

用混合量热法测定冰的熔化热

Aozhe Zhang 2313447

2024 年 4 月 20 日

目录

1	实验目的	2
2	实验仪器	2
3	实验原理	2
3.1	测定熔化热	2
3.2	修正散热——抵偿法	2
3.3	外推法判定室温	2
4	实验内容和步骤	2
5	实验过程与数据分析	3
5.1	原始数据	3
5.2	外推法预测水温	4
5.3	$\theta - t$ 关系曲线	4
5.3.1	计算熔化热	5
6	分析与讨论	5
6.1	哪些因素会影响 m_i 测量的准确性？实验中应该如何注意？	5
6.2	假如冰内有气泡、小水泡或杂质，它们分别对实验结果有何影响？说明原因	5
6.3	计算定值误差	5

1 实验目的

1. 正确使用量热器，熟练使用温度计。
2. 用混合量热法测定冰的熔化热。
3. 进行实验安排和参量选取。
4. 学会一种粗略修正散热的方法——抵偿法。

2 实验仪器

量热器、数字温度计、电子天平、秒表、玻璃皿、保温桶、冰、热水等。

3 实验原理

3.1 测定熔化热

质量 m_i 、温度 θ'_0 的冰块与质量 m 、温度 θ_1 的水相混合，冰全部熔化为水后，测得平衡温度为 θ_2 。假定量热器内筒与搅拌器的质量分别为 m_1 、 m_2 ，其比热容分别为 c_1 和 c_2 ；数字式温度计之测温传感器（铂电阻测温探头）自身热容甚小，可忽略不计；水和冰的比热容分别为 c 和 c_i （在 $-40^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ 范围内， $c_i = 1.8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ）；冰的熔点为 θ_0 。则由热平衡方程可得

$$c_i m_i (\theta_0 - \theta'_0) + m_i L + c m_i (\theta_2 - \theta_0) = (c m + c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta_1 - \theta_2)$$

本实验条件下，冰的熔点可认为是 0°C ，也可选取冰块的温度 $\theta'_0 = 0^\circ\text{C}$ 。于是，冰的熔化热可由下式求出：

$$L = \frac{1}{m_i} (c m + c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta_1 - \theta_2) - c \theta_2$$

3.2 修正散热——抵偿法

本实验需要使用抵偿法进行粗略修正散热，依据是牛顿冷却定律。在实验过程中，如果恰当的将系统的初温和末温分别选择在室温的两侧，即 $\theta_1 > \theta_e > \theta_2$ ，并且使实验过程中系统与外界的热量传递前后彼此抵消，则可以达到散热修正的目的。所以在实验的时候要注意末温应该小于室温，否则重新进行实验。

3.3 外推法判定室温

线性趋势外推法是最简单的外推法，在以时间为横坐标的坐标图中，温度的变化接近一条直线，可以推断温度变化的规律。


4 实验内容和步骤

1. 将量热器内筒擦干，称出质量 m_1 ，记录室温。
2. 取比室温高 $10\text{--}15^\circ\text{C}$ 左右的水注入量热器内筒，使水约占内筒容积的 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 。称出水和内筒的总质量 $m + m_1$ 。将内筒放在绝热架上，插好搅拌器和温度计。

- 轻轻搅拌内筒的水。从盛有冰水混合物的保温桶中，取出一小块冰。用纸巾将冰块上的水吸干之后，再将冰投入内筒，将冰投入的一瞬间记下初始时刻 t_1 。
- 用搅拌器轻轻搅拌水的同时，每隔一段时间（10s）记录一次水温。待记录到最低温度 θ_2 之后，取出内筒，称出总质量， $m_i + m + m_1$ ，再记录一次室温，取两次室温的平均值。
- 处理实验数据。

5 实验过程与数据分析

5.1 原始数据



南开大学

作业纸

2313447

系别 _____ 班级 23级 0997班 姓名 张奥茹 第 _____ 页

水温 $^{\circ}\text{C}$	0 min	1 min	2 min	3 min	4 min
	36.3	35.9	35.6	35.3	35.0

7:00 开始扔冰

<p>10 36.0</p> <p>20 28.7</p> <p>30 27.0</p> <p>40 26.0</p> <p>50 24.7</p> <p>8:00 23.1</p> <p>10 22.3</p> <p>20 21.5</p> <p>30 20.8</p> <p>40 20.2</p> <p>50 19.8</p> <p>9:00 19.4</p> <p>10 19.2</p> <p>20 18.9</p> <p>30 18.7</p> <p>40 18.7</p> <p>50 18.6</p> <p>10:00 18.5</p> <p>10 18.6</p> <p>20 18.6</p> <p>30 18.6</p> <p>40 18.6</p>	<p>$m_{杯}$</p> <p>107.17g</p> <p>$m + m_{杯}$</p> <p>282.70g</p> <p>$m + m_{杯} + m_{冰} + m_{冰}$</p> <p>314.60g</p> <p>$m_{冰}$</p> <p>31.9g</p> <p>室温 $\frac{22.7 + 22.8}{2} = 22.75^{\circ}\text{C}$</p> <p style="color: red;">张奥茹</p>
--	---

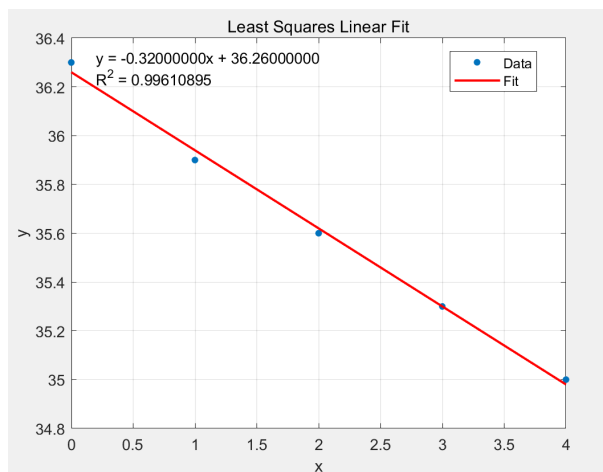
实验测得的质量数据如下：

物理量	m_1/g	m_2/g	$(m + m_1)/g$	m/g	$(m + m_1 + m_2 + m_i)/g$	m_i/g
测得值	107.17	12	282.70	175.53	314.60	31.9

表 1: 质量数据

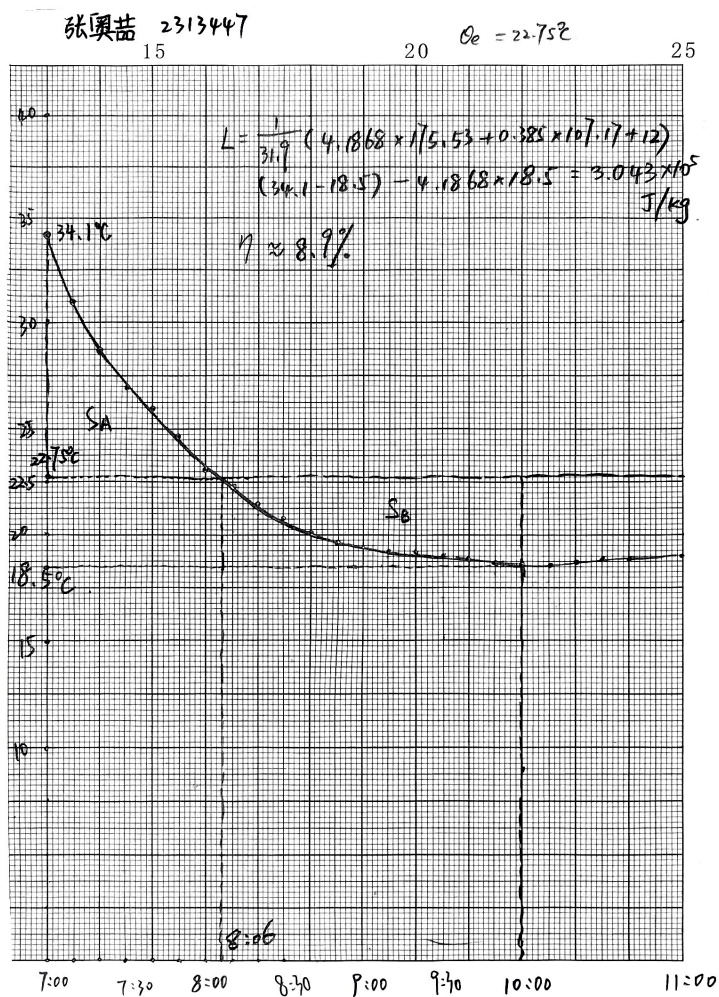
5.2 外推法预测水温

在 MATLAB 中拟合直线可得



根据图像和拟合的方程，我们可以推测放入冰块瞬间（本次实验设置在 7 分钟时）的水温 $T_7 \approx 34.1^\circ\text{C}$ 。

5.3 $\theta - t$ 关系曲线



5.3.1 计算熔化热

$$L = \frac{1}{m_i} (cm + c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta_1 - \theta_2) - c\theta_2$$

代入数据可得

$$L = \frac{1}{31.9} (4.1868 \times 175.53 + 0.385 \times 107.17 + 12)(34.1 - 18.5) - 4.1868 \times 18.5 = 3.043 \times 10^5 J/kg$$

6 分析与讨论

6.1 哪些因素会影响 m_i 测量的准确性？实验中应该如何注意？

1. 影响因素

- 冰表面的水：在将冰加入热水之前，冰表面的水应被擦去或沥干。否则，多余的水会增加测量的质量，导致结果偏差。
- 投入冰块时或者搅拌时有水溅出。
- 冰内有小水泡。
- 电子天平可能不精准。

2. 注意与改进

- 取用冰块和搅拌时应用合适的力度。
- 擦干冰表面的水。

6.2 假如冰内有气泡、小水泡或杂质，它们分别对实验结果有何影响？说明原因

1. 有气泡不影响结果，因为则这一部分气泡不吸收热量，也不会影响冰的质量，因此对实验结果不会造成影响。
2. 有小水泡会让结果偏小，因为这会让冰质量的测定值偏大。
3. 有杂质会让结果偏小，因为杂质不吸收热量，但是会让冰质量的测定值偏大。

6.3 计算定值误差

给定 $L_0 = 3.341 \times 10^5 J/kg$ ，根据公式

$$\eta = \frac{|L - L_0|}{L_0} \times 100\%$$

代入数据可得

$$\eta \approx 8.9\%$$

定值误差在 10% 之内，较为理想。