

113學年度高級中等學校數理及資訊學科
能力競賽複賽

化學科實驗試題

【高雄中學】

日期：113年11月15日

編號：_____號(號碼衣的號碼)

總分：_____分

【本競賽試題連同封面計8張】

113學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽化學科筆試試題

【高雄中學】

題目：膽固醇液晶

注意：

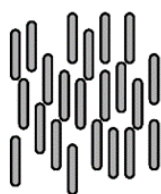
1. 進入實驗競賽場地，請著實驗衣。
2. 請所有同學在操作實驗時，一定要全程穿實驗衣、戴手套及護目鏡，請勿穿短褲和拖鞋。
3. 檢查您的桌上藥品及器材是否齊全，若不齊全，請舉手請評審老師補齊；若已齊全，請坐好，靜待評審老師宣佈實驗開始。

壹、說明

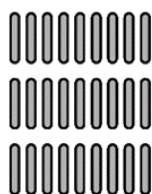
此實驗旨在調配不同比例的膽固醇酯類混合物，觀察其光學性質與溫度的關係。對於某些特殊的純物質或混合物，在固相和液相之間有一特殊的液晶相存在。處於液晶相的物質雖如液體般具有可流動的性質，但其分子卻非如一般液體中無規則地任意排列，而是類似結晶固體般有特殊的排列分佈規則，也造成了特殊的光折射、散射、旋光性質，此物質狀態稱之為液晶（Liquid crystal）。

以長棒狀的液晶材料分子為例，常見的液晶相分子排列方式大致可分為三種：

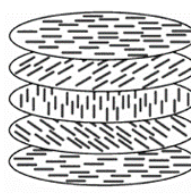
1. 向列型（nematic）：向列相是最早應用的液晶相，長棒狀分子順著其分子長軸方向相互平行排列，但每一分子均仍可在長軸方向上自由滑動。
2. 層列型（smectic）：分子排列成層狀構造，同一層內的分子為平行排列，分子層間作用力較弱而可相互滑動。
3. 膽固醇型（cholesteric）：由掌性化合物（chiral compound）構成，分子排列成層狀構造，同一層內的分子其長軸和層面平行。在相鄰的兩層中，分子的長軸方向會規則性地旋轉一定角度，層層旋轉堆疊下來形成一個螺旋狀的排列結構。兩個平面中分子長軸的方向相同時，這兩平面之間的距離稱為一個螺距（pitch），而螺距隨溫度上升而變小。



相列型



層列型



膽固醇型

膽固醇的酯類化合物於 19 世紀末被發現，在加熱為液態，然後冷卻至特定溫度範圍可表現出特殊且和溫度密切相關的光學性質，是最早被發現與研究的液晶材料。不同的膽固醇的酯類化合物因分子形狀與分子間作用力強弱不同，而使其液晶相的性質有些差異。本實驗將觀察不同組成比例的膽固醇的酯類化合物混合物液晶相的變色溫度。

貳、藥品

編號	名稱	數量
1.	油基碳酸膽固醇酯 (Cholesteryl oleyl carbonate)	1
2.	壬酸膽固醇酯 (Cholesteryl pelargonate)	1
3.	苯甲酸膽固醇酯 (Cholesteryl benzoate)	1
4.	未知混合物	1

混合物配方表：

	油基碳酸膽固醇酯	壬酸膽固醇酯	苯甲酸膽固醇酯
混合物 A	0.13 g	0.05 g	0.02 g
混合物 B	0.09 g	0.09 g	0.02 g
混合物 C	0.05 g	0.13 g	0.02 g

參、實驗器材

一、個人使用器材：

編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1.	微量刮勺	3支	8.	玻璃溫度計 (0-100 °C, 可至 1 °C)	3支
2.	電磁加熱攪拌器	1台	9.	20 mL 樣品瓶	3個
3.	磁石攪拌子	3個	10.	剪刀	1支
4.	250 mL 燒杯	3個	11.	油性簽字筆	1支
5.	無粉乳膠手套	數雙	12.	透明封箱膠帶	1卷
6.	紙巾	1包	13.	電子天秤 (可至小數點下第二位)	1台
7.	黑色色紙	1張	14.	布手套	1雙
個人安全防護用具 (護目鏡、實驗衣、塑膠手套)					每人 1 套

二、共用器材 (置於講桌上)：

1. 蒸餾水、2. 冰塊

肆、實驗步驟與記錄

1. 配製膽固醇酯類混合物 A，置入 20 mL 樣品瓶中。(室溫下，如油基碳酸膽固醇酯不易稱取，可加熱熔化以便取樣。注意：請戴布手套以防燙傷。加熱溫度勿設定超過 60°C。加熱時，請兩人共用一台電磁加熱攪拌器。)
2. 將裝有混合物 A 之樣品瓶直接放置在電磁加熱攪拌器上加熱至完全熔化為透明液體後，利用刮勺取少量混合物 A，塗在膠帶上對折密封，如圖一。(注意：請戴布手套以防燙傷。加熱溫度勿設定超過 60°C。加熱時，請兩人共用一台電磁加熱攪拌器。)



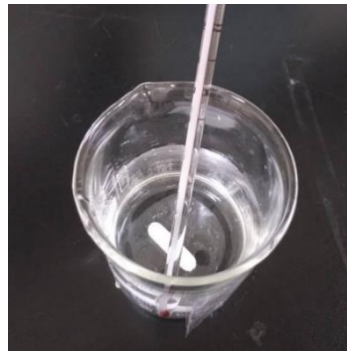
圖一：膠帶密封的混合物

3. 取一燒杯，將塗有混合物 A 的膠帶貼在燒杯外壁上，如圖二。



圖二：貼在燒杯外壁上的混合物

4. 加入適量 60 °C 的熱水在燒杯中，並置入磁石攪拌子和溫度計，如圖三。



圖三：裝有水和溫度計的燒杯

5. 冷卻熱水，冷卻過程中，可利用磁石攪拌子攪拌，使水溫度均勻。溫度降至室溫後可在水浴中加入冰水繼續降低溫度。仔細觀察混合物 A 的顏色變化，並記錄變化時之溫度。（如顏色變化不易觀察，可將黑色色紙放置樣品後方，以便觀察混合物的顏色變化。降溫不需加熱時，可一人使用一台電磁加熱攪拌器。）
6. 配製膽固醇酯類混合物 B，重覆步驟 1. 至 5.。
7. 配製膽固醇酯類混合物 C，重覆步驟 1. 至 5.。
8. 取 0.2 克未知混合物，重覆步驟 1. 至 5.。

伍、結果與討論

一、實驗結果：(60%)

	開始變色溫度 (°C)	顏色變化	型態變化
混合物 A	17-23	Clear to blue Red to white	Liquid to liquid crystal liquid crystal to solid
混合物 B	29-32	Clear to blue Red to white	Liquid to liquid crystal liquid crystal to solid
混合物 C	35-38	Clear to blue Red to white	Liquid to liquid crystal liquid crystal to solid
未知混合物	35-38	Clear to blue Red to white	Liquid to liquid crystal liquid crystal to solid

二、問題回答：(40%)

1. 請說明未知物為何者混合物？(5%)

答：混合物 C

2. 隨溫度降低，膽固醇酯類混合物共會發生幾次相變化？分別為何相變何相？（5%）
答：2次，液/液晶和液晶/固

3. 實驗中觀察到膽固醇酯類混合物的反射光與透光，其之間的顏色關係為何？（3%）
答：互補色

4. 隨溫度降低，膽固醇酯類混合物反射光顏色變化順序為何？（3%）
答：藍到紅

5. 試以分子間作用力的觀點，說明哪個膽固醇酯類化合物熔點最低？（12%）
答：油基碳酸膽固醇酯(cholesteryl oleyl carbonate)，順式不飽和脂肪酸的形狀使分子不易堆疊。

6. 試以分子間作用力的觀點，說明不同組成的膽固醇酯類混合物為何會有不同的變色溫度？（12%）

答：溫度上升使螺距隨變小，根據 Snell's Law 修正的 Bragg 條件， $\lambda = np(1 - \cos^2 \theta / n^2)^{1/2}$ ，其中 λ 是反射波長， n 是平均折射率， p 是螺距， θ 是相對於表面的角度。螺距和反射波長成正比關係。

【計算紙】