

《大学基础物理实验》课程实验报告

姓名：柯云超 学号：2413575

学院：计算机学院 时间：2025 年 6 月 3 日 组别：L 组 11 号

用混合量热法测定冰的溶化热

[实验目的]

1. 正确用量热器，熟练使用温度计
2. 用混合量热法测定冰的溶化热
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

[实验器材]

量热器，温度计，电子天平，秒表，玻璃皿，干布，保温桶，冰以及热水等。

[实验原理]

设法制造一个与外界无热量交换的孤立系统 C（只包含冰块 A 与已知热容的系统 B），满足热平衡方程如下：

$$Q_{\text{吸}} = Q_{\text{放}}$$

对于 B，则有

$$Q = C_s \theta$$

质量 m_i ，温度 θ'_0 （本次实验为 0 度）的冰块与质量 m ，温度 θ_1 的水相结合，冰全部熔化为水，测得平衡温度为 θ_2 。假定量热容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 c_2 ，数字式温度计的测温传感器（铂电阻测温探头）比热容很小，可以忽略不计；水和冰的比热容分别为 c 和 c_i （其中水的比热容为 $c = 4.1868 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ $c_i = 1.8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ）；记冰的熔点为 θ_0 ，本次实验 θ_0 为 0 摄氏度。

可以得到：

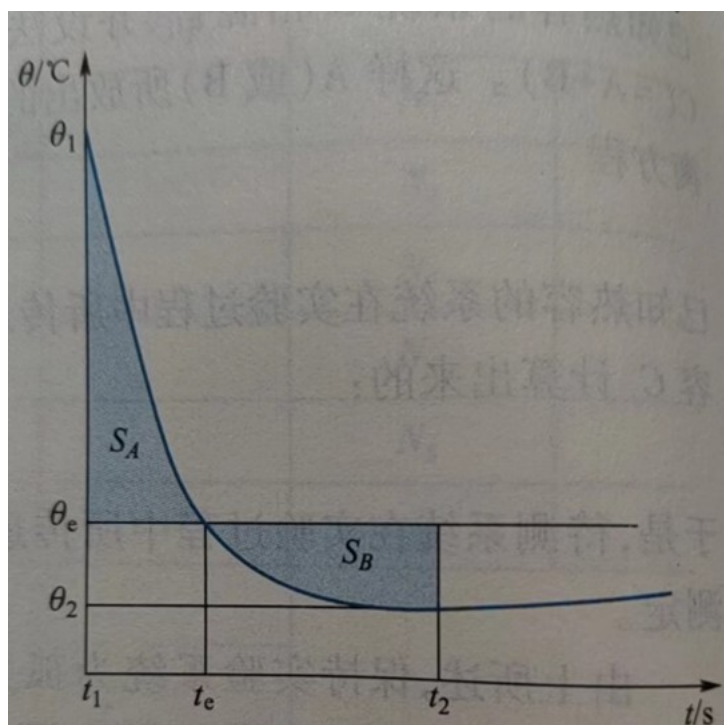
$$L = \frac{1}{m_i} (cm + c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta_1 - \theta_2) - c \theta_2 \quad (1)$$

为减少与外界热交换带来的实验误差，我们以抵偿法作为的散热修正方法。原理如下

设环境温度为 θ_e ，当系统的温度高于环境温度时，它就要散失热量。由当温差较小（一般不超过 15 K）时，（非自然对流）系统的散热制冷速率与温差成正比，此时牛顿冷却定律表示为：

$$\frac{dq}{dx} = -k(\theta - \theta_e) \quad (2)$$

整个过程的温度变化曲线如下：



如果使

$$S_A = S_B$$

则前后热交换相抵消，则在这个过程中可以近似视为孤立系统

总而言之，我们可知通过适当地选择参数，使曲线与环境温度 $\theta = \theta_e$ ，直线围成的两块面积近似相等，就可以使系统很好地近似为一个孤立系统。

[实验步骤]

1. 使用温度计与电子天平测量环境温度 θ_e ，以及内桶质量 m_1 和搅拌器质量 m_2 。
2. 向内筒中倒入适量的温水（水温比环境温度高约 10 到 15 摄氏度最好），测量 $m + m_1 + m_2$ 。
3. 将量热桶放入装置，盖好盖子，持续监测温度 4 分钟，每分钟记录一次温度数值。
4. 准备冰块，用干布擦去冰表面的水分，在第 5 分钟时将冰块投入内筒，迅速盖上盖子并搅拌，每 10 秒钟测量一次温度，直至系统温度开始上升。测量搅拌器、量

热器和冰与水的总质量 $m + m_1 + m_2 + m_i$ 。

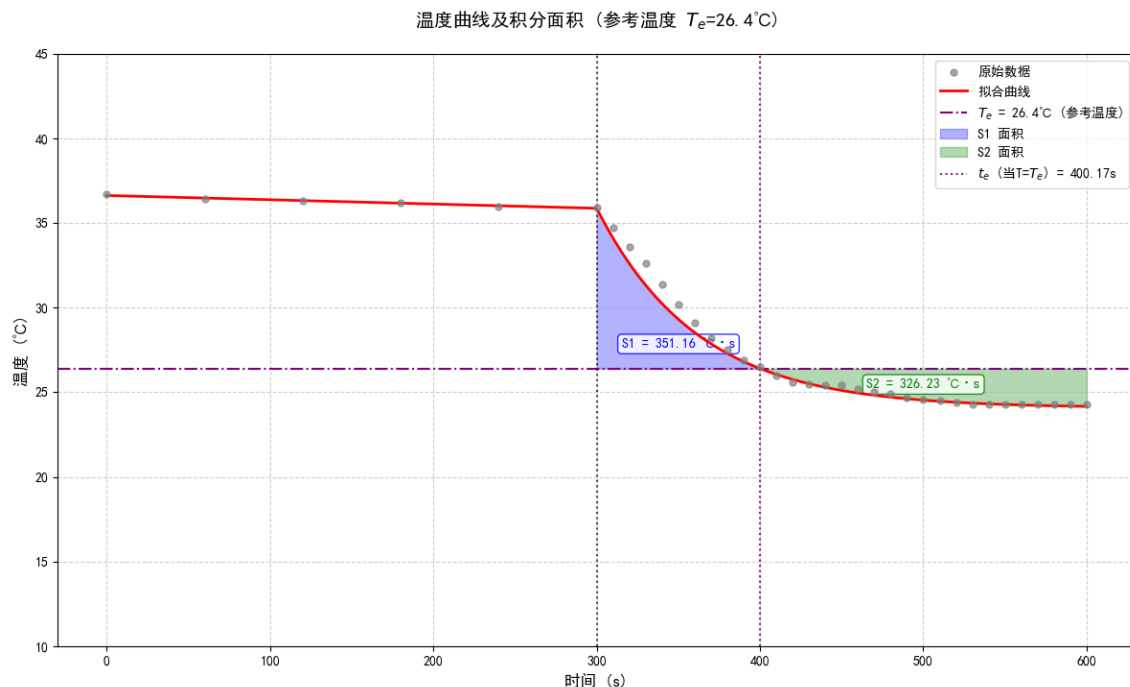
5. 绘制 $\theta - t$ 曲线，据此求出冰的溶解热，重复上述步骤三次

[数据处理]

记录得到如下数据，其中 0 - 240s 是单独测水温的变化，300s 是投入冰块的时刻。

时间	温度	时间	温度	时间	温度	时间	温度
0s	36.7°C	340s	31.4°C	430s	25.5°C	520s	24.4°C
60s	36.4°C	350s	30.2°C	440s	25.4°C	530s	24.3°C
120s	36.3°C	360s	29.1°C	450s	25.4°C	540s	24.3°C
180s	36.2°C	370s	28.2°C	460s	25.2°C	550s	24.3°C
240s	36.0°C	380s	27.5°C	470s	25.0°C	560s	24.3°C
300s	35.9°C	390s	26.9°C	480s	24.9°C	570s	24.3°C
310s	34.7°C	400s	26.5°C	490s	24.7°C	580s	24.3°C
320s	33.6°C	410s	26.0°C	500s	24.6°C	590s	24.3°C
330s	32.6°C	420s	25.6°C	510s	24.5°C	600s	24.3°C

使用 python 对于上述数据进行绘制得到 Figure1. 如下



其中灰色点代表原始数据，曲线代表拟合曲线。紫色虚线表示室温，紫色与绿色表示曲线与室温直线所围城的面积

通过观察，取紫色部分与绿色部分，二者面积相近。可以将系统近似视为孤立系统。可以得到 $\theta_2 = 24.3$ 摄氏度。

而其他测量数据如下：

$$m_2 = 8.64g$$

$$m_1 + m_2 = 116.30g$$

$$m_1 + m_2 + m = 344.57g$$

$$m_1 + m_2 + m + m_i = 361.77g$$

再其他数据带入公式公式 (1) 得到

$$L_{\text{测}} \approx 3.167 \times 10^5 Jkg^{-1}$$

而

$$L_0 = 3.248 \times 10^5 Jkg^{-1}$$

计算得到的误差为

$$\eta = \left| \frac{L - L_0}{L_0} \right| \times 100 \approx 2.5\%$$

[误差分析]

经过测量发现与真实值存在一定的误差，分析原因可能有以下几个：

1. 放入冰块时，由于操作不熟练，导致放入冰块所花时间较长，可能有一部分热量散失了。但是 L 偏小
2. 图像中 S_1 与 S_2 的面积可能不是严格相等的，而是 S_1 略大。即有一部分热量散失了。导致 L 偏小。
3. 冰块未完全处于熔点 (0°C)，融化时需先吸收热量升温，若实验模型假设冰块初始温度为 0°C ，则会低估实际所需热量 Q ，导致 L 偏小。

[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？
 - 气泡：有影响。冰融化后气泡逸出，测量的冰质量（含气泡体积对应的“虚假”质量）大于实际参与熔化的冰质量。根据 $Q = mL$ （ Q 为熔化吸热， m 为冰质量， L 为熔化热）， m 偏大，计算出的 L 偏小。
 - 小水泡：有影响。小水泡内水是“提前存在的液态水”，使冰融化需吸收的热量测量值偏小（部分热量并非用于冰熔化为水）。由 $L = Q/m$ ， Q 偏小、 m

含小水泡对应冰的“虚假”质量，会导致计算的 L 偏小。

- 杂质：若杂质不参与热交换，测量的冰质量（含杂质）大于实际冰质量，根据 $L = Q/m$ ， m 偏大， L 偏小；若杂质参与热交换（如熔化吸热），会使 Q 测量偏大， L 可能偏大，一般实验未考虑杂质热性质时，多使 L 测量不准确，常因冰质量测量易偏大导致 L 偏小。

2. 如果冰中含水量为 $x\%$ ，试求由此引起冰熔化热 L 的相对误差。

设冰质量为 m ，纯冰熔化热 L_0 ，含 $x\%$ 水的冰可视为 $m(1-x\%)$ 冰与 $mx\%$ 水。实际冰熔化吸热 $Q = m(1-x\%)L_0$ ，测量时按总质量 m 算，得 $L = \frac{Q}{m} = (1-x\%)L_0$ 。

相对误差 $\eta = \frac{|L-L_0|}{L_0} = \frac{|(1-x\%)L_0-L_0|}{L_0} = x\%$ （理想情况，假设水不影响吸热测量）。

3. 若给定 $L_0 = 3.341 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，试求 L 的定值误差。

$$|\Delta L| = |L_{\text{测}} - L_0|$$

代入数据：

$$|\Delta L| = |3.167 \times 10^5 - 3.248 \times 10^5| = 8.1 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

$$\delta = \left| \frac{L_{\text{测}} - L_0}{L_0} \right| \times 100\%$$

代入数据：

$$\delta = \left| \frac{3.167 \times 10^5 - 3.248 \times 10^5}{3.248 \times 10^5} \right| \times 100\% = \frac{8.1 \times 10^3}{3.248 \times 10^5} \times 100\% \approx 2.49\%$$

附录

原始实验数据：

Time	Temp	Mass	Notes
0	36.7°C	470	25.0
60	36.8°C	480	24.9
120	36.8°C	490	24.7
180	36.8°C	500	24.6
240	36°C	510	24.5
300	35.9°C	520	24.4
310	34.7°C	530	24.3
320	33.6°C	540	24.3
330	32.6°C	550	
340	31.4°C	560	
350	30.2°C	570	24.3
360	29.1°C	580	
370	28.2°C	590	
380	27.5°C	600	24.3°C
390	26.9°C		24.3
400	26.5°C		24.3
410	26.0°C		24.3
420	25.6°C		24.3
430	25.5°C		24.3
440	25.4°C		24.3
450	25.4°C		24.3
460	25.2°C		24.3