

2009 年第四十一屆國際化學奧林匹亞競賽(I) --實驗試題與評分標準(2)

第四十一屆國際化學奧林匹亞競賽臺灣代表團

肆、實作競賽試參考評分標準

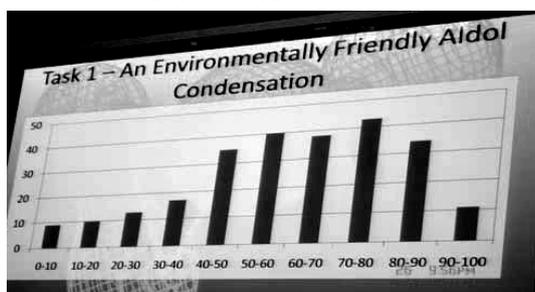
實作一(P1)：具環保識之醛醇縮合 反應

答案卷與評分

總分之 13%

1a	1
1b	1
1c	13
1d	20
1e	6
1f	1
1g	2
Total	44

(P1)250 名參賽者成績統計



a) 測定並記錄溶液的 pH 值。

所填寫之 pH 為 1 或 1~2 者可得 1 分，其餘答案為 0 分。

b) 記錄粗產物的重量

因為樣品並未全乾，所以重量通常會大於 100%，其範圍約落在 800-1000 mg (94-117%)，若答案是在此之間者，則可得 1 分，低於 400 mg 者則為 0 分。

c) 利用紫外線燈 (UV 燈) 照射薄層色層分析薄片 (TLC)，用鉛筆將 TLC 片上觀察到有 UV 吸收的暗點用畫圈圈的方式畫出來，再把 TLC 片的結果複製描繪到本答案卷上，之後將你的 TLC 片裝到標示有你代碼的夾鏈袋內。

TLC 片

1. TLC 上並無起始物，只有兩標準品與初步產物存在，且點片的量適中（無過多或過少得情形），對於展開溶液之前沿做有紀錄者，可得 2 分。
2. 起始物仍大量存在者，扣 1 分。
3. 點片的量過多或過少，但並不會干擾跑片情況者，扣 1 分。

4. 因點片的量過多或過少，而導致會干擾跑片情況者，扣2分。
5. 因點片的量過多或過少，而會有妨礙跑片情況者，則為 0分。
6. 少任何一項樣品者，扣3分。
7. 少兩項以上樣品者，則為 0分。

計算並記錄寫出兩種反應物及產物的 R_F 值。

化合物	R_F
3,4-DMBA	0.16-0.25
1-Indanone	0.34-0.43
CPA	0.11-0.20

1. 皆有記錄兩起始物與反應物之相對點，並計算出 R_F 值者，可得 6分。
2. 少紀錄任何一項化合物與其 R_F 值者，扣2分。
3. 雖然皆有記錄兩起始物與反應物之相對點，並且也計算出 R_F 值，但因為跑片過長而導致超出範圍，或是學生對於展開溶液之前沿標記錯誤者，扣3分。
4. 雖然皆有記錄兩起始物與反應物之相對點，但因為其超出範圍，而導致無法計算 R_F 值者，扣4分。

總共 6 分

d) 記錄純產物的重量。

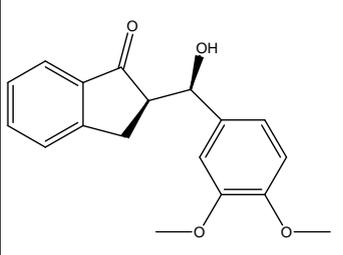
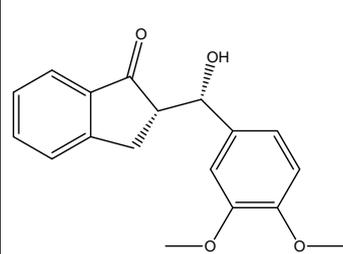
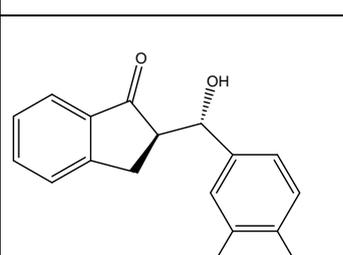
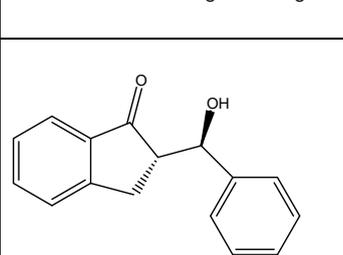
樣品稱重是由大會人員進行，在烘乾前或後 1 小時，皆是存放在真空乾燥器中，之後將會用 ^1H 與 ^{13}C NMR 進行樣品純度確認。

1. 經過真空乾燥器一小時後，實際產率達 60% 以上，且其可全溶於 CDCl_3 ，最後經 ^1H 與 ^{13}C NMR 驗證後，無其他雜訊存在者，可得 20分。
2. 情形皆與 1. 相同，只是其將濾紙一並交出，導致產率不正確的提升者，則得 10分。
3. 情形皆與 1. 相同，但是經過真空乾燥器一小時後，實際產率只達 0% ~60% 者，則是 按比例給分 (0~20分)。
4. 若無法全溶於 CDCl_3 者，則為 0分。
5. 若經 ^1H 與 ^{13}C NMR 驗證後，有其他雜訊存在者，則為 0分。

e) 產物 A 的分子式可能是 $\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{O}_4$ 或 $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_3$ 。

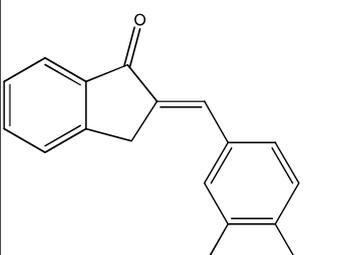
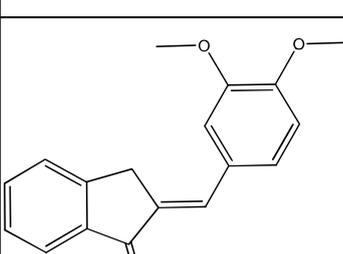
如果所形成的產物分子式為 $\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{O}_4$ 時，畫出每一種可能的立體異構物的結構，並寫出你預期每一個異構物的碳- ^{13}C NMR (^{13}C -NMR) 光譜譜線 (peak) 的總根數。

For $\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{O}_4$:

結構	預期 $^{13}\text{C-NMR}$ 光譜譜線的總根數
	18
	18
	18
	18

如果所形成的產物分子式為 $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_3$ 時，畫出每一種可能的立體異構物的結構，並寫出你預期每一個異構物的碳-13 NMR ($^{13}\text{C-NMR}$) 光譜譜線 (peak) 的總根數。

For $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_3$:

結構	預期 $^{13}\text{C-NMR}$ 光譜譜線的總根數
	18
	18

f) 根據題目所提供的碳-13 NMR ($^{13}\text{C-NMR}$) 光譜資料圖，從下面兩個選項中選出一個正確的產物。



正確答案為 $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_3$ ，可得 1分。

g) 根據你所選擇的分子式，清楚地列出計算過程並計算出產物的產率百分比。

質量 0.5 克 (範例產物的質量)

產率百分比：

$$\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{O}_4 : \text{RMM}=298.324 \quad 0.895 \text{ g}$$

$$0.5/0.895=56\%$$

$$\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_3 : \text{RMM}=280.308$$

$$\text{預期量} : \text{最大為 } 0.3 \text{ mmol}=0.841 \text{ g}$$

$$0.5/0.841=59.5\%$$

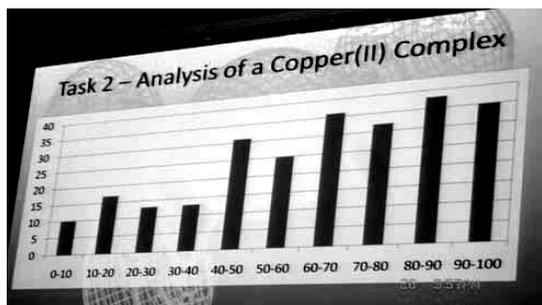
2分

實作二(P2)：分析 Cu(II) 錯合物
答案卷與評分

總分之 13%

2a	15
2b	1
2c	2
2d	15
2e	1
2f	2
2g	4
2h	4
Total	44

(P2) 250 名參賽者成績統計



決定銅離子含量的滴定：

	錯合物之質量 / g	所需 EDTA 溶液之體積 / mL	若使用此數據於(a)中之計算，在此處打勾
Sample 1			
Sample 2			
Sample 3			

a) 計算將 0.100 g 之錯合物完全反應所需的 EDTA 溶液之體積。

mark

EDTA 溶液所需之體積/cm³

V=21.7(1)

若答案的範圍是落在 21.7±0.1，則可得 15 分，而落在 21.7±0.4 則是 按比例給分，但當值超過 (21.7+0.4) 或低於 (21.7-0.4) 則為 0 分。

b) 寫出此滴定之錯合反應式。

$\text{EDTA}^{4-} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow [\text{Cu}(\text{EDTA})]^{2-}$

1 分，其他可能的反應式也允以給分，但也必需注意化學計量數是否正確。

c) 計算樣品中銅的重量百分比。

銅的重量百分比：

EDTA 的莫耳數=Cu²⁺的莫耳數

=0.0200×V/1000=2.00×10⁻⁵×V mol

Cu 的質量=63.55×2.00×10⁻⁵×V

=1.271×10⁻³×V g

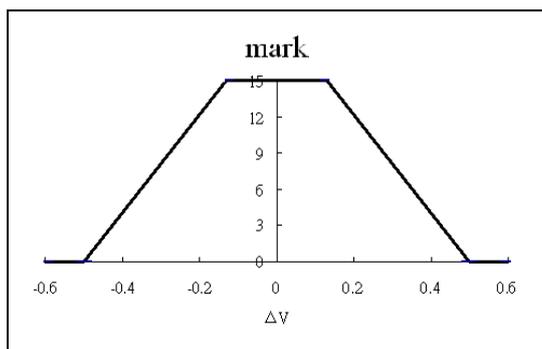
%Cu=0.1271×V/m

2 分

決定氯離子含量的滴定

	錯合物之質量 / g	所需 AgNO ₃ 溶液之體積 / mL	若使用此數據於(d)中之計算，在此處打勾
Sample 4			
Sample 5			
Sample 6			

d) 計算將 0.200 g 之錯合物完全反應所需的 AgNO₃ 溶液之體積。



AgNO₃ 溶液所需之體積/cm³

$$V=21.7(1)$$

若答案的範圍是落在 21.7±0.1，則可得 15 分，而落在 21.7±0.5 則是 按比例給分，但當值超過 (21.7+0.5) 或低於 (21.7-0.5) 則為 0 分。

e) 寫出此滴定之沉澱反應式：



1 分，其他可能的反應式也允以給分，但也必需注意化學計量數是否正確。

f) 計算樣品中氯的重量百分比。

氯的重量百分比：

$$\text{Ag}^+ \text{的莫耳數} = \text{Cl}^- \text{的莫耳數}$$

$$= 0.100 \times V / 1000 = 1.00 \times 10^{-4} \times V$$

Cl 的質量

$$= 35.45 \times 1.00 \times 10^{-4} \times V = 3.545 \times 10^{-3} \times V$$

$$\% \text{Cl} = 0.3545 \times V / m_2$$

2 分

g) 圈出所有元素分析中，誤差最大的元素。

Cu Cl O C H N

4 分

假若計算 %O 是由 100 減去其他，而誤差則會是來自於氧與其他元素結合的部分，就因為如此，所以這個大誤差，將會嚴重影響到後續計算值的差異。

h) 決定此銅錯合物的組成。寫出所有計算式。

若學生能從本身的數值推敲，並且將氧部分的大誤差考慮在內（計算方式有二，一為根據其他元素比例，而來探討其中之數量；二為考慮本身之電荷平衡），最後結合前兩項因素，而所計算出正確組成式者，可得 4 分。

若計算出正確組成式，但並未考慮到氧部分的大誤差，及忽略了氧與其他元素比例與量間的關係者，則得 2 分。

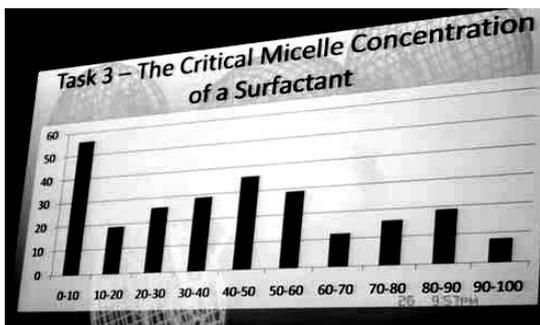
實作三(P3): 界面活性劑的臨界微胞濃度

答案卷與評分

總分之 14%

3a	3b	3c	Total
2	34	2	38

(P3) 250 名參賽者成績統計



a) 寫下你所配製的原始 SDS 溶液的濃度

計算出正確濃度，並且也使用正確單位者，可得 2 分。

計算出正確濃度，但並未標記，或標記錯誤之單位者，則得 0.5 分。

b) 在下表中記錄你的實驗結果，並在實驗桌上的作圖方格紙中，標出實驗數據，並做出適當的圖，用來決定臨界微胞濃度

根據實驗數據所繪出之曲線，將會有兩個不同斜率之區塊，且其斜率的反曲點必須為臨界微胞的濃度，根據斜率的不同，可將曲線分為兩個部份，在反曲點之下處，稱為”區塊 1”，而高於者

則稱為”區塊 2”。

根據實驗數據所繪出之曲線，將會有兩個不同斜率之區塊，且其斜率的反曲點必須為臨界微胞的濃度，根據斜率的不同，可將曲線分為兩個部份，在反曲點之下處，稱為”區塊 1”，而高於者則稱為”區塊 2”。

假若所繪出之曲線，並未有兩不同斜率之區塊產生，則以文獻值 (8.3 mmol dm^{-3}) 作為分界，將曲線分為兩部份。

1.	至少有三個落在區塊 1 當中的點，其與 $\text{CMC}/(n+1) \text{ mmol}$ 保有適當的距離。	<u>4 分</u>
2.	至少要有三個落在區塊 2 當中的點，其與 $\text{CMC}/(n+1) \text{ mmol}$ 保有適當的距離，且散佈範圍也須在 10 mmol 以上，(n 是點的數量， c 是濃度範圍，且 c 必須大於或等於 10 mmol)。	<u>4 分</u>
3.	至少要有有一個落在 10 mmol 至 15 mmol 間的點。	<u>2 分</u>
總共		<u>10 分</u>

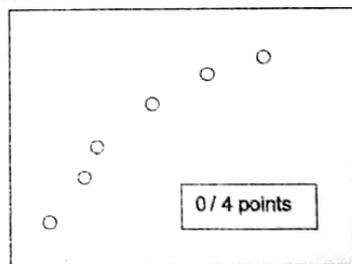
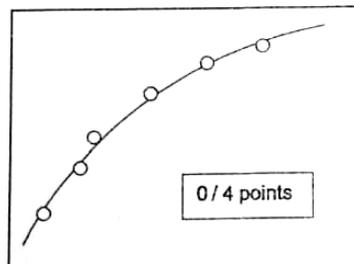
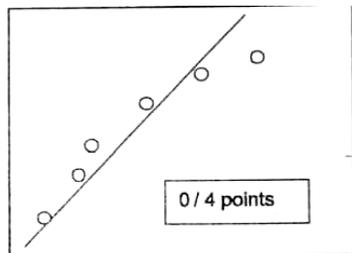
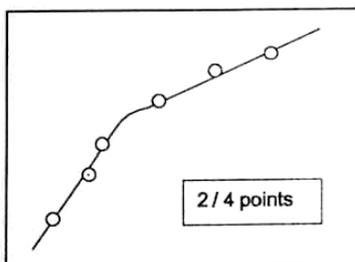
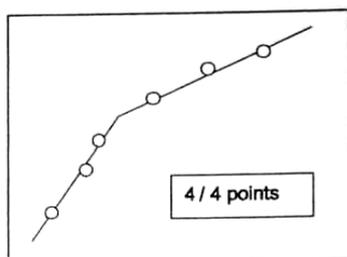
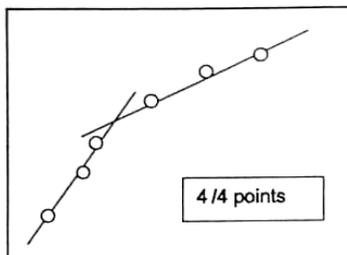
若有少部分的點並未落在區塊 1 或區塊 2 者，則只可得 2 分(2/4 分)，關於 1. 或 2. 部分的給分標準)。

若未繪出區塊 1 (或區塊 2) 者，則為 0 分 (0/4 分)，關於 1. 或 2. 部分的給分標準)。

標示出斜率：

根據數據點描繪出直線，並且有不同斜率之直線產生。	<u>4分</u>
總共	<u>4分</u>

下圖為繪圖之給分標準：



數據的準確性：

使用一透明片來判斷實驗測量點的準確性，假若計算當中有系統性的誤差存在，則大會將會根據所紀錄之數據與以重新繪圖。而透明片上是由一系列之帶 (band) 所組成，最內處為 (band 1)，最外處為 (band 5)。

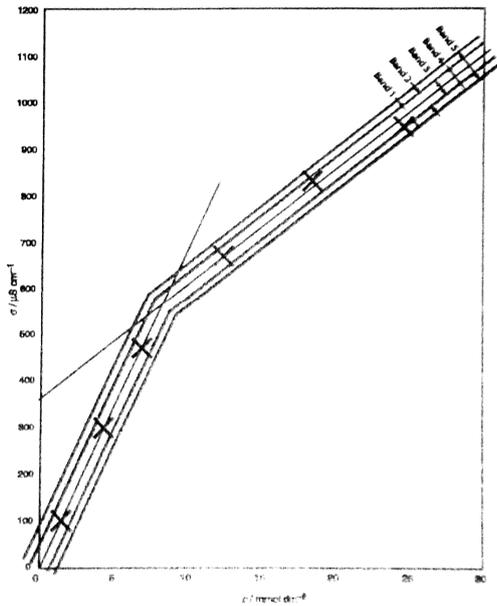
下表為最多的點數

帶 (band)	1	2	3	4	5	超過 5
最多的點數	10	8	6	4	2	0

區塊 1 的最高分	<u>10分</u>
區塊 2 的最高分	<u>10分</u>
總分	<u>20分</u>

若在一區塊中，有三個以上且 50% 的點是落在 m 帶 (band) 上 (m 為幾號帶)，且沒有其他點是落在 $m+2$ 以外處者，則可得到 10 分。(若區塊 1 與 2 皆符合，則可得 20 分)

例如：



在區塊 1 中的所有點皆是落在 band 1 上，則該部分可得 10 分。

若三個數據點的其中一個，是落在 band 1 上 (低於 50%)，而另外兩點則是落在 band 2 上，其皆不是落在 band 4 ($m+2$) 上，因此可得到 8 分。

c) 寫下微胞開始形成時的濃度 (即臨界微胞濃度)

從圖中判得到正確的濃度，且所使用的單位正確	<u>2 分</u>
總分	<u>0 分</u>

所寫之答案濃度正確，但單位未標示或標示錯誤者，得 0.5 分。

若只寫出濃度的範圍者，則得 0.5 分。

若在圖中有標示出該點，但並未說明其為濃度者，則得 0.5 分。