

2011 年第八屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --實驗試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

實驗一：化學物質和溫度對甜菜根 (*Beta vulgaris*) 破壞細胞 膜與通透性影響的檢測

總時間:3.5 小時

本操作總分:13 分

【簡介】

細胞膜主要由有助於選擇性通透的磷脂質和蛋白質所組成。細胞膜的功能和滲透性取決於它的完整構造。當細胞受到破壞時，細胞膜的通透性瓦解，細胞內含物會流出。細胞膜會受到物理傷害、化學物質和高溫的破壞。甜菜根含有一種紅色色素稱為甜菜紅素(betacyanin)，它位於甜菜根細胞的大型液泡內。液泡係由單層細胞膜所圍成，稱為液泡膜(tonoplast)。

甜菜紅素(Betacyanin)會保持在完整細胞的液泡內。不過，如果細胞膜受到破壞，甜菜紅素(Betacyanin)將會流出並使其浸泡水染成紅色或深粉紅色。本實驗將用到切好的圓柱形甜菜根。切好的圓柱形甜菜根已經過重複沖洗，直到沖洗的水呈現無色的狀態為止。

【器材】

1. 已用蒸餾水清洗過的一段甜菜根(直徑 1 公分，長 4 公分)。

2. 標示 TT1, TT2 和 TT3 的試管各一支。
3. 含有蒸餾水、環己烷和一段甜菜根的試管 1 支，標示為 TT4。該管係前一晚所準備，且已搖晃過。
4. 試管架。
5. 8 ml 蒸餾水 1 瓶。
6. 8 ml 50% 丙酮 1 瓶。
7. 8 ml 100% 丙酮 1 瓶。
8. 標示 TT5 和 TT6 的試管內裝 8 ml 5M (mol/dm³)的食鹽水(NaCl)。
9. 紙巾。
10. 繪圖紙(graph paper) 1 張。

【實驗步驟】

1. 遵照表 1 備妥 TT1, TT2 和 TT3 三支試管。

表 1：三支試管內的溶劑

試管	試管 1 (TT1)	試管 2 (TT2)	試管 3 (TT3)
溶劑	8ml 蒸餾水	8ml 50% 丙酮	8ml 100% 丙酮

2. 用紙巾擦乾三支甜菜根。
3. 立刻在 TT1, TT2 和 TT3 試管中分別放入一根擦乾的甜菜根。
4. 每隔五分鐘搖晃 TT1, TT2 和 TT3 試

管約幾秒鐘。

5. 參考實驗室內的時鐘，於 15 分鐘後，觀察每一支試管所含溶液的顏色。
6. 擦乾另外二支甜菜根，並分別稱重到小數點第三位。將重量記錄於答案紙的節 D 第 i 題 [Section D (i)] 的表格上。
7. 在 TT5 和 TT6 試管分別放入 1 支甜菜根。
8. 經過 1 小時以後，取出 TT5 和 TT6 的甜菜根，擦乾並稱重。記錄並計算重量的差異，以完成節 D 第 i 題 [Section D (i)] 上的表格。

【問題】

節 A (SECTION A)

- a. 實驗一開始，泡有甜菜根(已洗過)的蒸餾水是無色的，為什麼？指出下列敘述正確或錯誤，在答案紙上適當的空格內打鉤。(0.25x3=0.75 分)

- | |
|--|
| i. 甜菜紅素 (Betacyanin) 不溶於水。 |
| ii. 甜菜紅素 (Betacyanin) 只會溶解於有機溶劑。 |
| iii. 反覆沖洗後，受傷的細胞已無殘留甜菜紅素 (Betacyanin)，而且也無進一步的細胞膜破裂。 |

- b. 哪一支試管是對照組(control)? 在答案紙上選擇最正確的答案打鉤。(0.5 分)
- c. 觀察試管 TT2 和 TT3，何種溶劑溶解較多甜菜紅素 (Betacyanin)? 在答案紙上選擇最正確的答案打鉤。(0.5 分)
- d. TT4 試管內那一層是水? 在答案紙上

選擇最正確的答案打鉤。(0.5 分)

- e. 為何 TT4 的液體分層中有一層有顏色，而 TT1 的液體則沒有？指出下列敘述為正確或錯誤，在答案紙上適當的空格內打鉤。(0.5 x3 =1.5 分)

- | |
|--|
| i. TT1 試管內沒有進一步的細胞膜破裂。 |
| ii. TT4 試管內的環己烷破壞了細胞膜，導致甜菜紅素 (Betacyanin) 的流出。 |
| iii. TT4 試管內的環己烷將細胞膜的脂肪溶解，導致甜菜紅素 (Betacyanin) 的流出，而甜菜紅素 (Betacyanin) 僅溶於水。 |

節 B (SECTION B)

- f. 在一週前，有一個實驗，其目的在檢定溫度對甜菜根的細胞膜構造及通透性的影響。清洗過的圓柱型甜菜根被放入含有蒸餾水的試管內，然後分別在 20°C, 30°C, 40°C, 60°C 和 80°C 的環境中放置 15 分鐘。之後，每支試管內的溶液都在 605 nm 波長下測定吸光值並記錄下來。室溫的蒸餾水當作零 (blank)。本測定重複三次，且數據記錄在下面的表 2。吸光值是指光線被樣品吸收的測量值。樣品的顏色越深，吸光值越大。
參考本題(f)前述短文及下面的表 2，在答案紙上完成下列小題的要求。

表 2:溫度對甜菜根細胞膜通透性的影響

溫度 (Temperature) (°C)	吸光值 (Absorbance)		
	樣品 (Sample) A	樣品 (Sample) B	樣品 (Sample) C
20	0.017	0.011	0.021
30	0.023	0.013	0.024
40	0.018	0.025	0.032
60	0.384	0.474	0.492
80	0.477	0.525	0.463

i 在答案紙所提供的空白處，繪製一個表格，以記錄及顯示每個溫度所測得吸光值的平均值（計算到小數點第二位）。（0.25 x 5 = 1.25 分）

ii 依據吸光值的平均值，哪一個溫度變成明顯(become evident)破壞細胞膜？於答案紙上寫下你的答案。（0.5 分）

iii 在繪圖紙(graph paper)上將吸光值的平均值轉化成折線圖，以顯示溫度對甜菜根細胞膜通透性的影響。可用中文標示你的統計圖。（2.5 分）

節 C (SECTION C)

g. TT2 和 TT3(最初的實驗)的溶液吸光度平均值分別是 0.084 和 0.054。指出下列敘述正確或錯誤，在答案紙的方格裏，正確寫 T，錯誤寫 F。

i 甜菜紅素 (Betacyanin) 在純水中會有最大的溶解度。

ii 甜菜紅素 (Betacyanin) 在 100%的

丙酮中比在 50%的丙酮中較容易溶解。（0.5 x 2 = 1 分）

h. 從甜菜的這些實驗中所得的資料顯示，哪些溶劑可溶解甜菜紅素 (Betacyanin)？

選出正確的答案，在答案紙上的適當空格內打鉤。（0.5 分）

環己烷 (Cyclohexane)	室溫的水 (Room temperature water)	熱水 (Hot water)
----------------------	----------------------------------	-------------------

節 D (SECTION D)

i. 照實驗步驟(8)的要求做。（0.25 x 6 = 1.5 分）

j. 基於一般的知識、觀察 TT5 和 TT6 的實驗結果，在答案紙上指出下列敘述正確或錯誤。（0.5 x 4 = 2 分）

i NaCl 會導致甜菜根細胞的質壁分離(plasmolysis)。

ii NaCl 會溶解細胞膜上的脂肪。

iii 甜菜根細胞會吸收 NaCl，而且變得膨脹。

iv 甜菜根細胞的甜菜紅素(Betacyanin)會流失到外界的水中。

實驗二：燃料的能含量

總時間：3.5 小時

本操作總分：13 分

【引言】

乙醇(ethanol)是很重要的化學品，它

廣泛地使用在各種工業中。它是製造各種日用品的重要原料，例如是醫藥、塗料、墨水、清潔劑、化妝品、特殊化學品及一些飲料等。乙醇也可作為運輸用的替代燃料。生質柴油(biodiesel)是多種長鏈碳氫分子的混合物，通常是甲基、乙基或丙基酯類。生質柴油可用在標準的柴油引擎或作為熱油(heating oil)的低碳替代品。在某些國家，乙醇被用作汽油的添加物(酒精汽油)或汽油的替代品，而生質柴油被用在各種柴油車或引擎中。這兩種化學品都可從可再生的原料製得，例如乙醇可從甘蔗而生質柴油可從高產量的種子油，如蓖麻油、白油桐(jatropha)油或棕櫚油製得。使用可再生的原料是幫助減緩氣候改變影響的許多建議策略之一，也在國家的層級上朝向永續的成長與發展。

在本實驗中你要測量乙醇和生質柴油的燃燒熱來比較它們能量的含量，以 kJ g^{-1} 表示。為了要得知燃燒熱，首先要燃燒定量的乙醇或生質柴油放出的能量來加熱定量的水，由觀察水溫的變化，用下列公式，可以得知轉移到水中的熱量：

$$q = C_p \cdot m \cdot \Delta t$$

其中 q 是轉移的熱量， C_p 是水的比熱 (specific heat capacity)， m 是水的質量而 Δt 是水的溫度變化。最後用從所燃燒掉的燃料量可以計算出燃燒每一公克燃料所放出的熱量。

【目的】

在本實驗中，你需要：

- 比較生質柴油和乙醇的燃燒熱。

- 計算兩種燃料的燃燒熱及它們的百分效率。

【器材】

兩個小油燈、玻璃攪拌棒、數字顯示溫度計、100 mL 量筒、裝冰水的燒杯、小不鏽鋼杯、廣用夾、點火器、碼錶、乙醇、生質柴油、直尺

【步驟】

1. 確定你和你的同伴都穿上實驗衣和戴上安全眼鏡。
2. 檢查你的實驗桌上有數字顯示溫度計、點火器、油燈和照片上的支撐物。

第 1 部分：乙醇

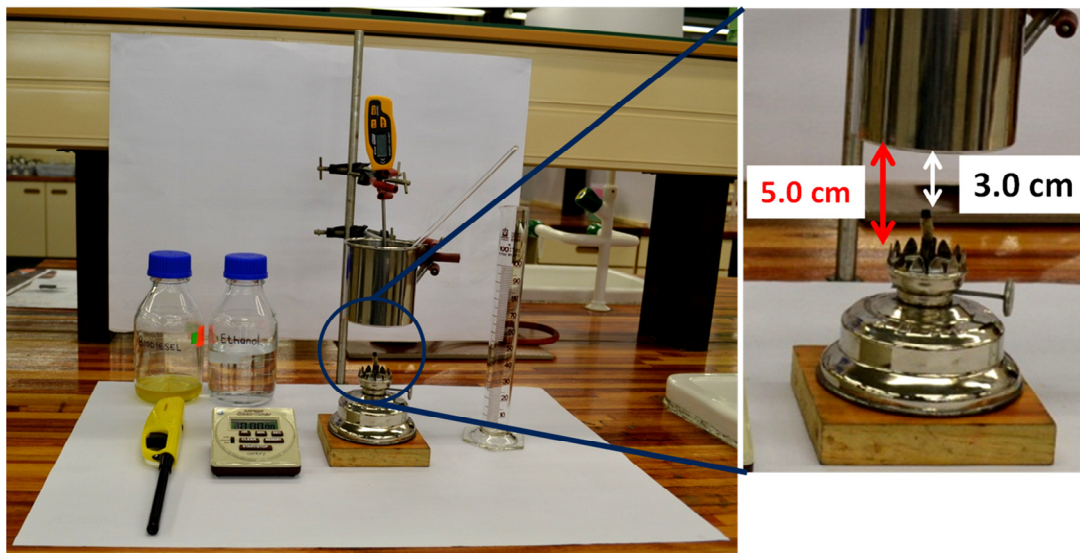
3. 將乙醇倒入燈內並確定燈芯吸足燃料。如圖 1 組合油燈。確認裝乙醇的瓶子已蓋回轉緊。



圖 1

4. 測量裝有乙醇的組合完成的油燈之質量並記錄下來。
5. 測量空不鏽鋼杯的質量並記錄在數據紙上。
6. 在空不鏽鋼杯中倒入約 200 mL 的冰水並記錄下其質量。

7. 如圖 2 將器材裝置妥當。



8. 記錄水的最初溫度， t_1 。
9. 用油燈將水加熱並不斷地攪拌水。確定每隔 30 秒記錄水溫直到溫度到達約 $30\text{ }^\circ\text{C}$ 為止。將燈燄吹熄。注意你的衣服和頭髮要遠離火燄。
10. 繼續攪拌水並記下水的最高溫度， t_2 。
11. 等油燈冷卻後，測量並記錄此冷卻的油燈和內容物之最終質量。

第 2 部分：生質柴油

1. 使用第二個油燈並用生質柴油重複上面 3-11 的步驟。

【數據處理】

1. 用引言中的公式，計算水所吸收的熱量 q 。水的 C_p 為 $4.18\text{ J g}^{-1}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 。
2. 分別計算乙醇和生質柴油的燃燒熱，以 kJ g^{-1} 表示。
3. 分別計算在兩個實驗中的百分效率。燃燒熱的理論值，乙醇為 30.0 kJ g^{-1} ，生

質柴油為 41.2 kJ g^{-1} 。

4. 回答在答案紙上的問題。

實驗三：太陽能電池

總時間:3.5 小時

本操作總分:13 分

【簡介】

太陽電池也稱為光伏(photovoltaic)電池是轉換太陽能的方法之一。太陽電池利用光伏效應將太陽輻射轉換為直流電能。太陽能產生時率或稱功率，取決於照射在太陽電池工作面積上的太陽輻射量。太陽電池的電流與電壓決定於連接的負載(電阻)以及照射於電池上的太陽輻射。此變化通常以電流對電壓作曲線圖稱為電流-電壓(IV)特性曲線來表示。下方圖 1 顯示一組典型的曲線(相關的參數定義於後)。

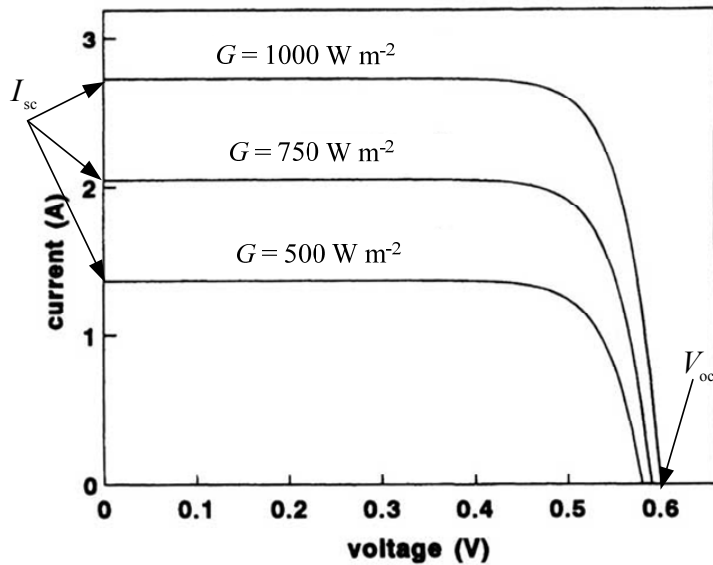


圖 1: 典型的太陽電池電流-電壓(IV)特性曲線。

當負載電阻為零時，流出太陽電池的電流稱為短路電流(I_{sc})。當電路為開路時，太陽電池的電壓稱為開路電壓(V_{oc})。

入射的太陽輻射通常以輻射通量密度來計量(稱為輻照度 G)。輻照度的單位是 $W m^{-2}$ 。從圖 1 可知太陽電池的 I_{sc} 隨著照射在電池工作面積上的太陽輻射量而變化。

此實驗探究一具 PV 模組之 I_{sc} 變化隨著 G 的變化，PV 模組由 2 片太陽能板組成。短路電流 I_{sc} 隨著 G 的變化函數為：

$$I_{sc} = I_{sco} \left(\frac{G}{G_o} \right)^\alpha \quad (1)$$

其中 I_{sco} 是在某一太陽輻照度 G_o 之下，測得的參考短路電流。而 α 是一常數用以描述 I_{sc} 隨著 G 的變化。入射輻照度

G 取決於入射光線與太陽能板法線的夾角(θ)。方程式(1)可以表示為

$$I_{sc} = I_{sco} \left(\frac{G_{s0}}{G_o} \right)^\alpha (\cos \theta)^\alpha \quad (2)$$

其中 G_{s0} 為光源垂直($\theta = 0^\circ$)照射於太陽電池的輻照度。

【目的】

本實驗目的為決定方程式(2)之中的常數 α 。

【裝置】

部份實驗裝置如圖 2 所示。包含了直接照射於 PV 模組的鹵素燈。PV 模組應與數位安培計連接。PV 模組的傾角為自 0° 到 90° 可調。傾角可利用量角器測量。

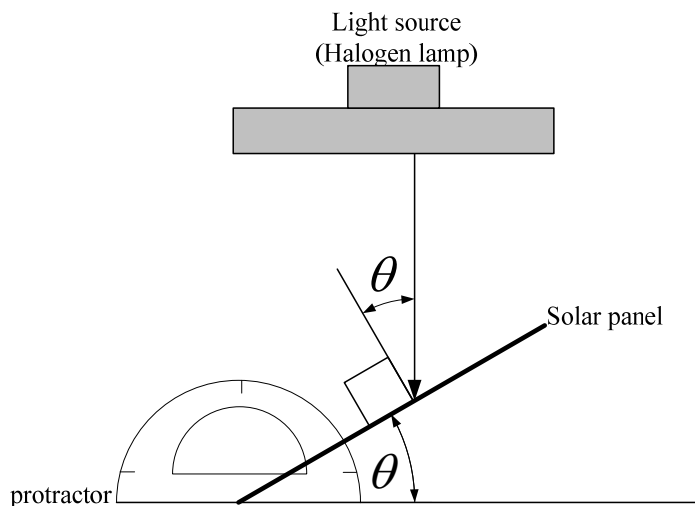


圖 2

【步驟】

1. 熟悉實驗裝置。假設環境光照的影響可以忽略。調整 PV 模組的傾角時，固定鹵素燈與 PV 模組的距離不變。
 - a. 調整鹵素燈高度使 PV 模組上表面與鹵素燈玻璃燈罩面的距離為為 $40\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$ 。
 - b. 確認數位安培計的旋扭，調整到最大電流為 100 mA 的檔位。將安培計連接到 PV 模組，極性必須接對。記錄數據之前，揮手呼叫監考人員，檢查記錄實驗裝置正確性。(1 分)
 - c. 打開鹵素燈並檢查安培計是否有讀數。實驗過程勿觸碰或調整鹵素燈。
 - d. 經由升高 PV 模組的白板邊緣，調整 PV 模組的傾角，並檢查安培計讀數是否減小。
 - e. 關掉鹵素燈，並將 PV 模組放回水平初位置。
2. 打開並保持鹵素燈亮著，改變傾角(θ)，自 30° 漸增至 80° ，每次遞增 5° ，紀錄 PV 模組產生的電流(I_1)。
3. 關掉鹵素燈，讓 PV 模組冷卻 5 分鐘。
4. 打開並保持鹵素燈亮著，改變傾角(θ)，自 80° 漸減至 30° ，每次遞減 5° ，紀錄 PV 模組產生的電流(I_2)。
5. 關掉鹵素燈與安培計。

【任務】

- 1.1 紀錄測量值 θ 、 I_1 、 I_2 。計算 I_1 、 I_2 平均值，作為 I_{sc} ，記錄於答案紙表(table) 1 中。(2.5 分)
- 1.2 計算 $\log_{10}(\cos \theta)$ 與 $\log_{10}(I_{sc})$ ，並記錄於答案紙表(table) 1 中的適當欄位中。(1 分)
2. 以 $\log_{10}(I_{sc})$ 對 $\log_{10}(\cos \theta)$ 作曲線圖。(3 分)
3. 利用你的曲線圖，決定 α 。(不必估計誤差)(2.5 分)
4. 已知 $I_{sc0} = 70\text{ mA}$ 與 $G_0 = 1000\text{ W m}^{-2}$ ，利用你的曲線圖決定 G_{s0} 之值。(2.5 分)
5. 量在南非德班裝設時，太陽能板應面對的方位。於答案紙上最佳方位處畫叉 (X)。(2.5 分)