

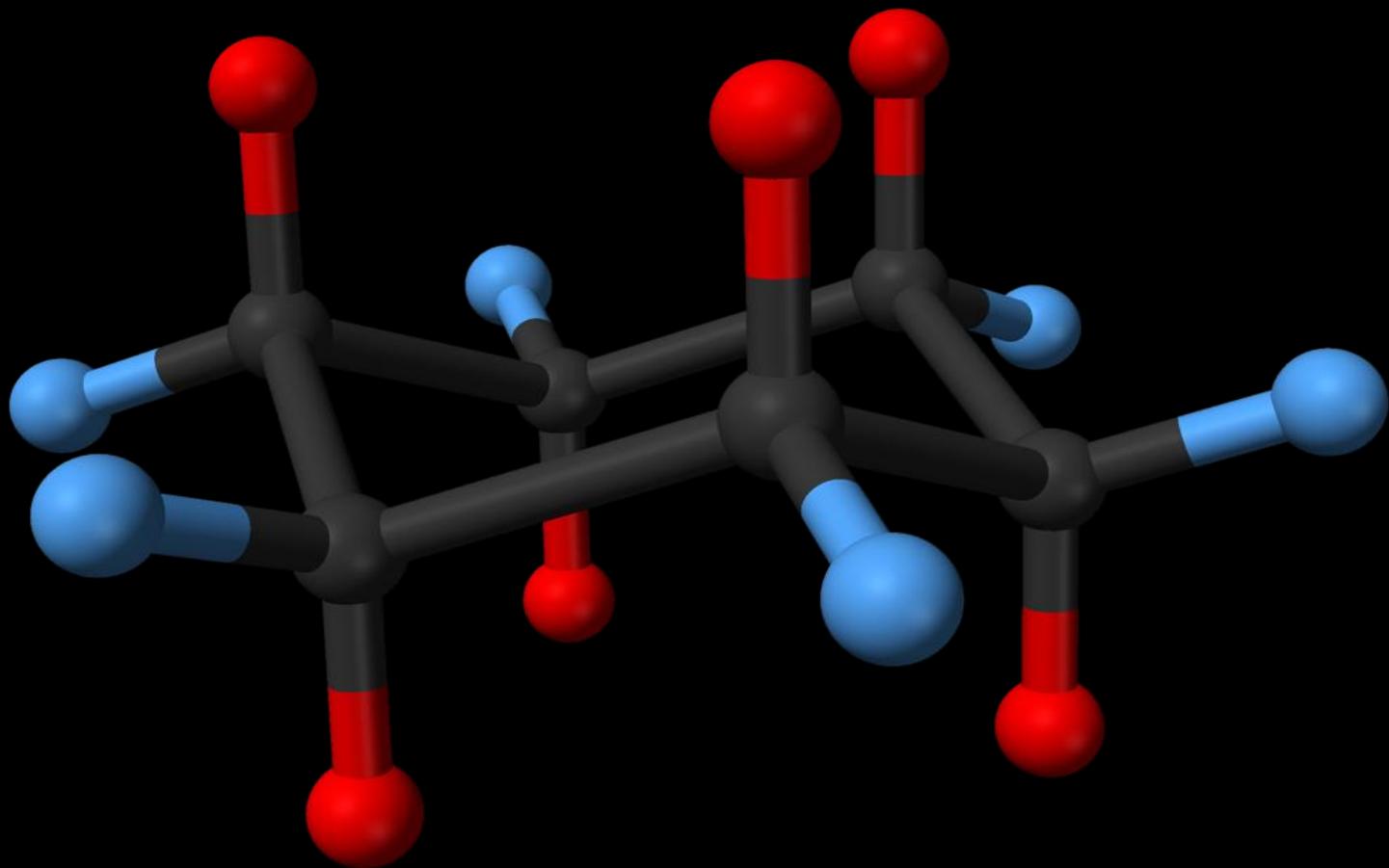


國立中正大學

National Chung Cheng University



積極創新 修德澤人



114-1

補充教材六、溫度計之校正及可溶物質分子量之測定

(國立台灣大學出版中心編撰《大學普通化學實驗》第十四版實驗二十九)

114.12.14 ~ 114.12.20 (預估操作時間：1.5 ~ 2 小時)

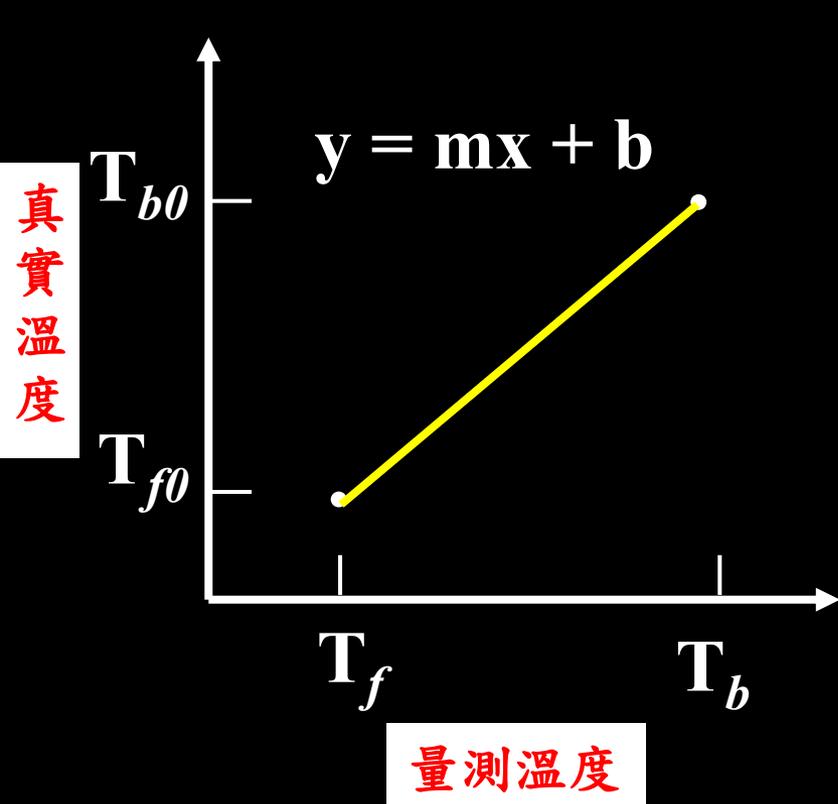
一、目的

學習電子數字型溫度計的使用與校正方法，並從含有非電解質、非揮發性溶質的稀薄溶液凝固點之測定，決定溶質的分子量。



二、原理

(一) 溫度計校正直線



y ：一大氣壓下溫度值

x ：當時室壓下用公式所得溫度值

m 、 b ：常數

T_f ：凝固點 T_{f0} ：真實凝固點

T_b ：沸點 T_{b0} ：真實沸點

(二)可溶性、非揮發性物質分子量的測定

拉午耳定律 (Raoult's law)：理想溶液在定溫下，溶液的蒸氣壓等於純溶劑的蒸氣壓與該溶劑在溶液中莫耳分率 (mole fraction) 的乘積：

$$P_1 = P_1' \times X_1 \quad (\text{eq. s6-1})$$

P_1 ：溶液的蒸氣壓

P_1' ：純溶劑的蒸氣壓

X_1 ：溶劑在溶液中的莫耳分率

$$\Delta T_f = K_f \times m \quad \Delta T_b = K_b \times m \quad (\text{eq. s6-2})$$

$$m = \frac{a / M_w}{b / 1000} \quad (\text{eq. s6-3})$$

ΔT_f : 凝固點下降溫度值

ΔT_b : 沸點上升溫度值

K_b : 莫耳沸點上升常數

K_f : 莫耳凝固點下降常數

a : 溶液中所含溶質克數

b : 溶液中所含溶劑克數

M_w : 溶質的分子量

m : 重量莫耳濃度

$$\text{由 (2) } \times \text{ (3) } \Rightarrow M_w = \frac{K \times 1000 \times a / b}{\Delta T} \quad (\text{eq. s6-4})$$

環己烷凝固點 : 6.47°C

莫耳凝固點下降常數 (K_f) : 20.0°C/m

三、儀器與材料

器材

各組器材櫃	橡膠管	2條	
磁石	助教提供		
燒杯(500 mL)	電子數字型溫度計		
油浴鍋	大試管(25 mm)		
大廣用鐵夾	2個	小試管(18 mm)	
小廣用鐵夾		圓底燒瓶	2個
雙孔橡皮塞		塑膠套環	4個
單孔橡皮塞		攪拌鋼絲	
電子加熱攪拌器		蒸餾裝置	
環己烷(C_6H_{12}) ***		未知物 ***	

藥品

* : 具有易燃性 * : 具有毒性 * : 具有刺激性

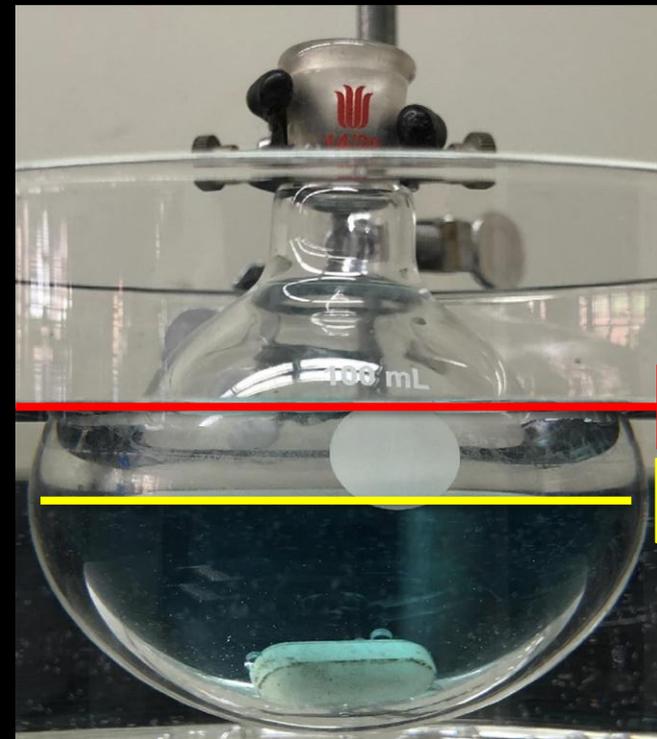
四、實驗步驟

(一) 水沸點測定的實驗裝置

1. 取一乾淨圓底燒瓶中裝入約 **50 mL** 的去離子水及磁石，並將圓底燒瓶放至油浴鍋內，如圖一所示。

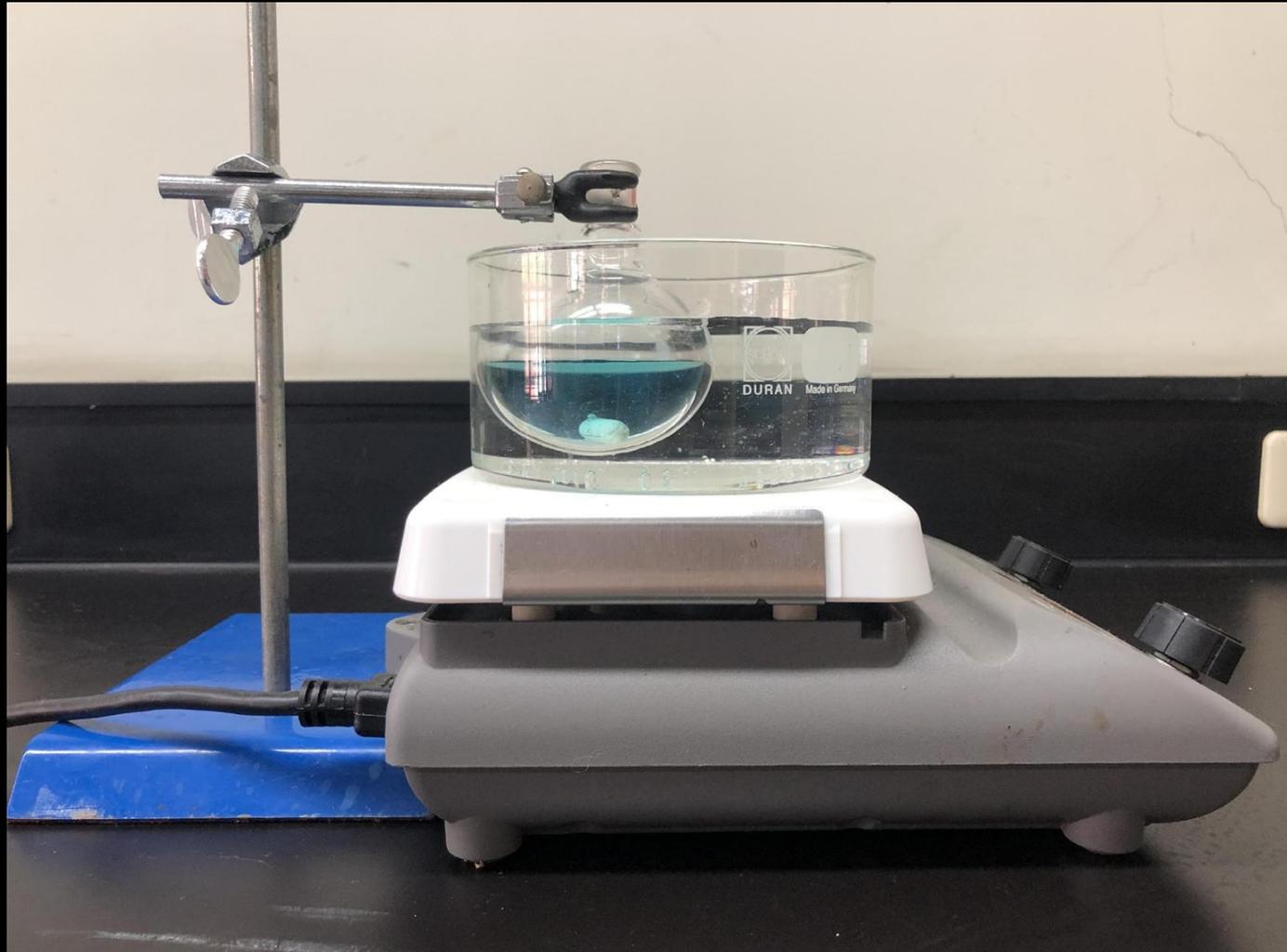


圖一、擺放圓底燒瓶裝置圖



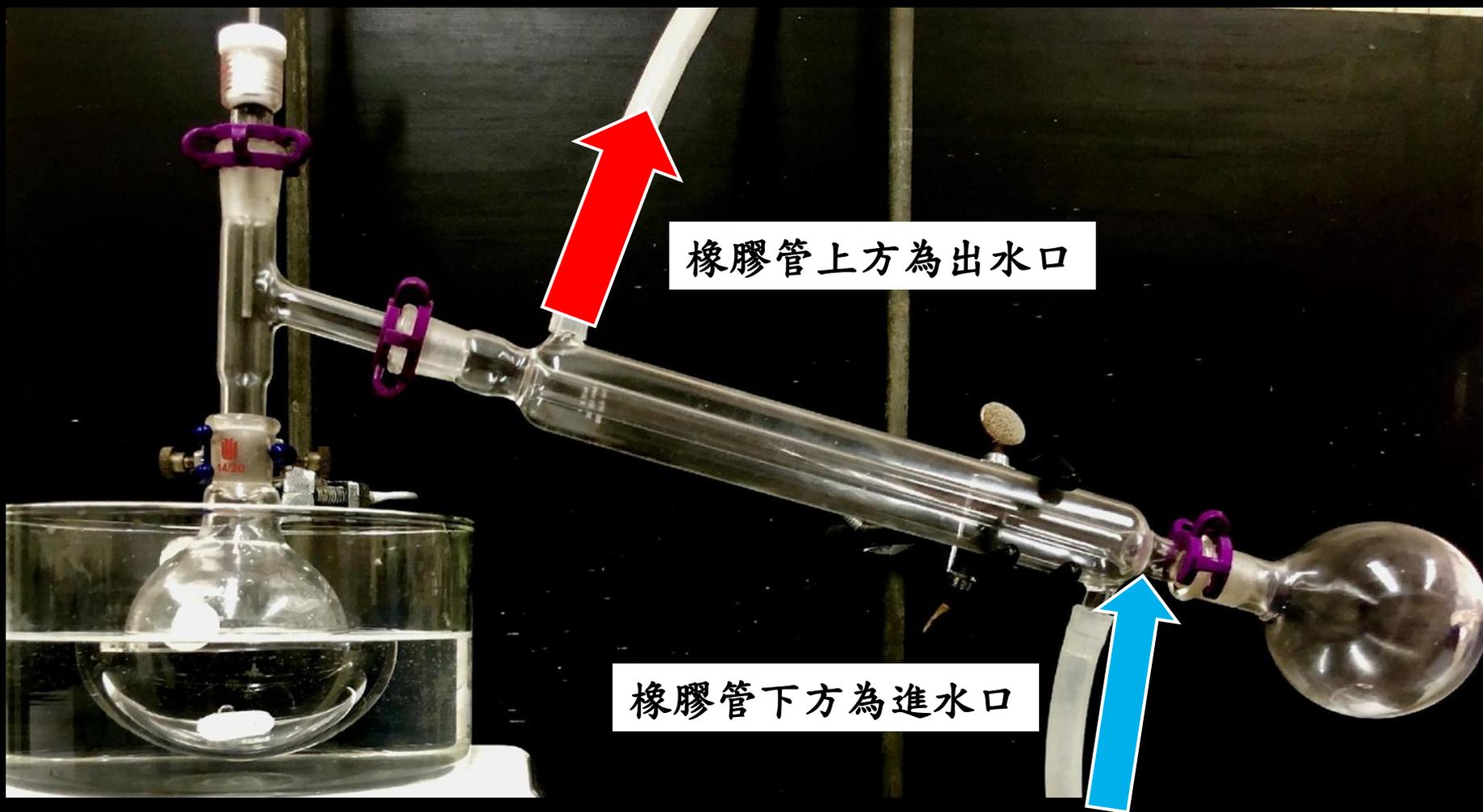
圖二、放大圖

(一) 水沸點測定的實驗裝置



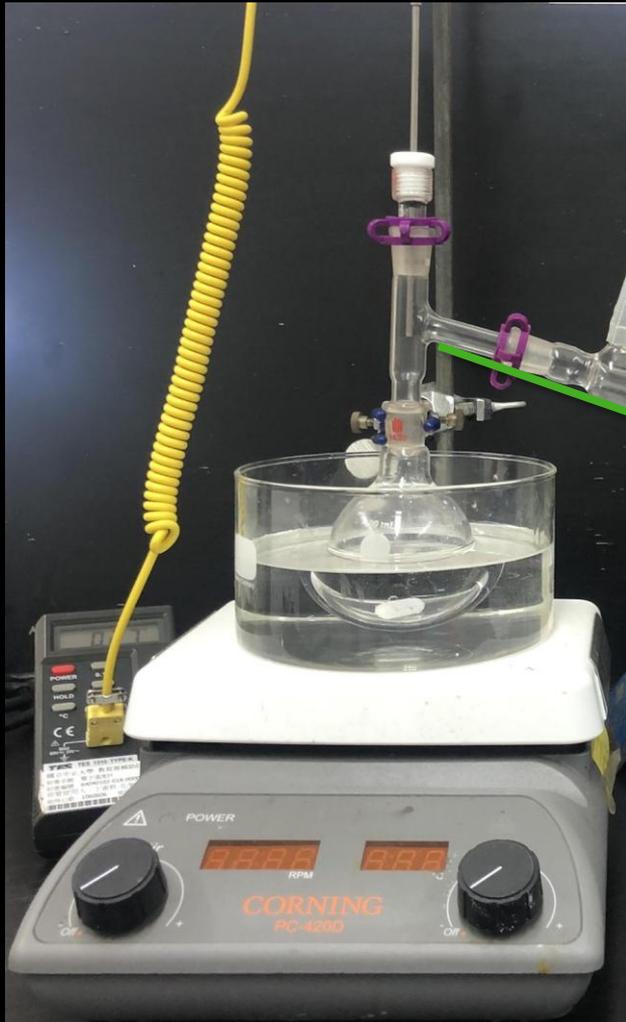
圖三、擺放圓底燒瓶裝置側面圖

2. 分別裝上下型管、冷凝管以及圓底燒瓶，最後再裝橡膠管於冷凝管上，如圖四所示。

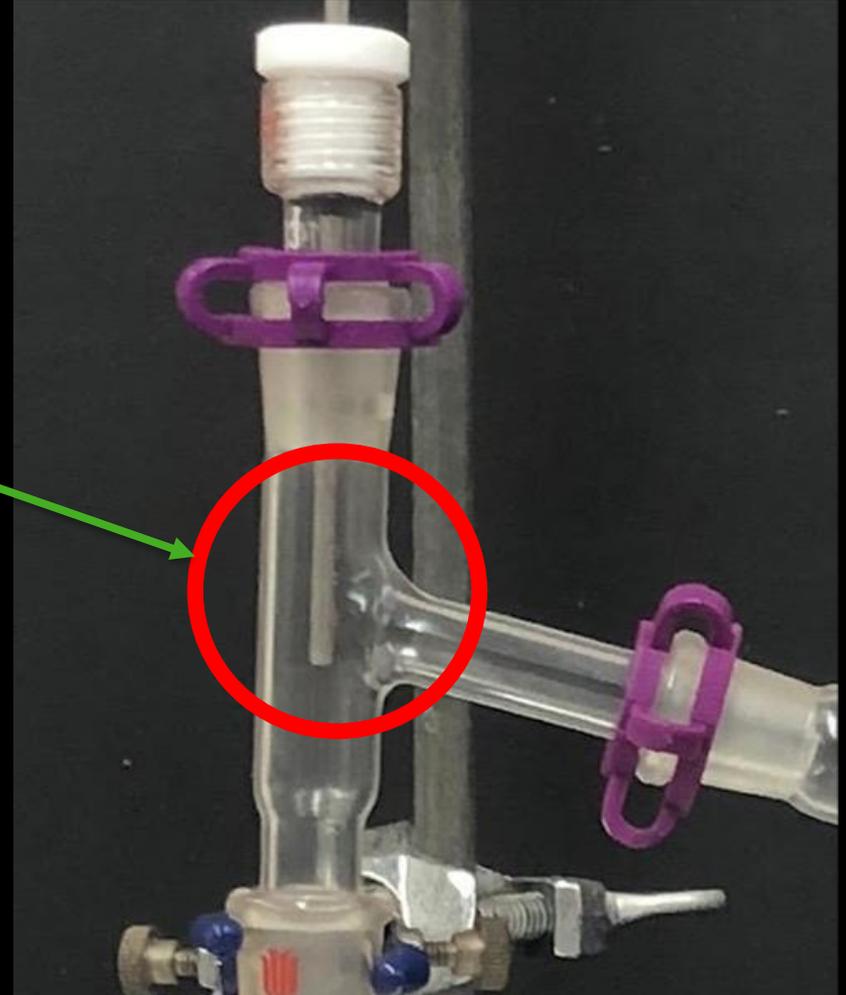


圖四、卜型管、冷凝管與圓底燒瓶位置圖

3. 於卜型管裝上血清塞，並插入電子溫度計探針，如下圖所示。



圖五、溫度計裝置圖



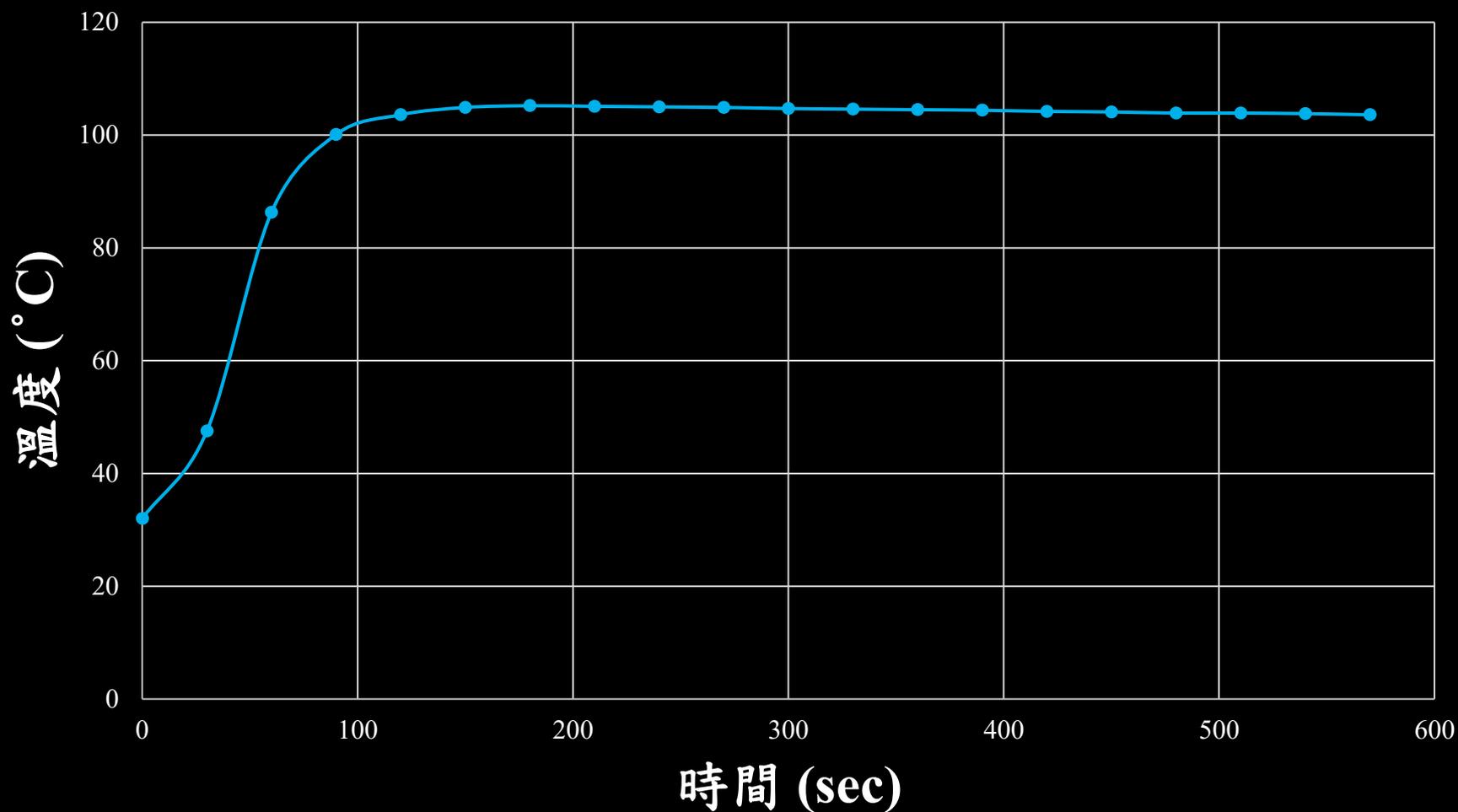
圖六、溫度計探棒位置圖

4. 完成蒸餾裝置，如圖七所示。



圖七、完成蒸餾裝置

5. 將燒瓶中的水加熱至**沸騰**時，記下溫度計的讀數，
每隔**30 秒**紀錄一次，至溫度不變為止。



(二) 環己烷凝固點的測定

1. 先將小試管洗淨後，放在燒杯中稱重，紀錄精確重量。再於小試管內加入約 **13.0 mL** (約 10 g) 環己烷，秤重、記錄精確重量一次。
2. 在冷卻用的 500 mL 燒杯中放入水及冰，**冰浴需高於小試管內液面高度**。
3. 冷卻過程中以一秒一次的速度，上下攪拌管內液體以防止凝固；當溫度降至 **10°C** 時，約 **15 秒** 紀錄一次溫度。當溫度穩定不變時，再持續記錄 **1~2 分鐘**。

環己烷凝固點的實驗裝置

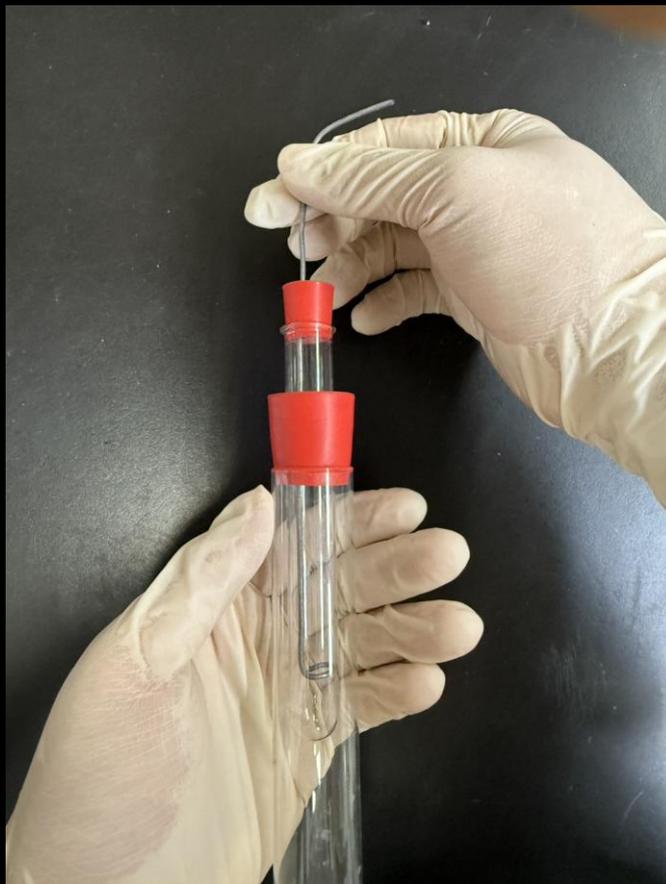
4. 將小試管放入大試管中，如圖八所示。



圖八、凝固點測量實驗裝置

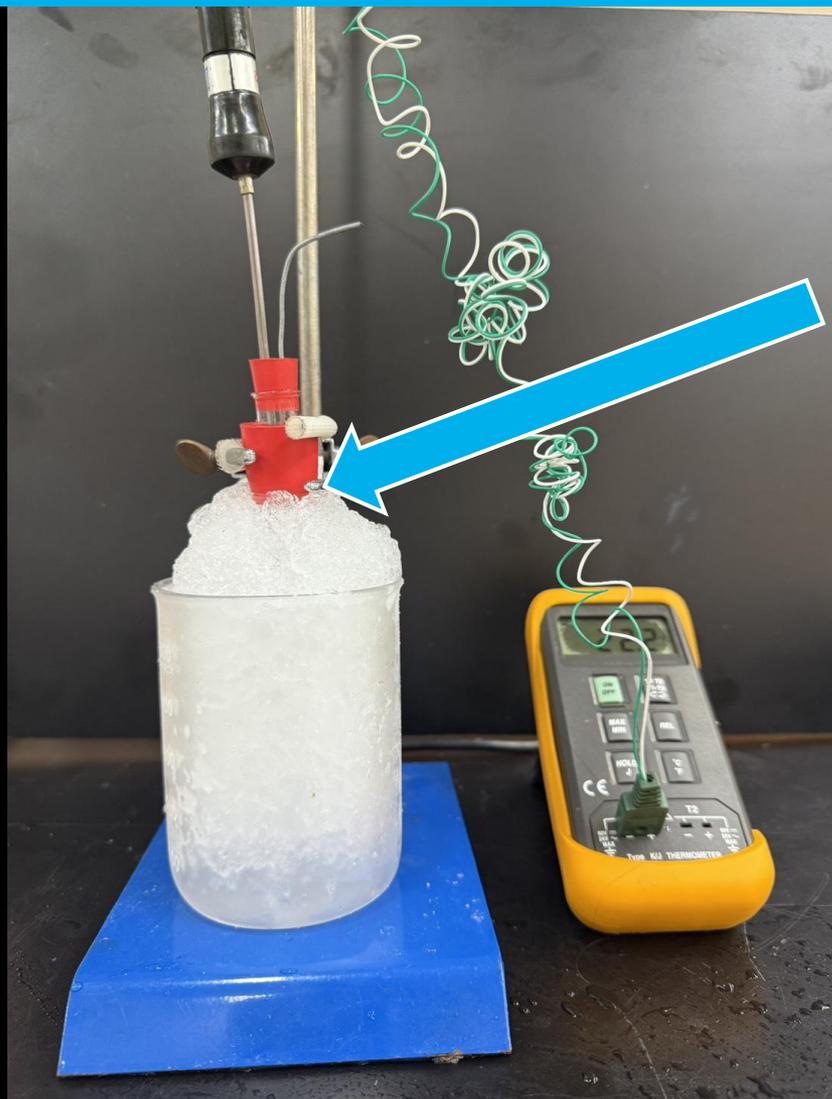
環己烷凝固點的實驗裝置

5. 用塞子固定小試管，並將攪拌鋼絲與雙孔橡皮塞放入小試管中，如圖九所示。



圖九、凝固點測量實驗裝置

6. 將大試管放入冰浴中，再插入電子溫度計即完成裝置，如圖十所示。

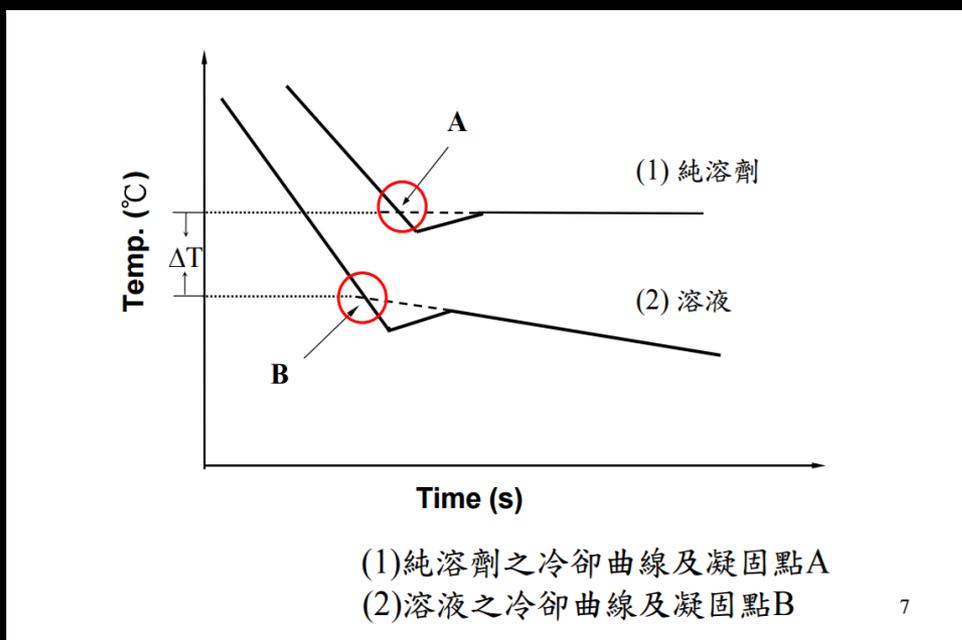


冰浴高度必須高於液面

圖十、完成架設裝置

(三) 含未知物環己烷溶液凝固點的測定

1. 稱取約 **0.100 g** 的未知物，並記錄精確重量，再全部加入於前述環己烷中。以攪拌鋼絲攪拌使未知物完全溶解，然後測定混合溶液冷卻過程之溫度變化；當溫度呈穩定緩慢下降時，再持續記錄 **1~2 分鐘**。



圖十一、純溶劑與混和溶液冷卻曲線

五、注意事項

1. 加熱前先檢查油浴鍋內是否有雜質、氣泡(水)或沉澱物若有，通知助教，移除它，或更換新的油浴鍋。
2. 用**鐵夾固定**圓底燒瓶、蒸餾裝置，避免掉入油浴鍋，使用時要小心別夾破玻璃器材。實驗過程中要是有圓底燒瓶掉到油浴鍋，立即關閉加熱板和遠離它並通知助教。
3. 使用油浴鍋加熱時要注意加熱板的溫度不可以太高，不可使油浴鍋有沸騰現象。
4. 組裝內外管時須使用**棉手套或抹布包覆**試管，並小心將橡皮塞組裝上去，避免用力過度捏碎玻璃導致受傷。

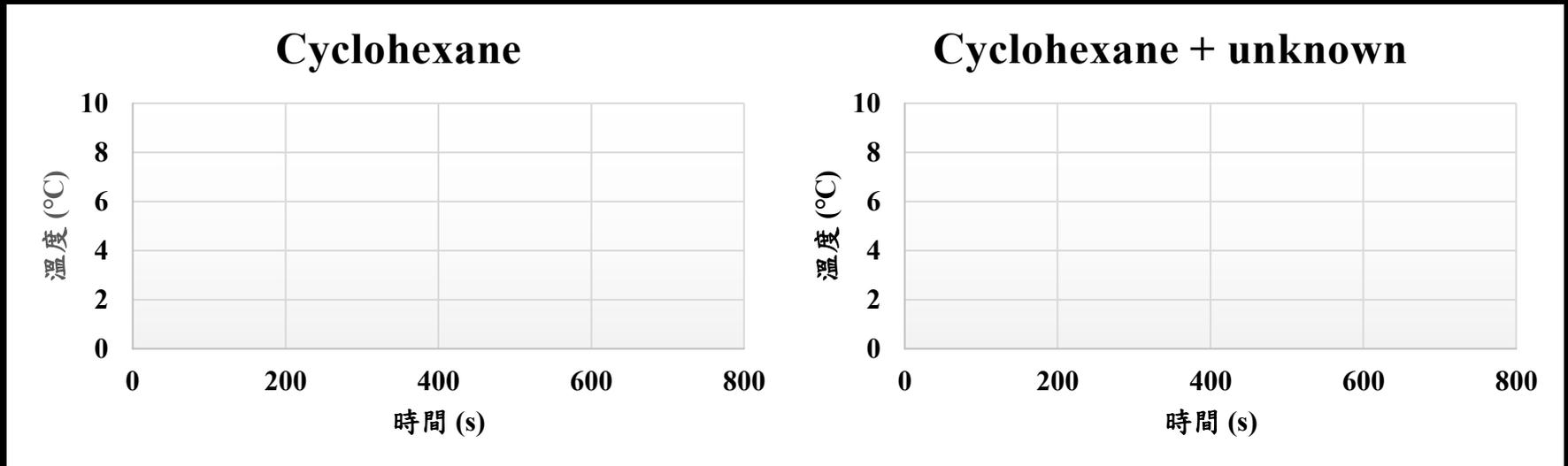
五、注意事項

5. 環己烷為可燃有機溶劑，實驗後請倒於廢液桶中。
6. 實驗進行中，務必要穿著實驗衣，並戴護目鏡、手套和口罩。
7. 本實驗中所有藥品皆具有毒性以及一定的危險性，因此在操作本實驗時請謹守實驗室安全規範及助教指示，以確保安全。
8. 所有藥品及實驗器具皆不能帶出實驗室。

六、實驗數據與結果

實驗當下室壓	mmHg
環己烷重量	g
未知物重量	g
室壓下水沸點測定值(T_b)	°C

實驗結果 (二)



當時氣壓下環己烷凝固
點測定值 $T_f = \underline{\quad}^{\circ}\text{C}$

當時氣壓下環己烷+未知物
凝固點測定值 $T_x = \underline{\quad}^{\circ}\text{C}$

實驗結果 (一)

水當時氣壓下的沸點

室壓： _____ mmHg

$$\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \frac{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)\Delta H}{2.303R}$$

其中 T_1 、 T_2 分別為壓力是 P_1 、 P_2 時的沸點（絕對溫度）， H 為水的莫耳汽化熱（9702 cal/mol）， R 為理想氣體常數（1.987 cal/mol·K）。計算本次實驗在室壓下，水的沸點變化為多少？在本實驗中可否忽略之？

$T_{b0} =$ _____ K = _____ °C

求環己烷當時氣壓下的凝固點

室壓：_____ mmHg ΔH ：環己烷—莫耳凝固熱

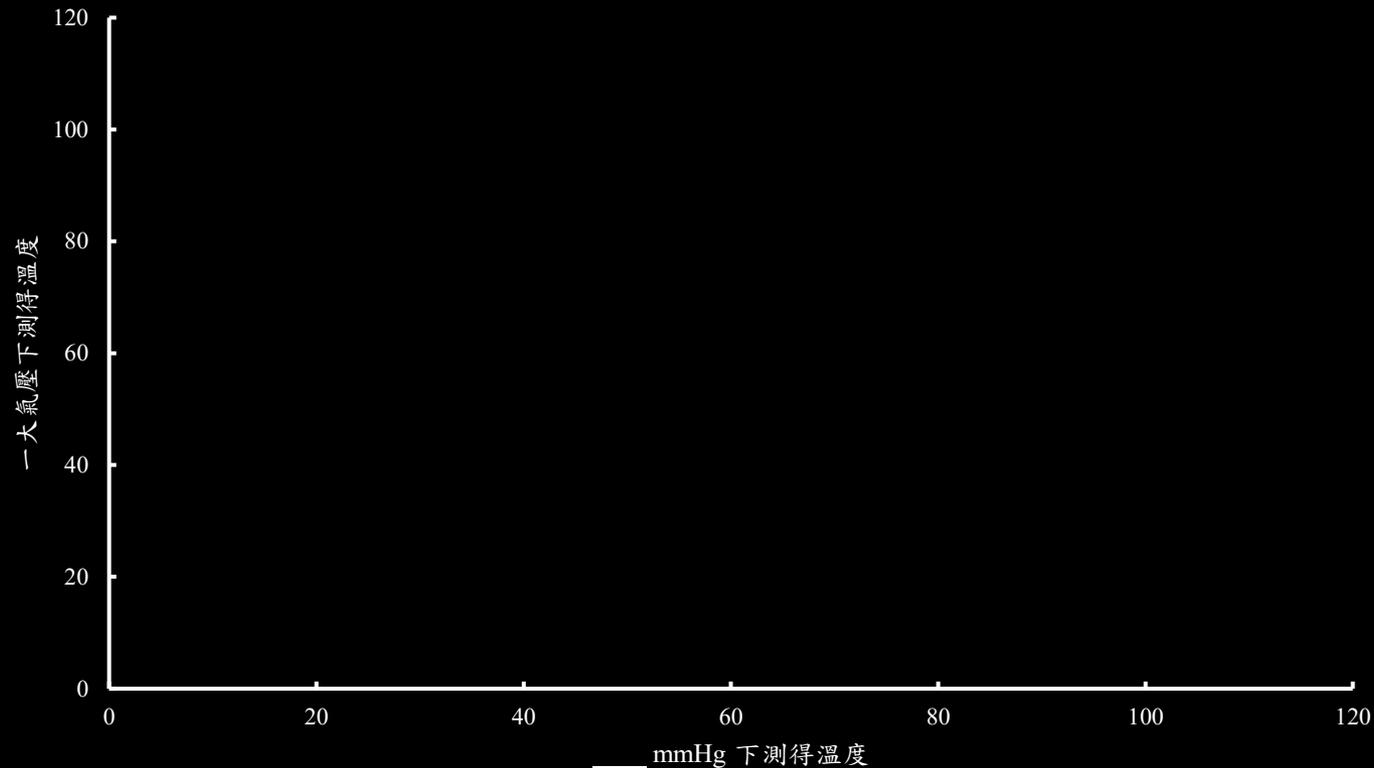
單位換算：

$$\Delta H = 31.69 \text{ kJ/kg} = \text{_____ cal/mol}$$

$$T_{f0} = \text{_____ K} = \text{_____ } ^\circ\text{C}$$

實驗結果 (三)

溫度計校正直線



一大氣壓下水沸點溫度 99.98°C ; ___ mmHg 下沸點 ___ $^{\circ}\text{C}$

一大氣壓下環己烷凝固點溫度 6.47°C ; ___ mmHg 下凝固點 ___ $^{\circ}\text{C}$

實驗結果 (四)、(五)

含未知物環己烷溶液凝固點校正值

$$y = mx + b$$

溶液凝固點下降

$$\Delta T_f = 6.47 - y = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } ^\circ\text{C}$$

實驗結果 (六)

$$M_w = (K \times 1000 \times a / b) / \Delta T$$
$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ g/mol}$$

$$\text{誤差} : | (122.48 - M_w) | \div 122.48 \times 100 \%$$
$$= \underline{\hspace{2cm}} \%$$

七、問題與討論

1. 室壓為 760 mmHg 時，水沸點為 100°C (373.15 K)

當室壓改變、水的沸點亦隨之變化，可以計算：

$$\log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) = \frac{(1/T_2 - 1/T_1) \Delta H}{2.303 R}$$

其中 T_1 、 T_2 分別為壓力是 P_1 、 P_2 時的沸點 (絕對溫度)， ΔH 為水的莫耳汽化熱 (9702 cal/mol)， R 為理想氣體常數

(1.987 cal/mol·K)。計算本次實驗在室壓下，水的沸點變化為多少？在本實驗中可否忽略之？

2. 凝固點下降是溶液的依數性質之一，可用於測量未知物之莫耳量。由於環己烷之重量莫耳濃度凝固點下降常數($20.0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$)很大，是常使用之溶劑。若欲使用本實驗方法測定醋酸鈉的莫耳質量，是否可行？又為了增加量測精確度，本實驗之未知物取量(約 0.1 g)是否可增加為 $1\sim 5\text{ g}$ ？試說明之。

3. 本實驗中溶液的凝固點是由冷卻曲線作圖而得，為什麼以冷卻曲線與凝固曲線的交點為凝固點？試述其意義。

4. 為什麼實驗中要使用非電解質的溶質呢？

5. 為何實驗中需量測當下的室溫及氣壓?以及壓力對於物質沸點及凝固點的影響為何呢?

國立中正大學化學暨生物化學系

教材製作：郭名軒 助教

教材編修：連品源 助教

指導老師：于淑君 教授

製作日期：114.08.23

評分標準

1. 兩部分誤差都 $\leq 5\%$ 達85分
2. 只有一部分誤差 $\leq 5\%$ 達80分
3. 兩部分誤差都 $\leq 10\%$ 達75分

需要的藥品及器材

所需藥品：

環己烷： $13 \text{ (mL)} \times 28 \times 5 \times 1.5 = 2.73 \text{ L}$

苯甲酸： $0.1 \text{ (g)} \cdot 28 \times 5 \cdot 1.5 = 21.00 \text{ g}$

目前藥品庫存：

環己烷：約剩 2.7 L，需購買。

苯甲酸：約剩 950g，不需購買。

廢液：

環己烷：2.73 L

為甚麼需要校正溫度計？

Ans:

1. 精確性和可靠性：未經校正的溫度計可能會不準確，無法提供精確的溫度測量值，這對很多應用來說是不可接受的。
2. 標準化：校正確保不同溫度計之間的一致性，使得測量結果可比較並符合標準化要求。
3. 調整環境因素：溫度計的校正可以調整環境因素，如大氣壓力或海拔高度的變化，以確保測量的一致性。