

冰的溶解热实验报告

姓名：张耕嘉；学院：人工智能学院；学号：2313725
组别：J组；座号：7；实验日期：2023/5/17 星期五上午

一、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。

二、实验仪器

量热器、KT300 型数字温度计、电子天平、秒表、玻璃皿、干拭布、保温桶、冰及热水等。

三、实验原理

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， $c_i=1.8\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ）；水的熔点为 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 $=0^\circ\text{C}$ 。于是水的熔化热可由下式求出：

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

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：

$$\frac{dq}{dt} = -k(\theta - \theta_e) \quad (1)$$

其中， dq 表示 dt 时间内系统与外界交换的热量。比例系数 k 为一个与系统表面积成正比并随表面辐射本领而变的常量。

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 $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3$ ，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。

根据实验中的具体情况，刚投入冰块时，水温较高，冰的有效面积大，熔化快，系统温度降低较快；随着冰块的不断熔化变小，水温逐渐降低，冰熔化变慢，水温降低的速度也慢下来。量热器中水温随时间变化应是一条指数下降的曲线，如图所示。

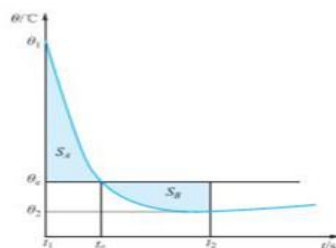


图 2-6-1 系统温度随时间的变化

对(1)式求积分，即可得到由 t_1 到 t_2 时间内，整个系统与外界交换的热量 q ：

$$q = -k \int_{t_1}^{t_2} [\theta(t) - \theta_e] dt = -k \int_{t_1}^{t_e} (\theta - \theta_e) dt + k \int_{t_e}^{t_2} (\theta_e - \theta) dt = -kS_A + kS_B$$

由上式可见, 当 $S_A = S_B$ 时, 实验过程中系统与外界交换的热量 $q = 0$ 。因此, 只要适当地选择参数, 使曲线与环境温度 $\theta = \theta_e$ 直线围成的两块面积近似相等, 即 $S_A \approx S_B$, 就可以使系统很好地近似为一个孤立系统。

欲使 $S_A \approx S_B$, 就必须使 $\theta_1 - \theta_e > \theta_2 - \theta_e > 0$ 。应注意使 $\theta_2 > 0$, 否则, 冰不能全部熔化。

四、实验步骤

1. 打开数字温度计、电子天平, 测量环境温度 θ_{e1} ;
2. 测量内桶 m_1 , 搅拌器质量 m_2 ;
3. 配置温水: 配置 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 的温水至内筒 ($\theta_{\text{温水}} - \theta_{e1} = 10 \sim 15^\circ\text{C}$);
4. 测定内筒, 搅拌器和水的质量 $m_1 + m_2 + m$;
5. 内筒放进量热器, 插好温度计, 投冰前, 每隔一分钟记录一次读数, “外推法”记下投冰时间水的初温 θ_1 , 并不断低频大幅搅拌;
6. 投冰后, 每 10~20s 记录一次温度, 直至温度达到最小 θ_2 , 并略有上升;
7. 取出内筒称重 $m + m_1 + m_2 + m_i$, 测量环境温度 θ_{e2} ;
8. 用坐标纸, 拟合 $\theta \sim t$ 曲线, 求出冰的熔解热。
9. 根据结果调整参量 m, m_i 及 θ_1 , 反复实验, 寻求最佳散热修正, 减小实验误差。

五、实验数据及处理

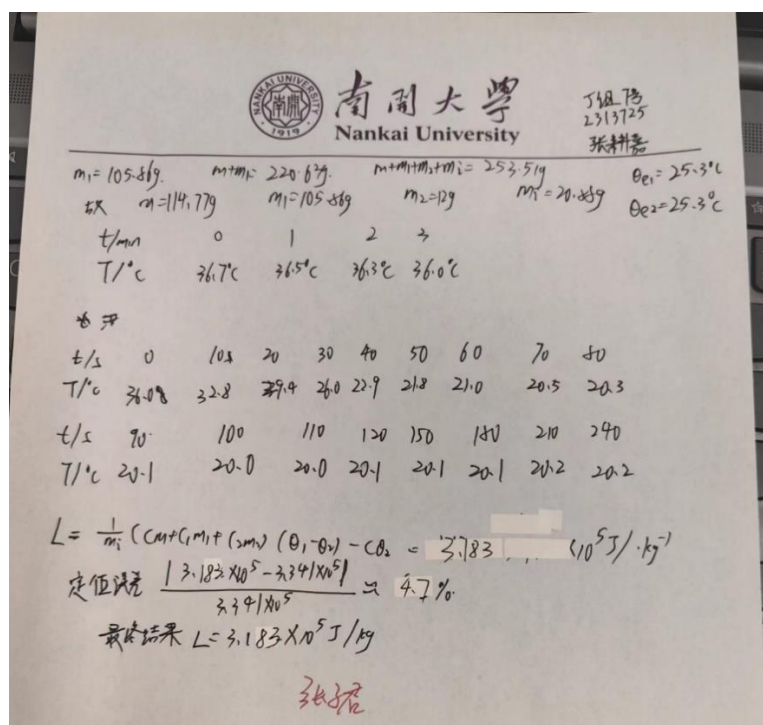
1. 已知数据:

$$c = 4.1868 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad c_1 = 0.385 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1},$$

$$c_2 = 0.370 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad m_2 = 1.2 \cdot 10^{-2} \text{ kg}.$$

2. 实测数据:

原始数据如下图:



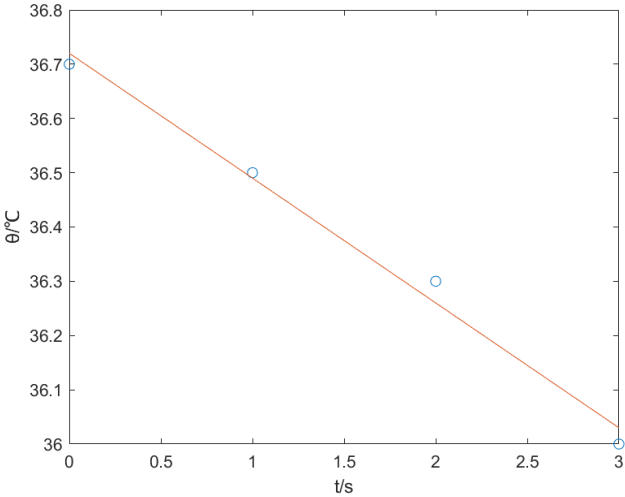
$$\theta_e = \frac{\theta_{e1} + \theta_{e2}}{2} = \frac{25.3^{\circ}\text{C} + 25.3^{\circ}\text{C}}{2} = 25.3^{\circ}\text{C}$$

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	105.86	12	220.63	114.77	253.51	20.88

投冰前温度变化:

时间/min	0	1	2	3
温度/ $^{\circ}\text{C}$	36.7	36.5	36.3	36.0

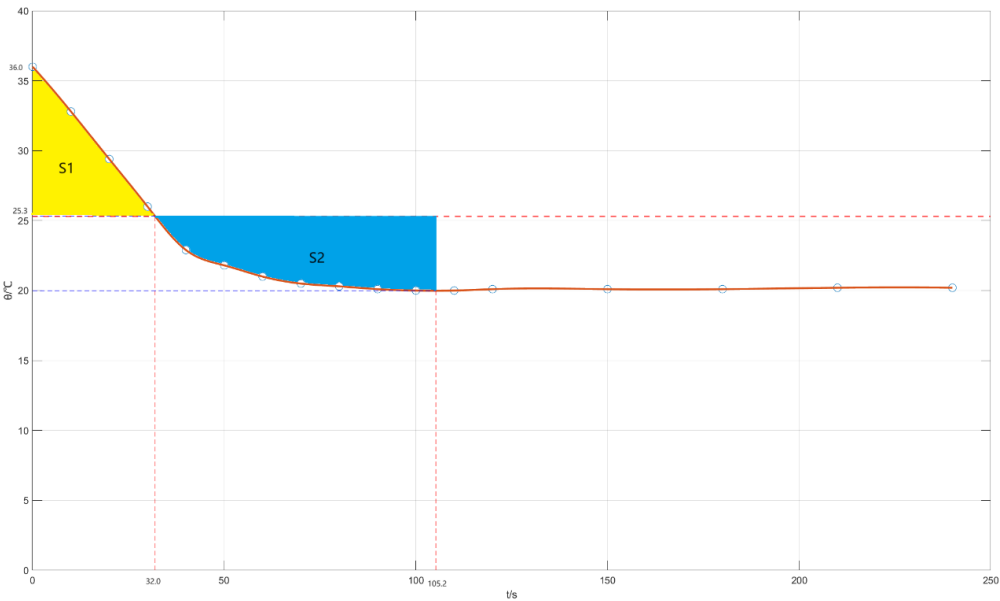
根据外推法，绘出图像:



投冰后温度变化:

时间/s	0	10	20	30	40	50
温度/ $^{\circ}\text{C}$	36.0	32.8	29.4	26.0	22.9	21.8
时间/s	60	70	80	90	100	110
温度/ $^{\circ}\text{C}$	21.0	20.5	20.3	20.1	20.0	20.1
时间/s	120	150	180	210	240	
温度/ $^{\circ}\text{C}$	20.1	20.1	20.1	20.2	20.2	

$\theta \sim t$ 曲线:



根据公式：

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

$$= \frac{1}{23.89} (4.1868 \times 114.77 + 0.385 \times 105.86 + 0.37 \times 12)(36.0 - 20.0) - 4.1868 \times 20.0 = 3.183 \times 10^5 \text{J/kg}$$

$$\text{定值误差: } \eta = \left| \frac{L-L_0}{L_0} \right| \times 100\% = \left| \frac{3.183 \times 10^5 - 3.341 \times 10^5}{3.341 \times 10^5} \right| \times 100\% \approx 4.7\%$$

六、考察题

7、哪些因素会影响 m_i 测量的准确性？实验中应怎样注意？

(1) 天平的精度；投入冰块时，冰块外未完全擦干，导致冰外有水；投入的冰块内有小水泡；环境温度和湿度会影响冰块的状态。

(2) 选用精度合适的天平；迅速擦干冰块表面的水分；尽量缩短冰块从冷冻环境到天平称量的时间，减少环境温度对冰块的影响；使用合适的工具搬运冰块，尽量减少冰块的损失。

七、思考题

1、假如冰内有气泡、小水泡、杂质，它们分别对实验结果有无影响？为什么？

(1) 如果冰内有气泡不会造成影响，因为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) 如果冰内有小水泡，则这一部分水会当成是冰的质量，冰的质量偏大，根据公式可知结果偏小；

(3) 如果冰内有杂质，杂质不会吸收热量，但是这部分杂质被认为冰的质量，冰的质量偏大，根据公式可知结果偏小；

2、若给定 $L_0 = 3.341 \times 10^5 \text{J/kg}$ ，试求 L 的定值误差

$$\text{定值误差: } \eta = \left| \frac{L-L_0}{L_0} \right| \times 100\% = \left| \frac{3.183 \times 10^5 - 3.341 \times 10^5}{3.341 \times 10^5} \right| \times 100\% \approx 4.7\%$$