

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) (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 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 KMnO_4 (VII) 的化學反應中，葡萄糖分子可使得過錳酸根 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 (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 \rightleftharpoons 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 cm³ 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) 10cm³ (8 個)
 - (ii) 5 cm³ (2 個)
 - (iii) 2 cm³ (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 cm³ 的針筒取表 1 中各葡萄糖溶液 10 cm³ 注入標記好的錐形瓶內。
3. 利用 5 cm³ 的針筒加入 5 cm³ 硫酸 (VI) 於標記為 G1 的錐形瓶內
4. 利用 2 cm³ 的針筒加入 2 cm³ 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 cm³ 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 cm³ 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 η 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， π = 常數

g ：重力加速度

h = 黏度計高度

ρ = 液體密度

r_0 = 管子半徑

Δt = 液體流經兩點的時間

η = 絕對黏度

V = 總時間 Δt 內流過的總體積

和 k = 參數；但若 Δt 和 ρ 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 cm³) (密度 0.912 g cm⁻³)
- b) 甲醇 (Methanol, CH₃OH, 50 cm³) **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 cm³)
- f) 無水硫酸鎂 (MgSO₄) (1 袋)
- g) 250 cm³ 平底圓瓶 (含橡皮塞) (1)
- h) 250 cm³ 錐形瓶 (4)
- i) 250 cm³ 燒杯 (4)
- j) 洗滌瓶 (1)
- k) 100 cm³ 量筒 (2)
- l) 125 cm³ 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⁻¹ 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 cm^3 之平底圓瓶中。
2. 用量筒量 10 cm^3 的甲醇 (CH_3OH) 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 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 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 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 cm^3 乾淨的空燒杯中，慢慢將袋中無水硫酸鎂 (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 cm^3 的 PKO-生質柴油到錐形瓶中。
2. 加入 10 cm^3 的乙醇(ethanol)，並搖動約 60 秒。
3. 將 0.01 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 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 cm^3 的 PKO 到錐形瓶中。
2. 加入 10 cm^3 的乙醇(ethanol)，並搖動約 60 秒。
3. 將 0.01 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 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 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(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 η 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 mol L^{-1} 之 KOH 溶液的體積，以 L 為單位

c = KOH 溶液的濃度 (0.01 mol L^{-1})

m = 使用 PKO 樣品的質量

Z = 56.1 g/mol

注意單位要統一。 1 cm^3 的 PKO 重 0.912 g (1 分)

2.7 計算 PKO 的酸的濃度，以 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 mol L^{-1} 之 KOH 溶液的體積，以 L 為單位

c = KOH 溶液的濃度 (0.01 mol L^{-1})

m = 使用 PKO-生質柴油樣品的質量

Z = 56.1 g/mol

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

2.10 計算 PKO-生質柴油的酸的濃度，以 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 (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 ρ_s 的金屬球，受重力作用在密度為 ρ_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， η_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)

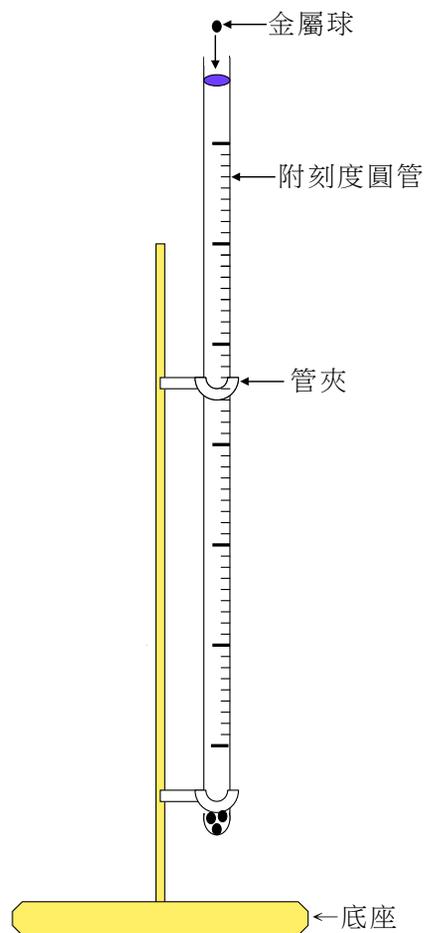


圖 1、實驗裝置

表 1：數據表

圓管刻度 (cm)	下降距離 (cm)	時間 (s)		
		t ₁	t ₂	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 η_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 η_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		