

# 2010 年第七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：估算本地水果萃取物中的葡萄糖濃度

### 【背景介紹】

軟葉刺葵 (*Phoenix dactylopera*) 和蛋茄 (*Solanum aethiopicum*) (附圖 1) 的果實為奈及利亞常見的食物。

軟葉刺葵的果肉肥厚帶有甜味，它含有大量纖維、維生素、礦物質及少量的脂肪，可直接或乾燥後食用。蛋茄的味道從無味到微甜甚至微苦，可當作蔬菜煮食、製成醬料或直接生吃，他為低鈉、低卡路里且富含食物纖維。



*Solanum aethiopicum*



*Phoenix dactylopera*

附圖 1：奈及利亞的熱帶蔬果

本實驗的目的為判別此這些蔬果萃取物中的葡萄糖濃度，你需要計算過錳酸鉀(VII) ( $\text{KMnO}_4$ ) 由紫色變為無色所需的時間。利用已知濃度的葡萄糖溶液製成標準線，以估算萃取物中的葡萄糖濃度。你需要測量紫色的  $\text{KMnO}_4$  (VII) 由完全變為無色所需的時間。

葡萄糖 ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 為可還原的單糖，在與  $\text{KMnO}_4$  (VII) 的化學反應中，葡萄糖分子可使得過錳酸根  $\text{MnO}_4^-$  (VII) 的失去顏色，紫色的過錳酸根(VII) 溶液會還原成無色的錳離子 ( $\text{Mn}^{2+}$ )，如附圖 2。

過錳酸根(VII) 溶液退色的速率，與混合物中葡萄糖的濃度直接相關。精確的計時、清潔的玻璃容器及材料為影響實驗結果的重要因素。



紫色  $\longrightarrow$  無色

附圖 2：葡萄糖，硫酸及過錳酸鉀反應所引發的顏色改變

**【實驗材料】**

1. 標示為 G1-G4 已知濃度的葡萄糖溶液 (表 1)
2. 本地水果的萃取液 (A 及 B)
3. 1M 的硫酸溶液(tetraoxosulphate)(VI)
4. 0.01% w/v 過錳酸鉀 (Potassium tetraoxomanganate) (VII) 溶液
5. 帶有橡膠塞 (rubber cork) 的 50 cm<sup>3</sup> 錐形瓶 (conical flask) (6 個)
6. 碼錶 (stop watch) (1 個) - 運行一圈為 30 秒
7. 12 個針筒 (syringe)
  - (i) 10cm<sup>3</sup> (8 個)
  - (ii) 5 cm<sup>3</sup> (2 個)
  - (iii) 2 cm<sup>3</sup> (2 個)
8. 油性筆 (marker) (1 支)

表 1：所提供的葡萄糖溶液之濃度

| 葡萄糖溶液  | G1  | G2  | G3   | G4   |
|--------|-----|-----|------|------|
| 濃度 (%) | 2.0 | 6.0 | 10.0 | 12.0 |

**【實驗步驟】**

1. 使用所提供的油性筆在 4 個錐形瓶上分別標上 G1-G4，依序放置在桌上。
2. 利用不同的 10 cm<sup>3</sup> 的針筒取表 1 中各葡萄糖溶液 10 cm<sup>3</sup> 注入標記好的錐形瓶內。
3. 利用 5 cm<sup>3</sup> 的針筒加入 5 cm<sup>3</sup> 硫酸 (VI) 於標記為 G1 的錐形瓶內
4. 利用 2 cm<sup>3</sup> 的針筒加入 2 cm<sup>3</sup> 過錳酸

鉀 (VII) 於標記為 G1 的錐形瓶內，  
並馬上啟動碼錶

5. 搖晃標記為 G1 的錐形瓶直到紫色消失為止 (參閱附圖 2)
6. 將紫色完全消失所需的時間記錄於表 2

表 2：葡萄糖濃度及顏色消失所需的時間

| 葡萄糖溶液   | G1  | G2  | G3   | G4   |
|---------|-----|-----|------|------|
| 濃度 (%)  | 2.0 | 6.0 | 10.0 | 12.0 |
| 時間 (分鐘) |     |     |      |      |

(2.0 分)

7. 依序針對 G2、G3 及 G4 的錐形瓶，  
**重複步驟 3-6**，以完成表 2。
8. 利用油性筆將兩個新的錐形瓶分別標示為 A 與 B 再置放於桌上。
9. 使用新的 10 cm<sup>3</sup> 的針筒取萃取液 A 注入標示為 A 的錐形瓶內，**重複步驟 3-5**。
10. 將紫色消失所需的時間記錄於表 3。
11. 使用另一個 10 cm<sup>3</sup> 的針筒取萃取液 B 注入標示為 B 的錐形瓶內，重複步驟 3-5。
12. 將紫色消失所需的時間記錄於表 3。
13. 如需重作實驗，將所有液體置入廢液桶 (waste container)，以清水沖洗錐形瓶後再行操作。

**【問題】**

- 1.1. 將 G1-G4 的實驗結果於所提供的方格紙上繪製成圖，Y(垂直)軸為時間，X(水平)軸為葡萄糖濃度。(2.0 分)

表 3：溶液顏色消失所需的時間 (2.0 分)

| 錐形瓶     | A | B |
|---------|---|---|
| 時間 (分鐘) |   |   |

- 1.2. 利用標準線，估算樣品 A 及 B 的葡萄糖濃度。(2.0 分)

| 錐形瓶       | A | B |
|-----------|---|---|
| 葡萄糖濃度 (%) |   |   |

- 1.3. 樣品 A 及 B 中何者的葡萄糖濃度較高？(1.0 分)
- 1.4. 葡萄糖在本實驗中被視為還原劑，是因為：(請勾選下列空格)(1.0 分)

| 題目 | 理由                                  | 是 | 非 |
|----|-------------------------------------|---|---|
| i  | 錳的氧化數降低                             |   |   |
| ii | $MnO_4^-$ 中 Mn 的氧化數變 $MnO_4^-$ 為 +4 |   |   |

- 1.5. 利用下表中答案選項的英文代號，選出最適當者完成下段文字。(2.0 分)

在光合作用的過程中綠色植物使用氣體來合成葡萄糖，此過程發生在光照時稱為\_\_\_\_\_之胞器中，一種無機物也是此過程中的反應物。被製造的葡萄糖

主要以\_\_\_\_\_儲存在植物中。果實中的葡萄糖對種子的散播扮演重要的角色，動物受到果實的\_\_\_\_\_所吸引而攝食之，種子擁有一堅硬的\_\_\_\_\_可防止種子被\_\_\_\_\_，該是源自動物的胃腸道中。

最後動物\_\_\_\_\_種子，通常會遠離親代的植物，這有助於降低在親代植物與子代植物間的\_\_\_\_\_。

|        |      |
|--------|------|
| A-粒線體  | K-氧  |
| B-種皮   | L-同化 |
| C-二氧化碳 | M-競爭 |
| D-水    | N-澱粉 |
| E-黏液   | O-鎂  |
| F-葉綠體  | P-排出 |
| G-酶    | Q-顏色 |
| H-液胞   | R-變異 |
| I-胚乳   | S-材質 |
| J-消化   | T-肝醣 |

- 1.6. 在一個類似的實驗中，分析水果 C 和 D 中的葡萄糖的濃度，發現水果 C 的葡萄糖濃度較高。Jauro Amadu (JA) 被診斷出其胰島中的 beta 型細胞沒有功能，如果 JA 必須食用水果 C 或 D，你會建議他食用哪一種？(1.0 分)
- 1.7. 說明你回答 1.6 的原因：在下列空格中勾選是或非(1.0 分)

| 題目  | 理由               | 是 | 非 |
|-----|------------------|---|---|
| i   | JA 不能產生胰島素       |   |   |
| ii  | 水果 C 水份含量較水果 D 高 |   |   |
| iii | 水果 C 較甜          |   |   |
| iv  | JA 不能產生升糖素       |   |   |

## 實驗二：再生能源

### 【簡介】

奈及利亞是世界主要的石油生產國。石油是奈及利亞主要的外匯收入來源。然而石油是可耗盡的。因此有新的動力，尋找替代能源，並且是可持續使用的再生能源。

從植物和動物脂肪產生的生質柴油正好是一種再生能源。它和化石柴油一樣，可以在不修改引擎的情況下，有類似的應用。和化石柴油相比，燃燒生質柴油排放到大氣中的污染物大為減少。由於它是從植物和動物脂肪而來，也被視為是再生能源。

柴油燃料之品質特性包括黏度、燃燒點、濁點、凝點和酸值。

公式 (1) 及 (2) 可重新排列，以導出表示絕對黏度  $\eta$  之公式：

$$8lV\eta = \pi g h \rho r_0^4 \Delta t \dots\dots\dots(1)$$

$$8klV = \pi g h r_0^4 \dots\dots\dots(2)$$

其中

$l$  = 長度， $\pi$  = 常數

$g$ ：重力加速度

$h$  = 黏度計高度

$\rho$  = 液體密度

$r_0$  = 管子半徑

$\Delta t$  = 液體流經兩點的時間

$\eta$  = 絕對黏度

$V$  = 總時間  $\Delta t$  內流過的總體積

和  $k$  = 參數；但若  $\Delta t$  和  $\rho$  均為常數時，

$k$  亦為常數

### 【實驗目標】

在此實驗中，您需將奈及利亞非常多的棕櫚樹產生之棕櫚仁油(Palm Kernel Oil, PKO)製成生質柴油。

1. 從棕櫚仁油(PKO)製備生質柴油
2. 估計從棕櫚仁油(PKO)製備生質柴油之質量百分比產率。
3. 測量 PKO 和 PKO-生質柴油的酸價。

### 【器材/藥品】

- a) 棕櫚仁油(PKO) (100 cm<sup>3</sup>) (密度 0.912 g cm<sup>-3</sup>)
- b) 甲醇 (Methanol, CH<sub>3</sub>OH, 50 cm<sup>3</sup>) **注意**: 甲醇有危險, 使用時應避免吸入, 並應戴安全眼鏡
- c) 氫氧化鉀 (KOH) (30 粒)
- d) 棉花球
- e) 水 (500 cm<sup>3</sup>)
- f) 無水硫酸鎂 (MgSO<sub>4</sub>) (1 袋)
- g) 250 cm<sup>3</sup> 平底圓瓶 (含橡皮塞) (1)
- h) 250 cm<sup>3</sup> 錐形瓶 (4)
- i) 250 cm<sup>3</sup> 燒杯 (4)
- j) 洗滌瓶 (1)
- k) 100 cm<sup>3</sup> 量筒 (2)
- l) 125 cm<sup>3</sup> 分液漏斗 (1)
- m) 括勺 (1)
- n) 玻璃漏斗 (1)
- o) 滴定管 (1)
- p) 0.01 mol L<sup>-1</sup> 氫氧化鉀溶液 (KOH) (足夠量)
- q) 酚酞指示劑 (Phenolphthalein Indicator)

- r) 乙醇 (Ethanol,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ )
- s) 碼錶 (1)
- t) 攪拌棒(1)
- u) 吸量管及安全吸量器

### 【製備生質柴油之步驟】

1. 用括勺，取 5 顆粒的氫氧化鉀 (KOH) 到  $250\text{ cm}^3$  之平底圓瓶中。
2. 用量筒量  $10\text{ cm}^3$  的甲醇 ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) 倒進入平底圓瓶中。用橡皮塞，塞住圓瓶，劇烈搖動，直到氫氧化鉀 (KOH) 溶解。  
**注意：**這個過程是放熱反應，所以要小心橡皮塞。
3. 再用量筒量  $30\text{ cm}^3$  的 PKO 倒進入瓶中，塞住圓瓶，劇烈搖晃此混合物 15 分鐘。
4. 將圓瓶中所有的溶液都倒到  $125\text{ cm}^3$  的分液漏斗內，並讓混合物靜置約 7 分鐘，在沒有加塞子的情況下，讓下層流到一個燒杯中。上層即是粗生質柴油。
5. 用量筒量  $40\text{ cm}^3$  的水，加入含粗生質柴油的分液漏斗中，慢慢搖動，注意不要讓液體漏出。靜置使之分層，將下層流入燒杯中。重複此步驟兩次，用以清洗生質柴油。可用同一燒杯收集下層。
6. 將生質柴油流到  $250\text{ cm}^3$  乾淨的空燒杯中，慢慢將袋中無水硫酸鎂 ( $\text{MgSO}_4$ )，全部加入生質柴油中。
7. 用攪拌棒慢慢攪拌混合，再使其靜置

約 60 秒，然後慢慢傾倒出乾淨的生質柴油到一個乾淨的量筒內。剩餘的混濁生質柴油可用附有棉花塞的小漏斗過濾，將生質柴油收集到同一量筒內。

8. 記錄產生的生質柴油之體積。

### 【測量 PKO-生質柴油的酸價】

1. 用安全吸量器及吸量管，吸取  $2.0\text{ cm}^3$  的 PKO-生質柴油到錐形瓶中。
2. 加入  $10\text{ cm}^3$  的乙醇(ethanol)，並搖動約 60 秒。
3. 將  $0.01\text{ mol L}^{-1}$  的氫氧化鉀 (KOH) 溶液加入滴定管中。
4. 用酚酞當指示劑，用  $0.01\text{ mol L}^{-1}$  的 KOH 滴定 PKO-生質柴油溶液。
5. 記錄滴定體積。
6. 重複滴定至少一次。

### 【測量 PKO 的酸價】

1. 用安全吸量器及吸量管，吸取  $2.0\text{ cm}^3$  的 PKO 到錐形瓶中。
2. 加入  $10\text{ cm}^3$  的乙醇(ethanol)，並搖動約 60 秒。
3. 將  $0.01\text{ mol L}^{-1}$  的氫氧化鉀 (KOH) 溶液加入滴定管中。
4. 用酚酞當指示劑，用  $0.01\text{ mol L}^{-1}$  的 KOH 滴定 PKO-生質柴油溶液。
5. 記錄滴定體積。
6. 重複滴定至少一次。

### 【問題】

2.1 由下列選項中，選出在製備生質柴油的第 4 步中，分液漏斗下層溶液中含有的兩種物質：

- (i) KOH
- (ii) 水
- (iii) PKO
- (iv) 生質柴油

(0.5 x 2 = 1.0 分)

2.2 由你的實驗結果，計算由 PKO 作出 PKO-生質柴油的質量百分產率。(假設 PKO 生質柴油之密度為  $0.89 \text{ g cm}^{-3}$ ) (2.5 分)

2.3 在製備 PKO 生質柴油的第 6 步中，為什麼要加入硫酸鎂( $\text{MgSO}_4$ )？從下表選出正確的選項。(0.5 分)

| 選項 | 原因           |
|----|--------------|
| A  | 為了增加其導電度     |
| B  | 為了將油還原成碳氫化合物 |
| C  | 為了去除剩餘的水分    |
| D  | 為了提高生質柴油的黏度  |

2.4 由公式 1 和 2 解出絕對黏度  $\eta$  的公式 (1.0 分)

2.5 記錄滴定 PKO 的滴定體積。(1.5 分)

2.6 利用酸價之公式；酸價 =  $(V \times c \times Z) / m$ ，計算 PKO 的酸價。

其中

V = 使用  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$  之 KOH 溶液的體積，以 L 為單位

c = KOH 溶液的濃度 ( $0.01 \text{ mol L}^{-1}$ )

m = 使用 PKO 樣品的質量

Z =  $56.1 \text{ g/mol}$

注意單位要統一。 $1 \text{ cm}^3$  的 PKO 重  $0.912 \text{ g}$  (1 分)

2.7 計算 PKO 的酸的濃度，以  $\text{mol L}^{-1}$  為單位。(K = 39.1, O = 16.0, H = 1.0) (1 分)

2.8 記錄滴定 PKO-生質柴油的滴定體積。(1.5 分)

2.9 利用相同的酸價公式；酸價 =  $(V \times c \times Z) / m$ ，計算 PKO-生質柴油的酸價。其中

V = 使用  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$  之 KOH 溶液的體積，以 L 為單位

c = KOH 溶液的濃度 ( $0.01 \text{ mol L}^{-1}$ )

m = 使用 PKO-生質柴油樣品的質量

Z =  $56.1 \text{ g/mol}$

注意單位要統一。 $1 \text{ cm}^3$  的 PKO-生質柴油重  $0.89 \text{ g}$  (1 分)

2.10 計算 PKO-生質柴油的酸的濃度，以  $\text{mol L}^{-1}$  為單位。(K = 39.1, O = 16.0, H = 1.0) (1 分)

2.11 從 A-D 中選出一個正確的原因，可解釋為何 PKO 和 PKO-生質柴油的酸度不同？(0.5 分)

A. 製備 PKO-生質柴油的方法，使它較不穩定。

B. 因為製備 PKO-生質柴油時，使用了硫酸鎂 ( $\text{MgSO}_4$ )。

C. 因為製備 PKO-生質柴油時，混合了氫氧化鉀 (KOH)，因而中和其酸性。

D. 此製備 PKO 生質柴油的方法，使它提高產量。

2.12 生質柴油燃燒時，比化石柴油排放較少的污染物到大氣中。由以下選項選出最好的原因：(0.5 分)

- A. 生質柴油含有更多的氧原子。
- B. 生質柴油含有較少的硫原子。
- C. 生質柴油含有較多的碳原子。
- D. 生質柴油密度較高。

### 實驗三：測量蓖麻油的黏滯係數

#### 【簡介】

已知一個半徑為  $r$  密度為  $\rho_s$  的金屬球，受重力作用在密度為  $\rho_l$  的黏滯液體中下降，金屬球會受到反向的作用力，下降至某點之後的運動遵循下列方程式：

$$\frac{4}{3}\pi^3\rho_l g + 6\pi r\eta_l v_o = \frac{4}{3}\pi^3\rho_s g \dots\dots(1)$$

其中  $g$  是重力加速度， $\eta_l$  是液體黏滯係數，而  $v_o$  則是力平衡時的速率(終端速率)。

#### 【目的】

本實驗之目的是要利用方程式(1)，決定蓖麻油的黏滯係數。

#### 【步驟】

本實驗之目的是要利用方程式(1)，決定蓖麻油的黏滯係數。

1. 仔細檢查安裝好的實驗器材如圖 1。(若有不妥，例如不夠鉛直，舉手呼請監試人員協助)。勿擅自搬動器材。
2. 取一顆金屬球，小心的盡量接近圓管內液面中央，釋放金屬球。

3. 依據表 1，以 20 cm 刻度線作為計時的起始點，利用碼錶測量金屬球於管中液體內落下的時間。如果下降中的球觸及管壁，舉手呼請監試人員調整鉛直。
4. 在  $(t_1)$  欄，分別記錄金屬球從起始點落至 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 以及 110 cm 刻度線的時間。
5. 重覆步驟 4，並紀錄於  $(t_2)$  欄。
6. 計算  $t_1$  和  $t_2$  的平均值，並紀錄於  $(t)$  欄。(3.2 分)

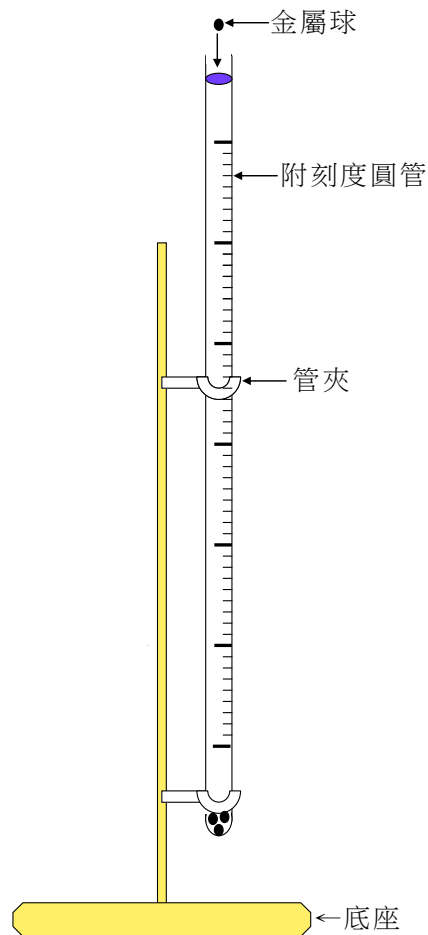


圖 1、實驗裝置

表 1：數據表

| 圓管刻度 (cm) | 下降距離 (cm) | 時間 (s)         |                |      |
|-----------|-----------|----------------|----------------|------|
|           |           | t <sub>1</sub> | t <sub>2</sub> | t    |
| 20        | -         | 0.00           | 0.00           | 0.00 |
| 40        |           |                |                |      |
| 50        |           |                |                |      |
| 60        |           |                |                |      |
| 70        |           |                |                |      |
| 80        |           |                |                |      |
| 90        |           |                |                |      |
| 100       |           |                |                |      |
| 110       |           |                |                |      |

## 【問題】

- 3.1 將下降距離對時間作圖。(1.6 分)
- 3.2 計算第 3.5.1 題圖形的斜率。(1.2 分)
- 3.3 方程式 (1) 中的三項分別以 A、B 與 C 為代號，列於表 2。各項可能的名稱列於表 3。(在答案卷的表格中，填入對應於表 2 代號之表 3 代號。)(1.5 分)

表 2

| A                             | B                   | C                             |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| $\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_l g$ | $6\pi r \eta_l v_o$ | $\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s g$ |

表 3

| I       | II   | III      | IV  | V   |
|---------|------|----------|-----|-----|
| 重力 (重量) | 強作用力 | 浮力 (向上力) | 黏滯力 | 離心力 |

3.4 調整方程式 (1)，解出  $\eta_l$ 。並稱之為方程式 (2)。(1.2 分)

3.5 已知  $v_o$  為第 3.2 題所求的斜率， $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ ， $\rho_l = 900 \text{ kgm}^{-3}$ ， $\rho_s = 7800 \text{ kgm}^{-3}$ ，利用方程式 (2) 計算  $\eta_l$ 。(2.3 分)

3.6 表 4 中的因素會影響在地球上不同位置進行此實驗的結果。打勾(✓)標示對或錯。(1.0 分)

表 4

|      | True 對 | False 錯 |
|------|--------|---------|
| 高度   |        |         |
| 緯度   |        |         |
| 相對濕度 |        |         |
| 周遭溫度 |        |         |

3.7 表 5 為可能會影響實驗精確度的注意事項。打勾(✓)標示對或錯。(1.0 分)

表 5

|                     | True 對 | False 錯 |
|---------------------|--------|---------|
| 減少視差造成的誤差           |        |         |
| 避免球與玻璃管壁接觸          |        |         |
| 以 50 cm 刻度線作為計時的起始點 |        |         |
| 距離液面一定高度釋放金屬球       |        |         |