



青岛科技大学
Qingdao University of Science & Technology

基础化学实验

基础化学实验中心
山东省省级实验教学示范中心



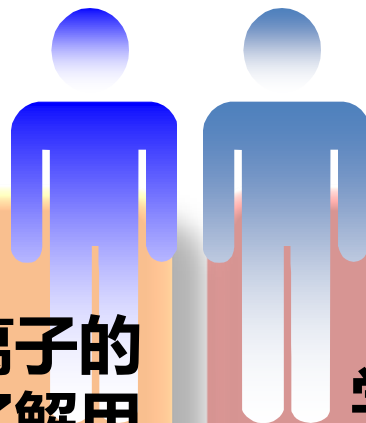


无机化学实验

——化学反应焓变的测定

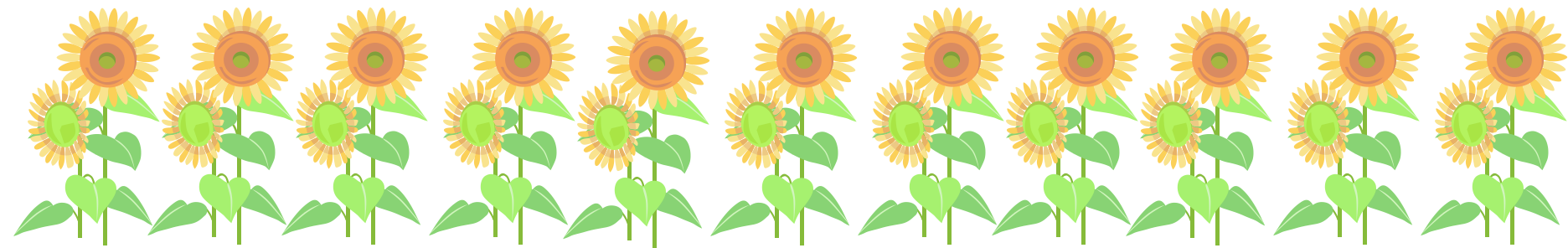


一、实验目的



通过测定锌与铜离子的
化学反应焓变，了解用
热量计测定化学反应焓
变的原理和方法。

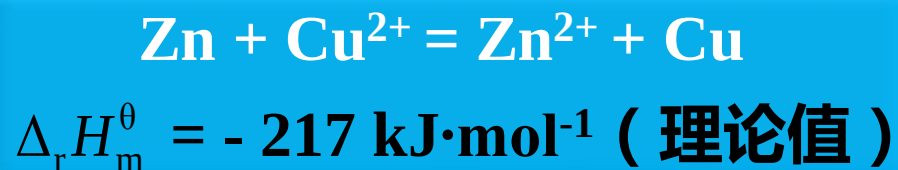
学习精密数字温度
计的使用。



二、实验原理



恒压反应热等于体系的焓变 ΔH 。



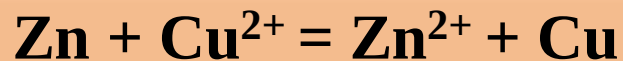
本实验采用**普通保温杯**和**精密数字温度计**组成的简易量热器来测量上述反应的焓变，如右图所示：



二、实验原理



反应溶液的
温度升高



$$\Delta_r H_m^\theta = -217 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

量热器的
温度升高

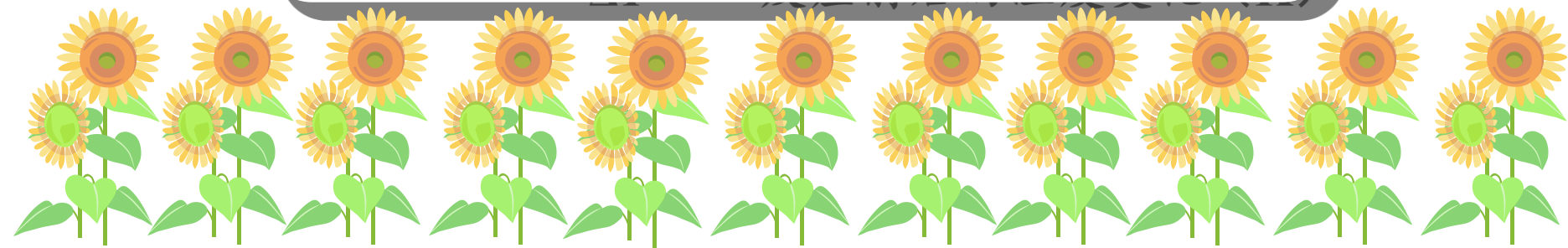
反应产生的总热量 Q 可表示为

$$Q = (C_p + C_p') \cdot \Delta T \quad (1)$$

式中： C_p ——量热器热容 (J K^{-1})

C_p' ——溶液热容 (J K^{-1})

ΔT ——反应前后的温度变化 (K)



二、实验原理



量热器热容可用下式计算：

$$C_p = \frac{Cm(T_2 - T_3) - Cm(T_3 - T_1)}{(T_3 - T_1)} \quad (2)$$

式中：

C ——水的比热。在此实验中与纯水的比热近似，可用纯水比热 $4.18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 进行计算。

m ——热水（或冷水）的质量（g）。

T_1 ——混合前冷水的温度（一般为室温，K）。

T_2 ——混合前热水的温度（K）。

T_3 ——混合后水的温度（K）。

$Cm(T_2 - T_3)$ ——热水放出的热量。

$Cm(T_3 - T_1)$ ——冷水吸收的热量

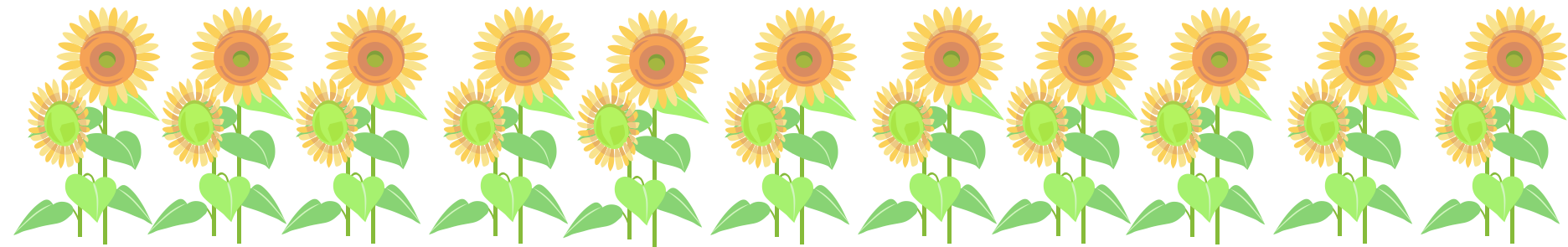


二、实验原理



冷、热水混合后的温度**需要一段时间**才能升到最高温度。由于本实验用的量热器并非是严格的绝热体系，量热器不可避免地会与环境发生少量的热交换，因此，**实际测量到的最高温度与应该达到的最高温度有一定的误差**，可采用**外推法**适当地消除此误差。

什么是**外推法**？

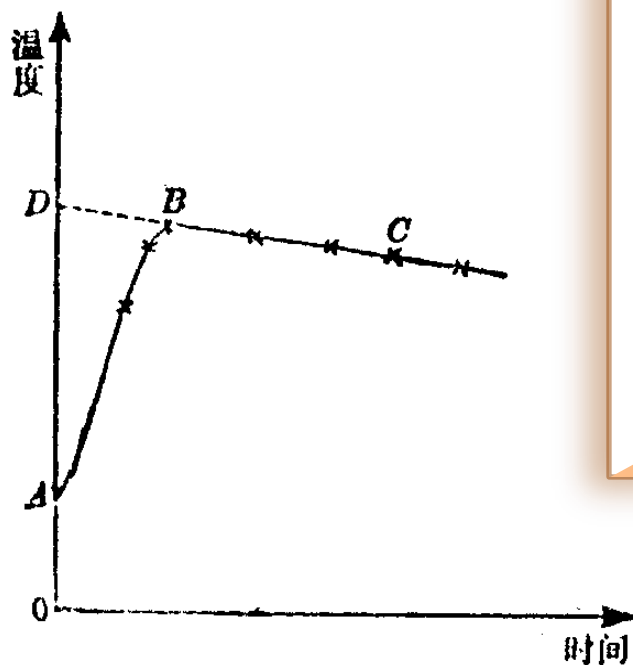


二、实验原理



具体方法是：

在冷热水混合过程中，每隔一段时间记录一次温度，然后将温度对时间作图。



温度—时间曲线

将曲线上的CB线段延长，外推到与纵轴相交为D点，D点表示的温度，理应是量热器完全绝热时冷、热水混合后应该上升到的最高温度。A点是混合前的冷水温度。

D点对应的温度即为真正的 T_3 。
由式(2)计算出量热器热容。

二、实验原理



溶液热容可用下式计算：

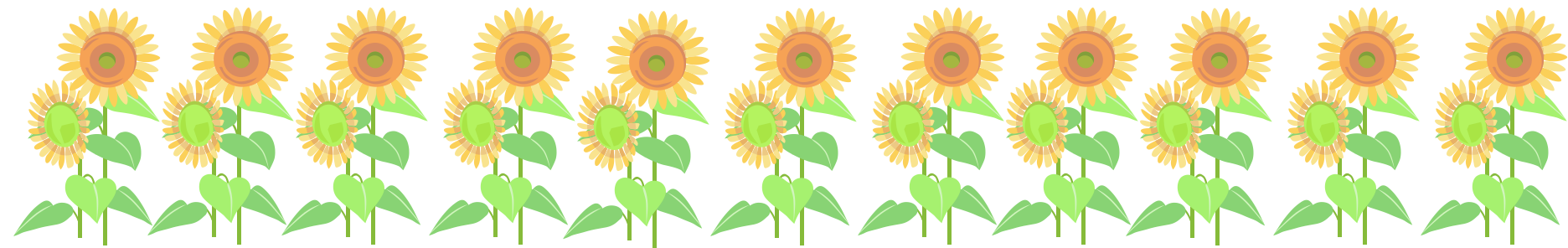
$$C_p' = C V d \quad (3)$$

式中：

C ——溶液的比热。在此实验中与纯水的比热近似，可用纯水比热 $4.18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 进行计算。

V ——溶液的体积 (mL) 。

d ——溶液的密度。在此实验中与水的密度近似，可视溶液的密度 d 为 1.00 g mL^{-1} 。



二、实验原理



反应产生的总热量 Q 可用(1)式计算:

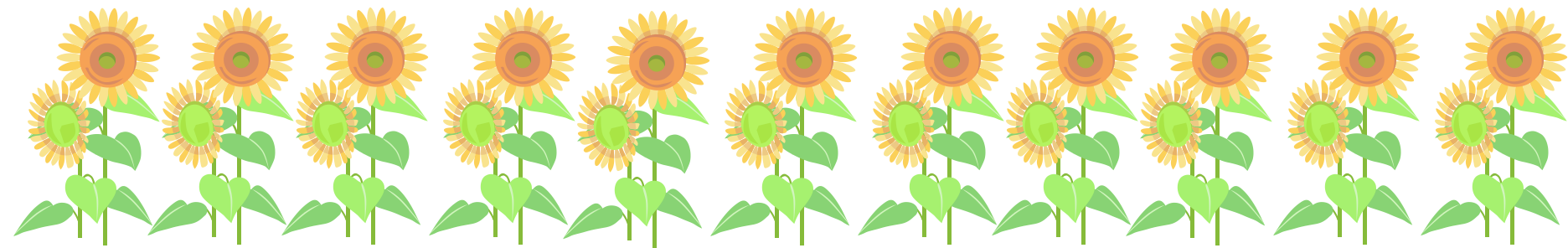
$$Q = (C_p + C_p') \cdot \Delta T \quad (1)$$

式中: C_p ——量热器热容 (J K^{-1})

C_p' ——溶液热容 (J K^{-1})

ΔT ——反应前后的温度变化 (K)

式中的 ΔT 也通过外推法求得。



二、实验原理



在 $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ 反应中，**Zn粉是过量的**，根据反应中用的**硫酸铜溶液的体积和浓度**以及**反应中放出的总热量**，可用下式求出上述反应的焓变 $\Delta_r H_m^\theta$ 。

$$\Delta_r H_m^\theta = \frac{Q}{cV \times 10^{-3}} \quad (4)$$

式中：

V ——反应用的硫酸铜溶液体积 (mL)

c ——硫酸铜溶液的浓度 (mol L^{-1})

Q ——反应放出的总热量，为负值 (kJ)



三、实验步骤



1. 测定量热器热容 (C_p)

用量筒量取
100.0 mL 自来
水放入干燥的
量热器中，热
平衡后，记下
温度 T_1 。

用量筒量取
100.0 mL 自
来水注入一
烧杯中并加
热，温度高
于冷水温度
 20°C 时停止
加热，静置
30 s，记录
此热水温度
 T_2 。

迅速将热水倒
入量热器中，
盖紧盖子并均
匀摇动，在倒
热水的同时每
15 s 记录一次
温度。

当温度上升到最
高点后，每隔
30 s 记录一次温
度，继续观察记
录 3 min。

三、实验步骤



2. 测定锌粉与硫酸铜溶液的反应焓变

用台秤称
3克锌粉
(过量)

0.2 mol L⁻¹硫酸铜溶液的配制：准确称取12-13克 CuSO₄·5H₂O 于烧杯中，加水溶解后，转移至250mL容量瓶定容，摇匀。

用滤纸将量热器**擦干**(水会吸收热量)，用移液管量取100mL CuSO₄溶液放入量热器盖紧盖子，缓慢摇动至溶液与量热器达热平衡，记下温度 T_1 。

将3克锌粉**迅速倒入**量热器中，这时开始放热，**迅速盖紧盖子**，均匀摇动溶液，每隔 15 s 记录一次温度，温度升至最高点 (T_2) 后，每 30 s 记录一次温度，继续测3 min。



四、数据处理



1. 量热器热容的测定（2个表，1个图）

表1 冷、热水混合后温度随时间的变化

时间 t/s	0	15	30	60	90	150	180	210	270
温度 T/K									

■ 根据表1 绘制冷、热水混合后温度随时间变化的关系曲线，采用外推法求出冷、热水混合后温度 T_3 。（图1）

■ 热容测定数据填入下表2，按式(2)计算量热器热容 C_p 。



表2 量热器热容的测定

冷水温度 T_1/K	热水温度 T_2/K	冷、热水混合后温度 T_3/K	冷水的质量 m/g	热水的质量 m/g	水的比热 $C/J\ g^{-1}\ K^{-1}$	量热器热容 $C_p/J\ K^{-1}$

四、数据处理



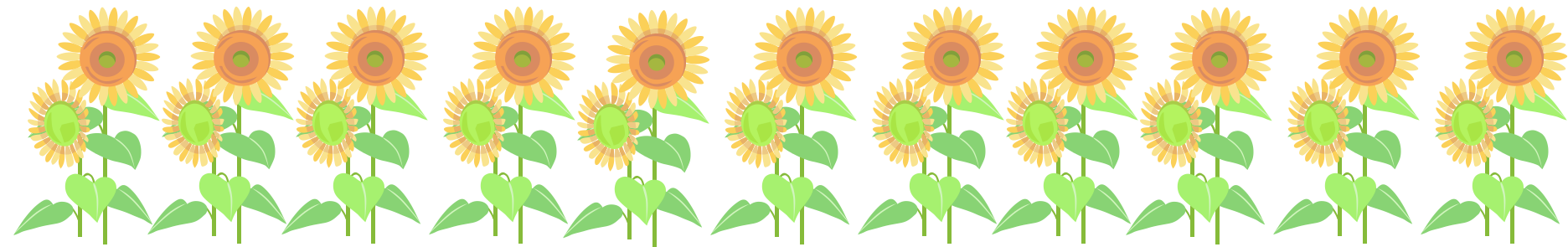
2. 锌粉与硫酸铜溶液反应焓变的测定（2个表，1个图）

表3 锌与硫酸铜溶液反应时温度随时间的变化

时间 t/s	0	15	30	60	90	150	180	210	270
温度 T/K									

◆ 绘制反应时间与温度变化的关系曲线，采用外推法求出反应后溶液的温度 T_5 。（图2）

◆ 焓变测定数据填入下页表4，按式(1)、式(3)和式(4)计算反应放出的热量 Q 及反应焓变。



四、数据处理



2. 锌粉与硫酸铜溶液反应焓变的测定（2个表，1个图）

表4 反应焓变的测定

反应前溶液 温度 T_4/K	反应后溶液 温度 T_5/K	$\Delta T = T_5 - T_4$ /K	$m_{\text{硫酸铜}}$ /g	$C_{\text{硫酸铜}}$ /mol L ⁻¹	$V_{\text{硫酸铜溶液}}$ /mL

续接表4

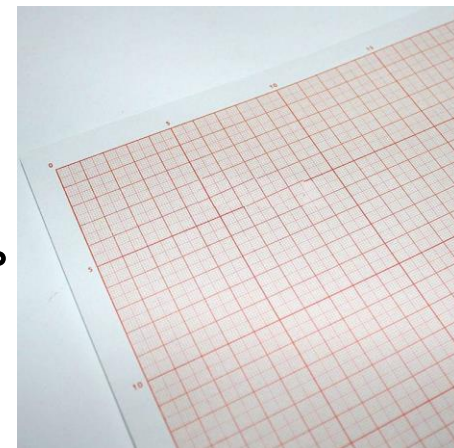
溶液的密度 $d/\text{g mL}^{-1}$	溶液的比热 C /J g ⁻¹ K ⁻¹	溶液的热容 $C_p'/\text{J K}^{-1}$	反应放出的 总热量 Q/J	反应焓变 $\Delta_r H_m^\theta/\text{kJ mol}^{-1}$



五、注意事项



- ①坐标纸 8×8 ，图 6×6 。
- ②方向、名称、单位、刻度。
- ③描点，平滑的曲线，必要时舍点。
- ④作图要第一象限。





THANKS

