

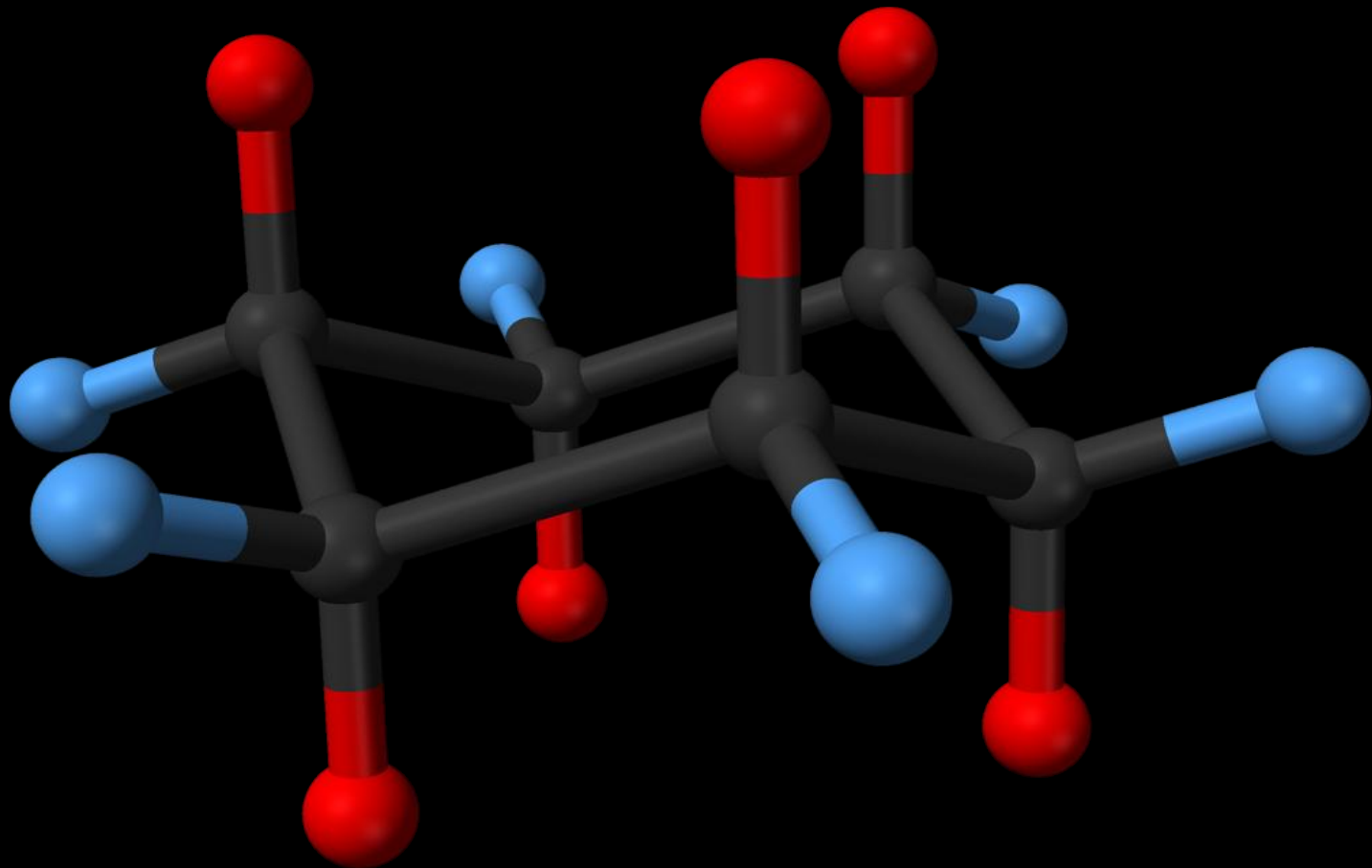


國立中正大學

National Chung Cheng University



積極創新 修德澤人



115-1

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)

115.12.06 ~ 115.12.12 (預估操作時間：1.5 ~ 2 小時)

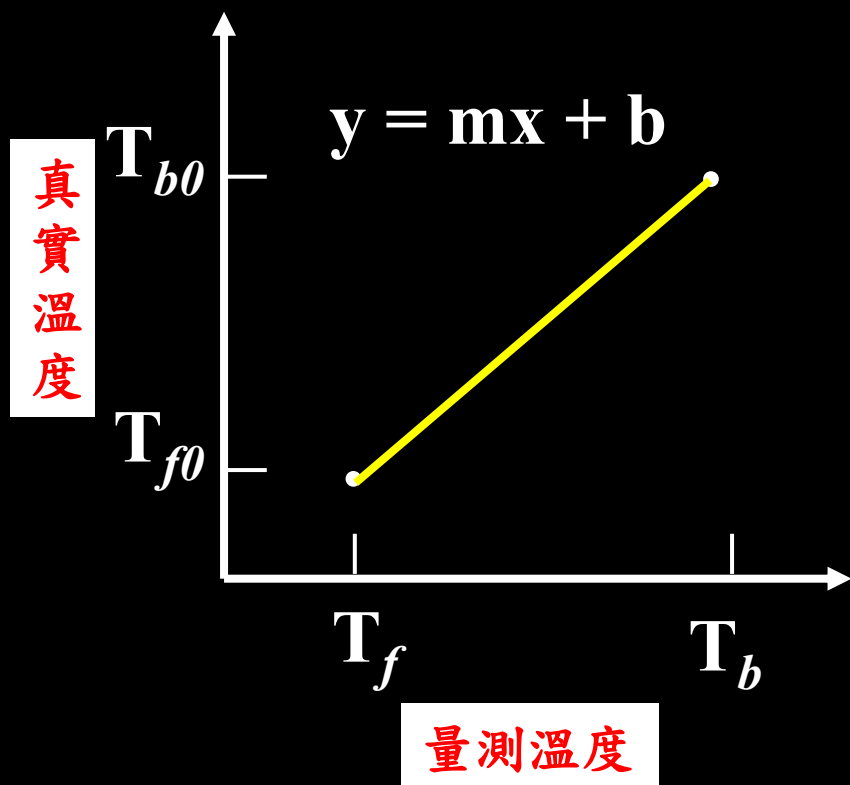
一、目的

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

磁石

燒杯 (500 mL)

油浴鍋

大廣用鐵夾 (2個)

小廣用鐵夾

雙孔橡皮塞

單孔橡皮塞

電子加熱攪拌器

助教提供

橡膠管 (2條)

電子數字型溫度計

大試管 (25 mm)

小試管 (15 mm)

圓底燒瓶 (2個)

塑膠套環 (4個)

攪拌鋼絲

蒸餾裝置

藥品

環己烷(C_6H_{12}) ***

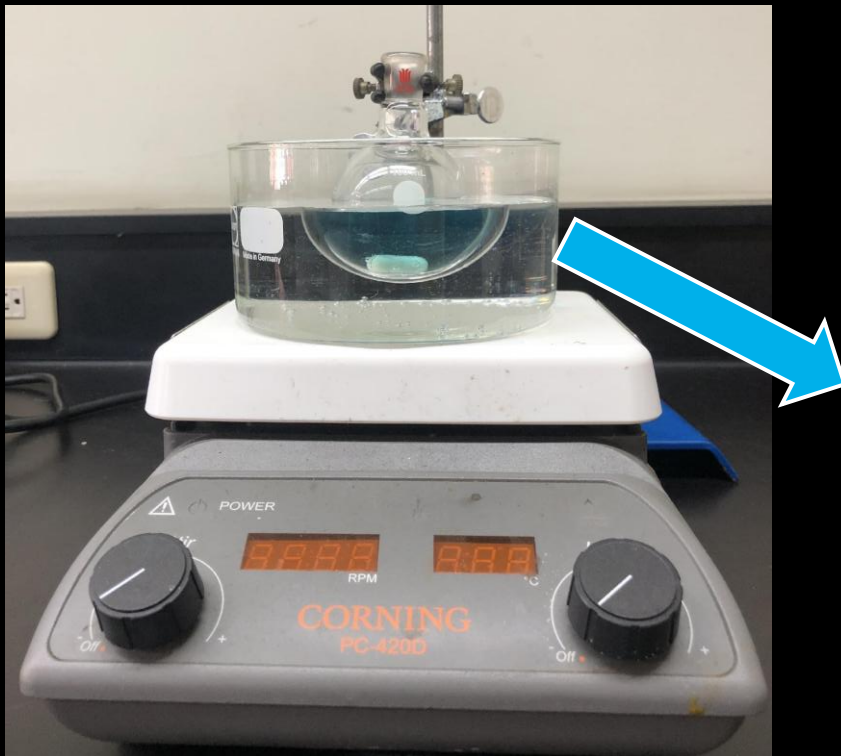
未知物 ***

* : 具有易燃性 * : 具有毒性 * : 具有刺激性

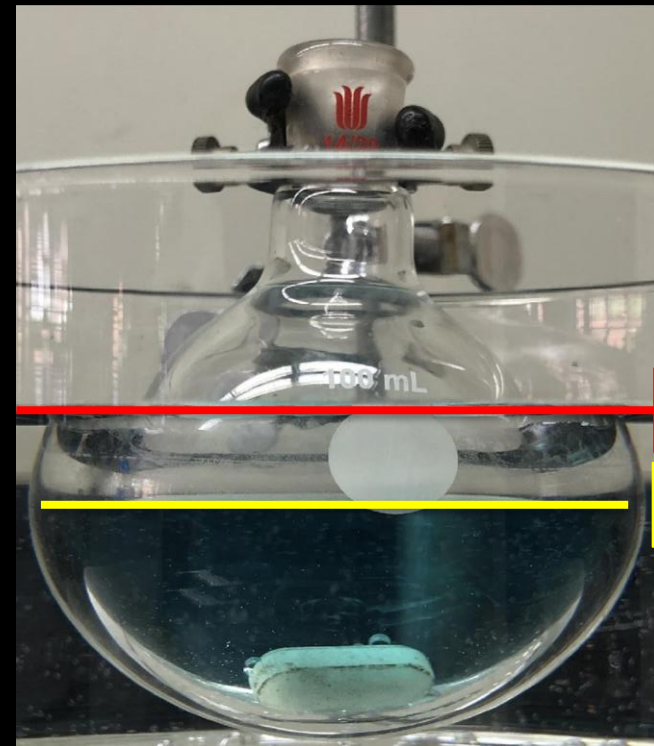
四、實驗步驟

(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

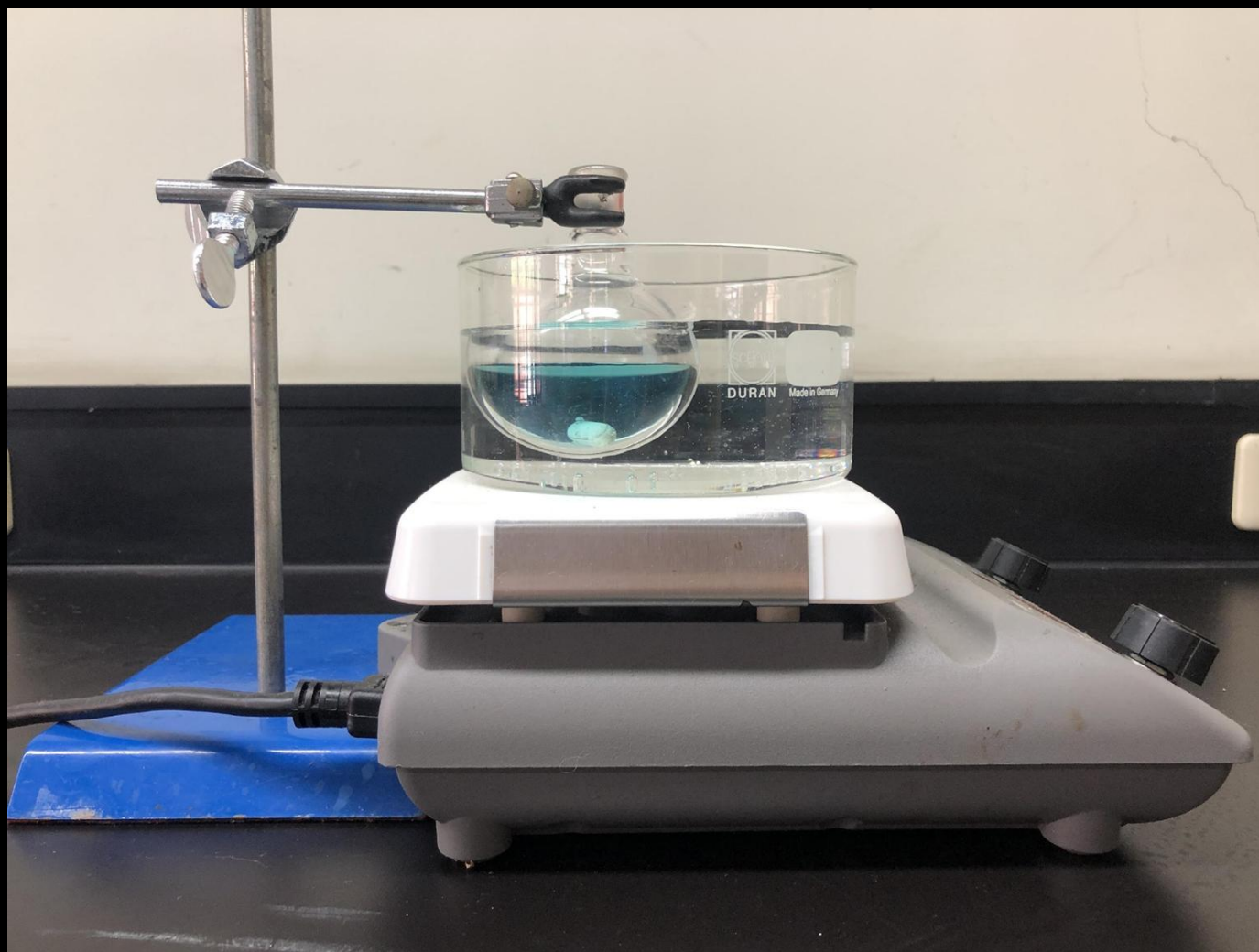


矽油高度

液面高度

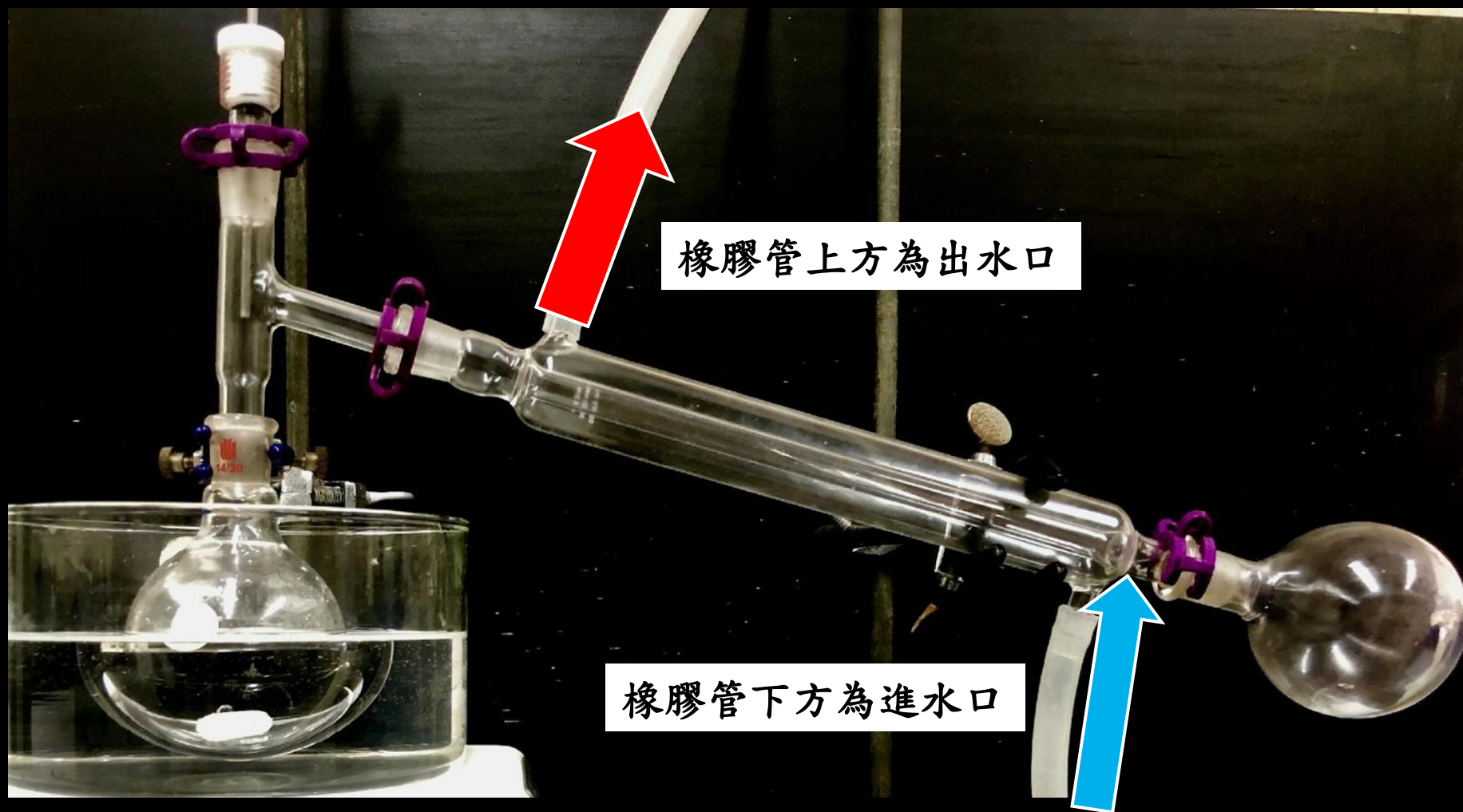
圖二、放大圖

(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. 分別裝上卜型管、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。

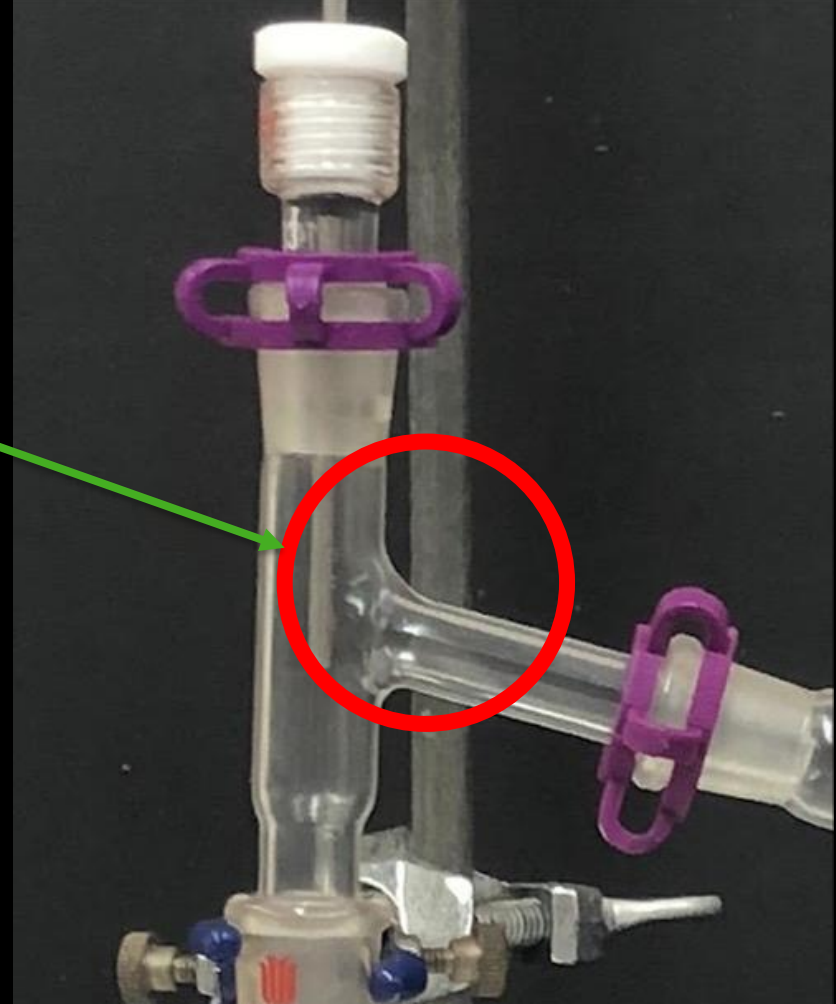


圖四、卜型管、冷凝管與圓底燒瓶位置圖

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



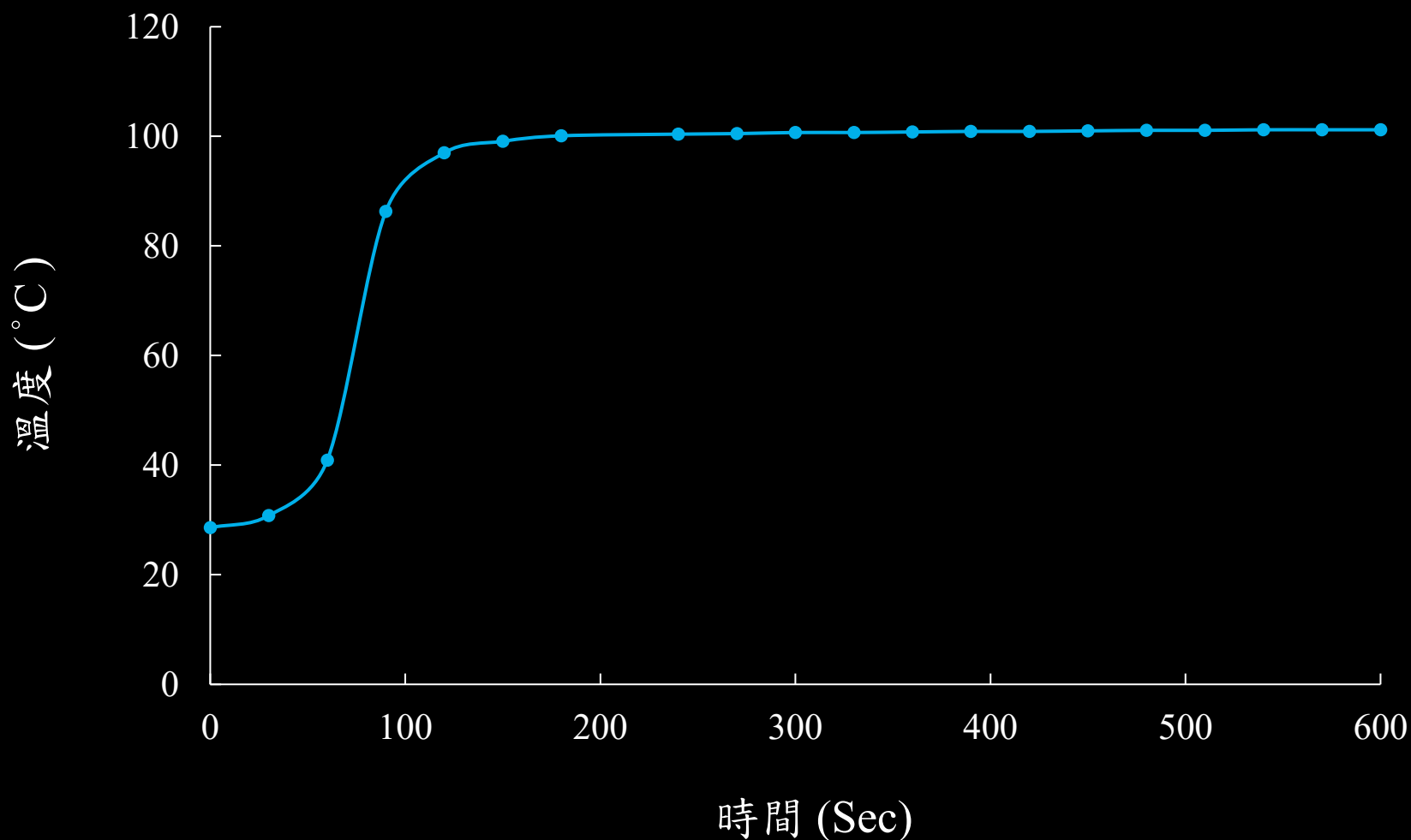
圖六、溫度計探棒位置圖

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，並將攪拌銅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。

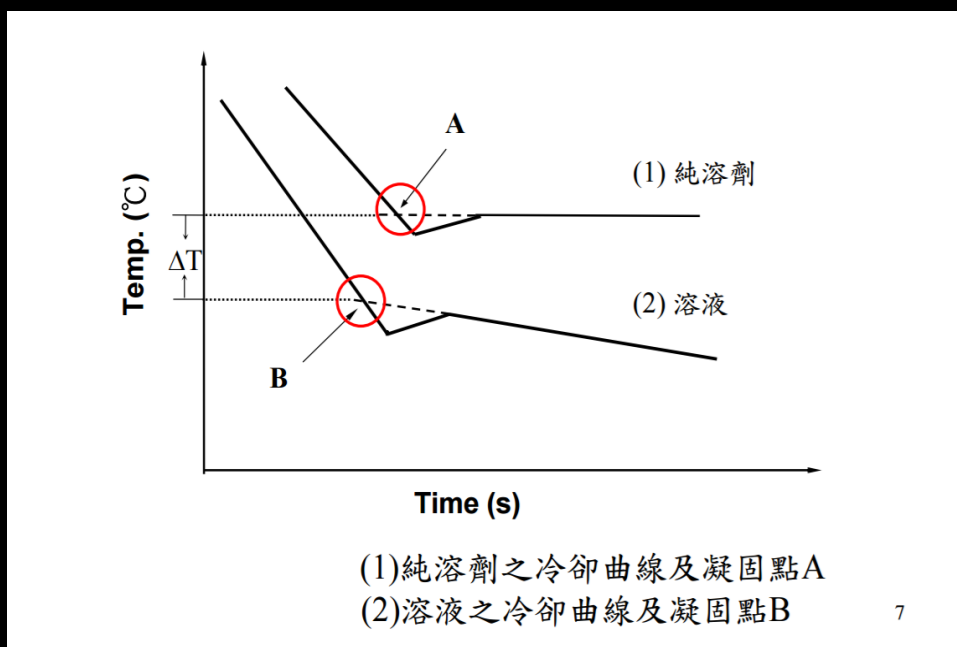


圖十、完成架設裝置

冰浴高度必須高於液面

(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、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（一）

水當時氣壓下的沸點

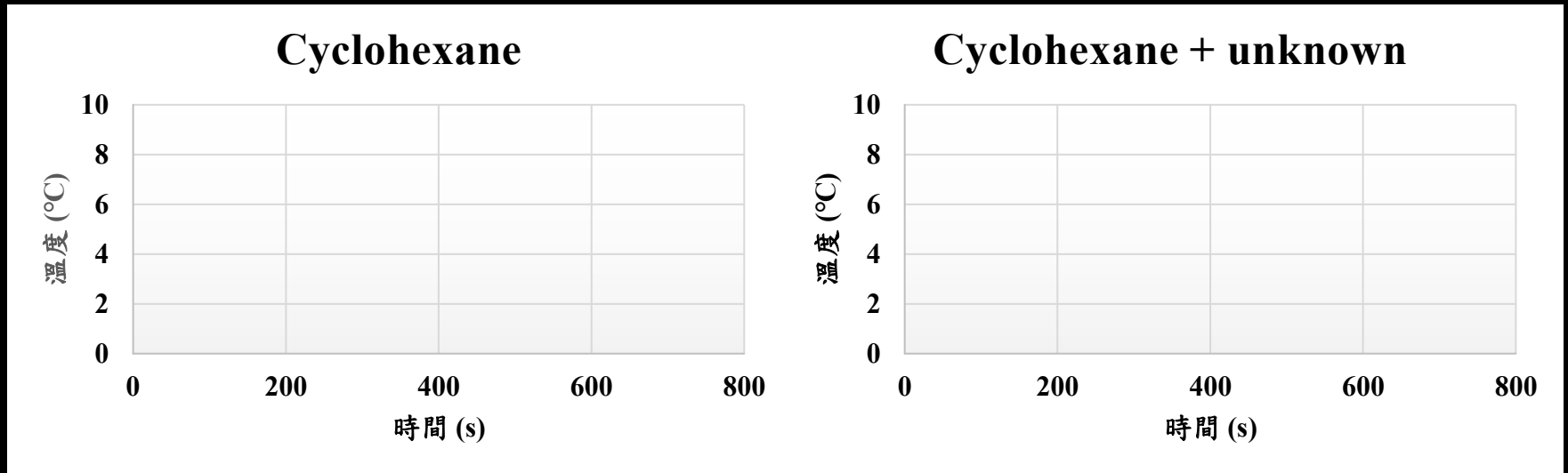
室壓：_____ mmHg

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

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

實驗結果 (二)



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

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

求環己烷當時氣壓下的凝固點

室壓：_____ mmHg

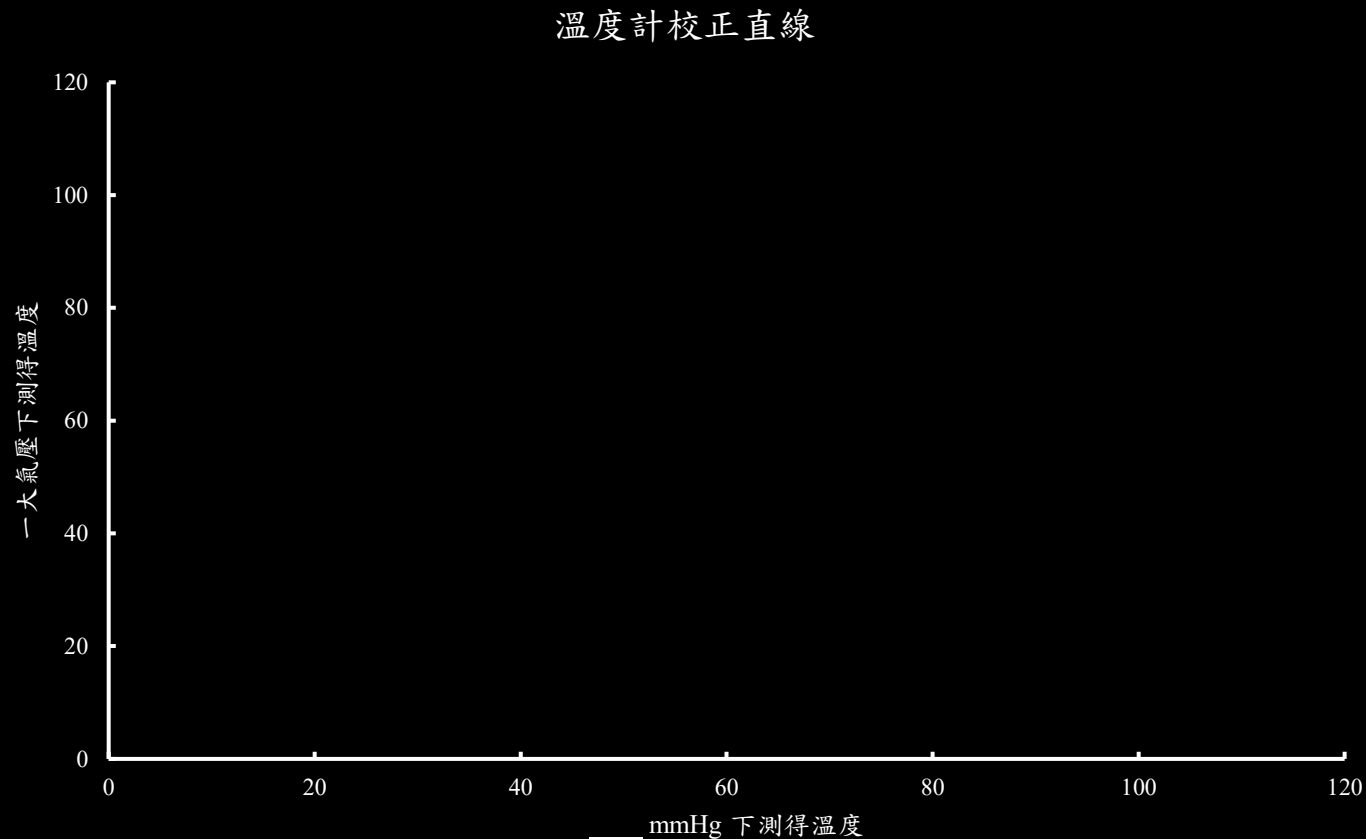
ΔH ：環己烷一莫耳凝固熱

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)



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

$$\Delta T_f = 6.47 - y = \text{_____}^{\circ}\text{C}$$

實驗結果 (六)

$$M_w = (K \times 1000 \times a / b) / \Delta T$$
$$= \text{_____ g/mol}$$

$$\text{誤差} : | (122.48 - M_w) | \div 122.48 \times 100 \%$$
$$= \text{_____} \%$$

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. 本實驗分別測定純環己烷與加入未知物後之環己烷溶液的冷卻曲線。實驗中可觀察到，純環己烷在開始凝固後，溫度變化會趨於平緩，相較之下，含未知物的環己烷溶液在開始析出固體後，溫度仍會隨時間持續緩慢下降。說明兩者冷卻曲線呈現不同變化趨勢的原因。

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：蕭世楷 助教

指導老師：于淑君 教授

製作日期：115.08.29