = 2.38 J/g$

3.3.5 汇总表示

由上分析可得冰的熔化热 $L = \pm$ 置信概率 $p = 0.955$, $K_p = 2$ 综上所述得到冰的熔化热为 $329.76 \pm 2.38 J/g$

测量数据

计算指标	i	$u_A(i)$	$u_B(i)$	$u_C(i)$	$U(i)$	$i = \bar{i} \pm U(i)$
m_1	173.81	0	5.7710^{-3}	5.77×10^{-3}		
m_2	393.60	0	5.7710^{-3}	5.77×10^{-3}		
m_3	453.35	0	5.7710^{-3}	5.77×10^{-3}		
m'	219.79			8.16×10^{-3}		
m	59.75			8.16×10^{-3}		
T_1	32.5		0.144337	0.144337		
T_2	10.0		0.144337	0.144337		
L	329.76			1.19115	2.38	329.76 ± 2.38

由于表格篇幅所限, 上述计算以及结果单位未标出, 故在此进行补充。质量 m_1 、 m_2 、 m_3 、 m' 、 m 及其对应指标的单位为 g , 温度 T_1 、 T_2 及其对应指标的单位均为 $^{\circ}C$, 冰的熔化热 L 及其指标的单位为 J/g

4 思考题

4.1 物体传递热量的方式

物体传递热量的方式共三种，分别是热传导、热对流以及热辐射

4.2 本实验的“ θ ”热力学系统”组成

1. 本实验中的“热力学系统”由量热器内筒、搅拌器、温度计组成
2. 外筒不参与热交换，故不属于上述热力学系统

4.3 讨论各方面对实验结果的影响并阐述原因

4.3.1 测 T_2 前搅拌不均匀或没有搅拌

由于温度计测量的是内筒中下部分水的温度，若不搅拌会导致测量出的温度 T_2 偏高，从而使计算出的 L 偏低

4.3.2 测 T_1 后没有很快放入冰，而是隔了一段时间

T_2 的测量修正了系统误差，故若图像绘制正确，得到的 T_2 数据偏差不大或无影响，故对实验结果影响不大

4.3.3 搅拌过程中水溅到了量热器的盖子上

冰融化吸热，溅出的水不在内筒水中，故不会带走热量，导致整体溶剂减少，从而导致冰在吸热过程中测得的 T_2 的值偏小，造成 L 偏大

4.3.4 冰中含水或冰上有没有擦干的水

冰上有水会使需要融化冰的热量减少，从而使 L 偏小

4.4 确定实验室结露温度

1. 读取实验室温度和相对湿度，温度为 24°C ，相对湿度为 68%
2. 根据温度查水的饱和蒸汽压表，得到该温度下水的饱和蒸汽压值为 2.9850kPa
3. 用所查得的温度下的水的饱和蒸汽压乘以相对湿度，得到空气中水汽的分压 2.0298kPa
4. 根据空气中水汽分压查水的饱和蒸汽压表，该分压对应的温度为露点 17.73°C
5. 综上得到实验室的结露温度为 17.73°C