

## 溫度計之校正及可溶性物質分子量之測定

- 國立臺灣大學化學系，大學普通化學實驗，第十二版，國立臺灣大學出版中心：台北，民國九十七年。
- 版權所有，若需轉載請先徵得本系同意；疏漏之處，敬請指正。
- 臺大化學系普化教學組余瑞琳講師（2008.10.7）、林哲仁助教（2011.07.28）。

一、目的：從含有非電解質、非揮發性溶質的稀薄溶液凝固點的測定，決定溶質的分子量。

二、實驗技能：學習藥品稱量、簡單蒸餾、定量液體分注器使用、室壓量測及電子數字型溫度計的使用與校正等實驗技能。

三、原理：

(一) 溫度計的校正

一般溫度計的讀值與真實溫度略有差異，因此在精密測量時應預作刻度校正。由於在定壓下許多純物質相（phase）的改變都在定溫下進行，例如水在 760 mm-Hg 下的沸點是 100 °C（373.15 K），凝固點是 0 °C（273.15 K），故可利用這種定溫的特性校正溫度計。首先，假設某溫度計的讀值，在一純物質的沸點和凝固點的溫度範圍內，與真實溫度成一直線關係，即

$$y = mx + k \quad (1)$$

其中  
y：真實溫度值  
x：溫度計讀值  
m、k：常數

若實際測量此純物質的沸點（ $T_b$ ）、凝固點（ $T_f$ ），並用這量測值配合該物質的真實沸點（ $T_{bo}$ ）、真實凝固點（ $T_{fo}$ ）作圖，如圖 1，即可求得上述校正直線中的常數 m、k。往後，當使用這一溫度計測量溫度時，只須將測量所得之溫度值代入校正直線方程式，即可獲得真實溫度。

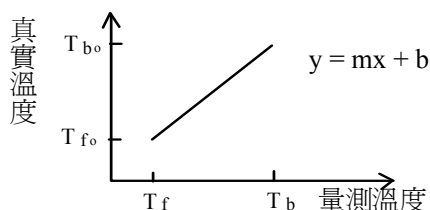


圖 1 溫度計校正直線

## (二) 可溶性、非揮發性物質分子量的測定

依拉午耳定律 (Raoult's law)，理想溶液在定溫下，溶液的蒸氣壓 ( $P_1$ ) 等於純溶劑的蒸氣壓 ( $P_1^\circ$ ) 與該溶劑在溶液中莫耳分率 ( $X_1$ , mole fraction) 的乘積：

$$P_1 = X_1 \cdot P_1^\circ \quad (2)$$

因此，與蒸氣壓有關的溶液之沸點、凝固點、滲透壓等性質，會隨溶劑與溶質的比例而變化。例如，稀薄溶液的沸點上升或凝固點下降 ( $\Delta T$ )，與溶液中所含非揮發性溶質的重量莫耳濃度 ( $m$ ) 成正比，而溶質的分子量 ( $M_w$ ) 與  $\Delta T$  的關係如下：

$$\Delta T = K \cdot m \quad (3)$$

$$m = \frac{\frac{a}{M_w} \times 1000}{b} \quad (4)$$

$$M_w = \frac{K \cdot 1000 \cdot \frac{a}{b}}{\Delta T} \quad (5)$$

其中  $K$ ： $K_b$ ，重量莫耳沸點上升常數或

$K_f$ ，重量莫耳凝固點下降常數

$a$ ：溶液中所含溶質重量 (克)

$b$ ：溶液中所含溶劑重量 (克)

測定含定量非電解質、非揮發性溶質的稀薄溶液凝固點下降，就可決定溶質的分子量。在本實驗中所使用的溶劑為環己烷 (cyclohexane,  $C_6H_{12}$ )，凝固點為  $6.47^\circ C$ ，重量莫耳凝固點下降常數為  $20.0^\circ C/m$ 。

## (二) 凝固點之決定

純環己烷及含未知物環己烷溶液之凝固點由冷卻曲線作圖決定，如圖 2。

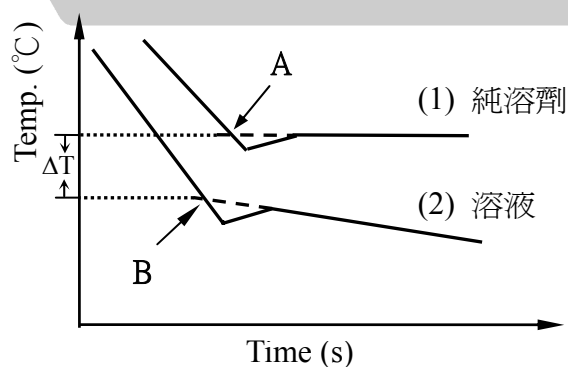





圖 2 (1)純溶劑之冷卻曲線及凝固點 A  
(2)溶液之冷卻曲線及凝固點 B

四、儀器與材料：電子數字型溫度計、凝固點測定裝置、塑膠燒杯（1 L）、蒸餾裝置、酒精燈、碼錶、沸石（zeolite）、擋風板、火柴、冰。

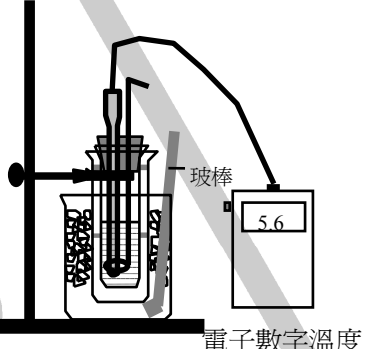


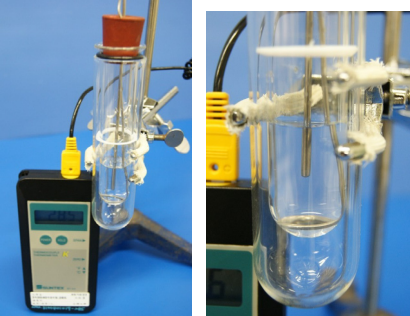
五、藥品：環己烷（ $C_6H_{12}$ ）、酒精（ $CH_3CH_2OH$ ）、未知物。

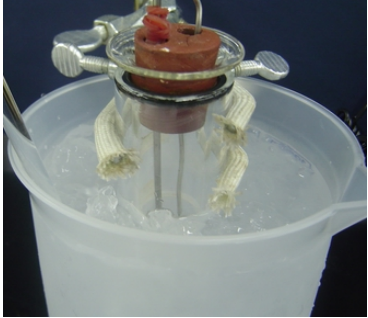
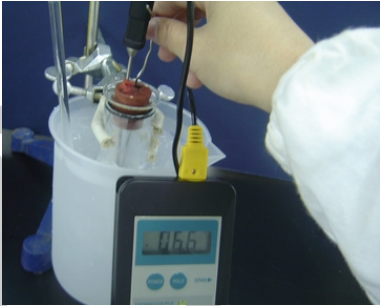

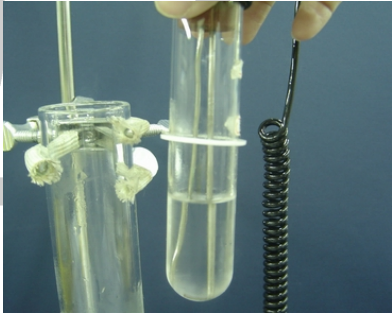
六、實驗步驟：

步驟	示範
<b>（一）水沸點的測定－蒸餾</b>	
<p>1. 使用 25 mL 圓底蒸餾瓶裝入約五分滿的水及 2~3 粒沸石（防止突沸），以小廣用夾夾住瓶口固定於鐵架，讓蒸餾瓶置於加熱板上的砂浴鋼杯中。</p> <p>再依序裝接三叉連接管、血清瓶塞與溫度計、冷凝管（含橡皮管）、連接彎管及圓底接收瓶。</p> <p>註 1：以廣用夾分別固定蒸餾瓶、冷凝管及接收瓶。</p> <p>註 2：各磨砂接口需確實密合連接並以磨砂口夾扣緊，避免掉落；儀器的架設要垂直，不可歪斜。</p> <p>註 3：測溫棒的前端需放置在三叉支管下沿約 0.5~1 cm 的位置，以正確測定沸點；每次重新加熱須加入新的沸石。</p> <p>註 4：橡皮管先沾水以便利裝接到冷凝管上，裝接深度需足夠，以避免水壓太大時橡皮管脫落。開始加熱前，讓整支冷凝管先充滿水，再將冷卻水關小以節省用水。注意：冷卻水是由冷凝管下方進入，溫水由上方流出。</p> <p>註 5：簡單蒸餾之操作，參考實驗技能與示範影片。</p>	 <p style="text-align: center;">蒸餾裝置</p>   <p style="text-align: center;">溫度計位置</p>

	<p>加入適量海砂於砂浴鋼杯中，開啓加熱板之加熱電源，讓蒸餾瓶中的水均勻加熱至沸騰，記下溫度計的讀數，每隔 30 秒記錄一次溫度，</p> <p>2 至溫度呈穩定不變爲止。停止加熱，並於裝置冷卻後，拆卸整組裝置，回收海砂與沸石。</p> <p><b>注意：電線與橡皮管不可接觸到高溫的加熱板板面，以免受熱損毀。</b></p>	
--	---	--

## (二) 環己烷凝固點的測定

<p>3.</p>	<p>凝固點測定裝置，包括二支互相套合的玻璃大試管及兩個塑膠環。</p>	
<p>4.</p>	<p>先將內試管洗淨、烘乾、冷卻後，放在 250-mL 燒杯中稱重，記錄精確重量。</p>	
<p>5.</p>	<p>使用定量液體分注器加入 13 mL 環己烷(約 10 g)，再稱量並記精確重量一次。</p>	
<p>6.</p>	<p>將裝有環己烷之內試管，外壁擦拭乾淨，外套二個塑膠環，再放入大試管中（藉塑膠環固定內試管的位置）。調整攪拌鋼絲使能圍繞溫度探測棒並便利攪拌，溫度探測棒放在溶液的中央位置。</p>	

7.	冷卻用的塑膠大燒杯中放入水及冰（體積比約為 1:2），冰水浴需高於試管內液面高度。	
8.	冷卻過程中以一秒一次的速度，上下攪拌管內液體，並時時用玻棒攪拌冷卻系統；當溫度降至 10°C 時，每 15 秒記錄一次溫度，記錄至小數點下第二位。當溫度成穩定不變時，再持續記錄 1~2 分鐘。	
<b>（三）含未知物環己烷溶液凝固點的測定</b>		
10.	<p>取出內試管，稱取約 0.1 g 的未知物，記錄精確重量，再全部加入內試管中與純環己烷混合，以攪拌鋼絲攪拌使未知物完全溶解。將試管外壁擦拭乾淨（需確實沒有水氣）放入大試管中，然後重覆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。</p> <p>註：未知物需完全加入溶液中並確定完全溶解；冷卻過程開始前應重新更換冰水浴。</p>	 
11.	環己烷為易燃有機化合物，實驗後請倒於回收桶中。	