

# 2018 年第十五屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --實驗題競賽試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

時間：3 小時

分數：40 分

## 【生物實驗】

### 實驗 I:使用薄層層析法鑑定植物化合物

薄層層析法(TLC)可用以鑑定生物萃取物(例如:從蒸餾獲得的植物萃取物)的化合物。如同其他的層析法，薄層層析法是基於混合物中化合物具有差異式分離的特性，然而，與其他色層分析法不同的是，TLC 簡單，相對便宜，高度敏感及展開時間短。

薄層分析系統包含不同的組合:例如 TLC 片、玻璃罐、移動相等。TLC 片通常是鍍上一層薄層的靜相，靜相是均質的(整片厚度都相同)。TLC 片在 TLC 玻璃罐中展開，玻璃罐中含有移動相。移動相是由一種溶劑（或多種溶劑混合）製備的，不會與樣本反應，純度高，有助於不同化合物在 T L C 片向上移動的垂直分離。不同混合物垂直分離後（分離後會以點狀呈現），每一化合物（點）會有一個（Rf）值，Rf 值的計算方式如下列公式：

$$Rf = (\text{化合物的移動距離}) / (\text{移動相的移動距離})$$

由於每一個化合物有獨特的 Rf 值，它可以用來鑑定不同的化合物。在植物的萃取液中，TLC 片可用以分離並鑑定出不同化合物的表現，例如植物色素以及次代謝物質等。這些化合物天然的存在植物體中並常在植物萃取物中找到些混合物。然而，他們各有獨特的 Rf 值，因此有助於從這些混合物中鑑定出來。

提供給你的 A-D 溶液是不同植物的萃取液。用 T L C 技術及下列步驟鑑定溶液 A-D 中的化合物。

提供的器材：

1. 一片 TLC 片
2. 鉛筆
3. 4 根放在培養皿中的 10  $\mu$  L 毛細管

4. 標示為 A-D 的四種溶液
5. 裝有含液態相(環己烷:石油醚:醋酸乙酯:丙酮:甲醇,比例為 16:60:10:10:4)的 TLC 玻璃罐含蓋子
6. 直尺
7. 乳膠手套
8. 紙巾

### 步驟

#### 注意:

- 每一隊只提供一片 T L C 片，根據下列步驟極小心地製備你的 T L C 片。
  - 毛細管上的黑色標記代表  $10 \mu\text{L}$
  - 只能使用鉛筆在 T L C 片上寫字或畫圖
  - 操作 T L C 片時，要戴上手套
  - 開啟或關閉 T L C 玻璃罐時，避免吸入玻璃罐的蒸汽。
1. 將層析片放在乾淨的表面上(例如紙巾)，用鉛筆在 TLC 片上畫出一條距離底端 1.5 公分的直線，及另一條距離頂端 1 公分的直線。先不要將 T L C 片放入玻璃罐內，但要確定大小符合可以放入罐內。
  2. 在靠底部的線上，用鉛筆點出 4 點，點與點的間隔為 1 公分，(第一點和最後一點距離 TLC 片的邊緣為 0.75 公分)，並依序標記為 A-D。
  3. 在標記為 A 的點，用一根毛細管去點上大約  $5 \mu\text{L}$  的 A 樣本，點上樣本時要一滴一滴的點上去，等一滴乾燥後再點下一滴。確認樣本不會擴散超過直徑 0.75 公分的圓。重複樣本 B-D，參考圖 1 的 TLC 片。**注意，如毛細管破裂，可馬上要求更換一支。**



圖 1: TLC 片及樣本點的示意圖

4. 完成後，小心的將 TLC 片置放於含有移動相的玻璃罐中。(色素點的面朝向你)
5. **緊密的**密封玻璃罐的蓋子，觀察移動相在 TLC 片上向上的移動。
6. 當移動相達到你畫的頂端的鉛筆線時，取出 TLC 片，置放於紙巾上，等待乾燥。
7. 使用你的 TLC 片以及表 1 所提供的訊息回答下列問題。
8. 請評審員對你完成的 T L C 片進行拍照，並在你的答案卷上簽名。(你可以在整個實驗中的任何時間進行此項目)

表 1:植物色素及其根據上述步驟檢測的 Rf 值，

植物色素	Rf 值
i) 葉黃素2	0.15
ii) 葉黃素1	0.28
iii) 芸香苷	0.34
iv) 葉綠素b	0.42
v) 鞣酸	0.54
vi) 葉綠素a	0.59
vii) 植物黑質	0.81
viii) 胡蘿蔔素	0.98

### 問題

#### 必須要在答案卷上作答

- I-1.[7.15 points]在你的答案卷上描繪出你的 TLC 片上 A-D 條帶上所觀察到的所有的點。計算並填上 Rf 值及推測其為何種色素(每一點用表 1 的羅馬數字代號表示)以完成此表。注意表 1 不包含你的樣本中的所有色素點
- 請評審員對你完成的 T L C 片進行拍照，並在你的答案卷上簽名。
- I-2.[1.0 points, 0.25 per statement]觀察樣本 D 的條帶，下列相關敘述，判別其正確或錯誤，在答案卷中作答。

敘述	正確	錯誤
它分離出其他條帶沒有出現的明顯色素		
它分離出其他條帶也有出現的明顯色素		
它沒有隨著移動相移動		
它不含有任何色素		

I-3.[1.0 points, 0.25 per statement]判別下列為正確或錯誤的敘述，在答案卷中作答。

TLC 玻璃罐緊密封閉是可以---

敘述	正確	錯誤
防止移動相的蒸發		
避免吸入移動相的化學物質		
維持無灰塵的環境		
降低玻璃罐的壓力		

I-4.[1.75 points, 0.25 per statement]在答案卷中回答下列因子會或不會影響  $R_f$  值

因子	會影響 $R_f$ 值	不會影響 $R_f$ 值
化合物的極性		
溶劑(移動相)移動的距離		
TLC 片的大小		
靜相的種類		
加入的樣本總量		
玻璃罐的大小		
樣本的顏色		

I-5. [0.25 points]在答案卷空格中，寫出你的 TLC 片中移動最慢的色素，以字母代號表示

- A 葉綠素 a
- B 葉黃素 1
- C 植物黑質
- D 葉綠素 b

I-6.[1.0 points, 0.25 per statement]判別下列敘述為正確或錯誤，在你的答案卷中作答

在我們實驗的條件下，某一化合物在 TLC 片上向上移動較緩慢，是因為---

敘述	正確	錯誤
比其他化合物具有較低的極性		
為較親水性的化合物		
有較大的分子量		
比其他化合物有較高濃度		

I-7. [0.25 points]若移動相中的極性溶劑與非極性溶劑的比例被改變，則是否會對  $R_f$  值造成影響？在答案卷的空格中填入答案的代號

A 是

B 否

I-8. [1.0 points, 0.25 per statement]在答案卷中回答，判別下列因子是否會限制了色層分析法的成效？[1 points]

因子	會限制色層分析法的成效	不會限制色層分析法的成效
讓 TLC 玻璃罐打開		
TLC 玻璃罐中移動相的總量		
實驗執行的地理位置		
玻璃罐中同時操作複數片的 TLC 片		

## 【化學試題】

### 實驗 II: 測定果酸溶液當中的酸

本實驗的目的是研究果酸中的酸濃度與性質，果酸溶液的主要成分是一種弱酸，可利用酸鹼中和反應滴定之，此果酸的縮寫為 HA，氫氧化鈉將被用於中和此單質子的弱酸，HA 的分子量為 60g/mol，在測定果酸之前你必須要先用已知濃度(0.100 mol/L)的草酸標定氫氧化鈉，注意草酸是雙質子酸且用 H<sub>2</sub>X 代表。

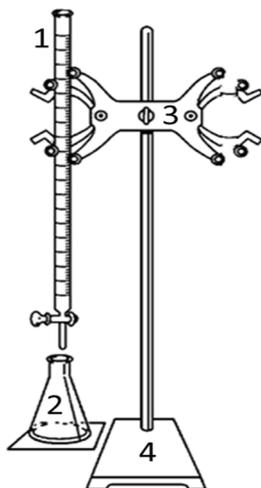


圖 II-1: 滴定裝置圖

標示: 1. 滴定管， 2. 錐形瓶， 3. 滴定管夾， 4. 滴定架

#### 提供器材:

1. 10 mL 吸量管(x2)
2. 玻璃漏斗
3. 吸管吸液器
4. 3 x 燒杯
5. 白色底磚
6. 100 mL 量筒
7. 酚酞指示劑滴瓶
8. 擦拭紙
9. 蒸餾水瓶

流程

標定 NaOH

- III-1. 用 10 mL 吸量管取 10.0 mL 的 0.100 mol/L 草酸放入 250-mL 錐形瓶。
- III-2. 加入 2 到 3 滴酚酞指示劑
- III-3. 以 NaOH 滴定至終點
- III-4. 重覆以上實驗(Steps 1-3), 直到你得到一致的結果

滴定果酸溶液

- III-5. 以吸量管取 4 mL 果酸溶液放入 250-mL 錐形瓶
- III-6. 加入大約 50 mL 蒸餾水到同一個 250-mL 錐形瓶
- III-7. 加入 2 到 3 滴酚酞指示劑
- III-8. 以標定過的 NaOH 滴定至終點
- III-9. 重覆以上實驗(Steps 5-8), 直到你得到一致的結果

問 題

標定 NaOH

II-2. [3.5 points]在答案卷上，記錄標定所用的 NaOH (mL) 體積

記錄標定所用的 NaOH (mL) 體積				
	滴定#1	滴定#2	滴定...	滴定...
起始體積	.....	.....	.....	.....
終點體積	.....	.....	.....	.....
耗用體積	.....	.....	.....	.....
平均 NaOH 耗用體積	..... mL			

II-3. [0.25 points] 寫出草酸( $H_2X$ )與 NaOH 滴定反應的平衡方程式

II-4. [0.5 points] 計算 NaOH 濃度

II-5. [1.0 point] 計算溶液中有多少克(g)的果酸(HA)被 NaOH 所滴定

II-6. [0.5 points] 假設果酸溶液密度為 1.005g/mL，計算 4 mL 溶液的質量

II-7. [0.5 points] 計算果酸在果酸溶液中的重量百分比%

II-8. [1.0 point] 一學生使用不同的 NaOH 溶液，且須用 25 mL 的 0.54 mol/L 的 NaOH 方可中和同一果酸溶液的另一樣品，計算這次學生所取用的果酸溶液體積多少？

II-9. [0.5 points] 另一位學生量測此果酸溶液的 pH 為 2.75，用這個數值與你的實驗數據計算此果酸的 pKa

II-10a. [0.5 points] 計算此果酸之共軛鹼的 Kb

II-10b. [0.5 points] 假設溶液最終體積為 100 mL，用前一題的 Kb，來計算滴定終點的 pH

II-11. [0.3 points] 如果沒有酚酞可用，以下哪個指示劑最適用於此滴定

在答案卷上選擇正確的空格畫上“X”

指示劑	pKa	
Methyl violet 甲基紫	0.8	
Thymol blue 瑞香酚藍	1.6	
Methyl yellow 甲基黃	3.3	
Bromocresol green 溴甲酚綠	4.7	
Thymol Blue 瑞香酚藍	8.9	

## 【物理試題】

### 實驗 III: 決定油的粘滯係數

水易於傾倒，蜜卻須時甚久才能流出，此不同流率的原因是蜜的黏滯和流阻較水大。黏滯係數是流經側向的內部阻力的度量。黏滯係數是食品工業的重要因子，多樣原始材料到成品的流動是食品工業自動化之所賴。

黏滯係數能藉由測定落球通過一段未知黏滯流體的速度來決定。這必須測量落球在流體中行經的一段距離，並測量行經此段距離所歷經的時間。

#### 器材

- 溫度計
- 不同直徑的多個鋼珠
- 已裝油的圓柱形鉛直管
- 碼表
- 米尺
- 標記膠帶
- 紙巾
- 磁鐵

#### 理論方面

設鋼珠球半徑為  $r$ ，密度為  $\rho_s$ ，落經一管黏滯係數  $\eta$  和密度為  $\rho_f$  的流體，如圖 1 所示。

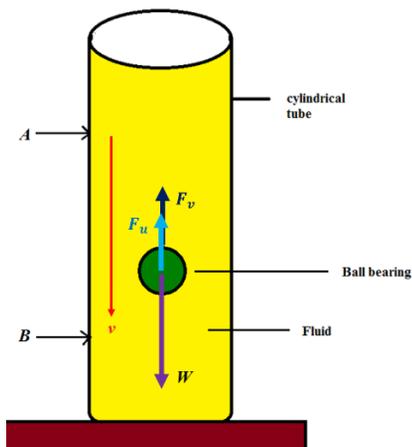


圖 1: 顯示半徑  $r$  的球落經一管密度  $\rho_f$  的流體。A 和 B 標記該球以終端速度  $v_t$  行經的一段距離。

剛開始掉落，球有點向下加速，加速度為  $a$ ，直到球達到等速運動，此速度稱為終端速度  $v_t$ 。根據牛頓第二定律：

$$\text{淨力} = ma$$

$$ma = W - (F_u + F_v) \quad (1)$$

其中， $m$  是球的質量

$W=mg$ ，是球的重量

$F_u = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_f g$  是向上浮力=排開流體的重量(阿基米得定律)

$F_v = 6\pi r \eta v$  是(半徑  $r$  的球)的黏滯力，正比於球的速度  $v$ (斯托克斯定律)。

其次當鋼珠球在 A 點之前達到終端速度，不再有加速度，因此淨力為零。注意  $l$  是 A 和 B 間距離， $t$  是球行經 A 和 B 間所花費的時間。

### 步驟 [1.3]

1. 在開始實驗前，測量油的溫度  $T_b$ ，並寫在答案卷上指定的格子中。
2. 使用標記膠帶在圓柱管上標記兩水平線(A 和 B)，其中，線 A 至少距離流體表面 70 cm，線 B 約在線 A 下方 50 cm。
3. 測量 A 和 B 其間的垂直距離  $l$ ，並寫在答案卷上指定的格子中。
4. 設計方法，用尺盡可能正確地測量鋼珠球的平均直徑。在答案卷上指定的格子中，只使用簡圖描述作法。
5. 使用你的方法，測量 4 種不同大小鋼珠球的平均直徑，並記錄在答案卷上表 III-1 中。
6. 小心地釋放一顆鋼珠球入流體(確認鋼珠球在 A 和 B 間運動未接觸管壁)。
7. 測量鋼珠球於 A 和 B 間運行距離  $l$  所費時間  $t$ ，並記錄於表上。
8. 使用其他相同直徑的鋼珠球，重複步驟 6 和 7，測得 3 個時間值。(磁鐵可用來沿管壁拉鋼珠球出油，如有需要可請求協助)。
9. 使用另外 3 種不同大小的鋼珠球，重複步 6 到 8。

10. 測量實驗後油的溫度  $T_a$ ，並寫在答案卷上指定的格子中。

注意下列常數:

流體密度  $\rho_f = 871.4 \text{ kg/m}^3$

鋼珠球密度  $\rho_s = 7717 \text{ kg/m}^3$

重力加速度  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

### 結果和分析

III-1 對每一種鋼珠球，計算平均時間， $d^2$  和  $v_t$ ，並完成答案卷上的表 III-1。 [5.0]

表 III-1: 實驗結果

鋼珠球直徑		直徑平方	掉落距離 $l$ 所費時間				終端速度	
#	$d$ (mm)	$d$ (m)	$d^2$ (m <sup>2</sup> )	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$t_3$ (s)	平均時間(s)	$v_t$ (m/s)
1								
2								
3								
4								

III-2 作圖  $v_t$  (y 軸) 對  $d^2$  (x 軸)，並畫出最佳擬合直線在答案卷的方格紙上。 [3.0]

III-3 在圖上指出用來計算斜率的點，決定圖的斜率並附上適當的單位。 [1.5]

III-4 下列終端速度  $v_t$  的公式可由方程式(1)推導而來:

$$v_t = C \cdot \frac{d^2}{\eta} \quad (2)$$

此處  $C = 3731 \text{ kg m}^{-2}\text{s}^{-2}$ 。用  $g$ 、 $\rho_s$  和  $\rho_f$  表示  $C$ ，在指定空格寫下分析。 [1.0]

III-5 由斜率的值決定油的黏滯係數  $\eta$ ，並附上適當的單位。 [1.5]