
2015 年第十二屆國際國中科學奧林匹亞競賽

--實驗測驗

國立臺灣師範大學 科學教育中心

實驗介紹

時間：3 小時 30 分

總分：40 分

柑橘(圖一)是一種無籽、帶有獨特酸甜味道又很容易剝成一片一片的水果，在韓國很受歡迎。你們在韓國停留的期間，大抵已品嚐過柑橘。

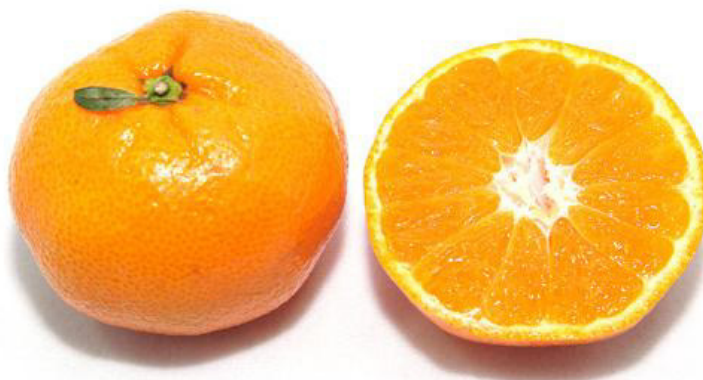


圖 1 柑橘

競賽中，你將操作以下有關柑橘的三個實驗：

實驗 I：實驗測量決定果汁的密度。

實驗 II：實驗測量決定果汁的檸檬酸含量。

實驗 III：解剖水果和種子。

實驗 I 和實驗 II，分析橘子汁和蘋果汁。實驗 III 觀察柑橘和蘋果的內部。

實驗 I：果汁密度的測定

1. 背景知識

【虎克定律】

虎克定律是一項物理原理，它說明須把彈簧拉伸或壓縮一段距離 x 的作用力 F 跟 x 成正比，亦即 $F = -kx$ 。這其中 k 稱作彈簧常數，是描述彈簧堅韌度的特徵量。

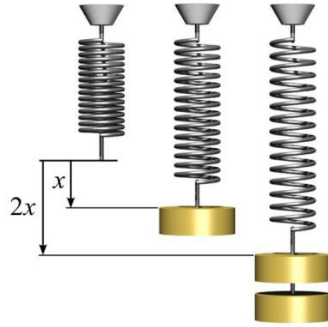


圖 I-1. 虎克定律

【亞基米德原理】

一個完全或部份浸沒在流體中的物體，它所受的浮力等於它所排開的流體的重量。

【虎克定律】

虎克定律是一項物理原理，它說明須把彈簧拉伸或壓縮一段距離 x 的作用力 F 跟 x 成正比，亦即 $F = -kx$ 。這其中 k 稱作彈簧常數，是描述彈簧堅韌度的特徵量。

2. 實驗材料

器材設備	材料
支架和夾子	20 公克 砝碼
彈簧	50 公克(三個)砝碼
50 公分直尺	新鮮果汁(柑橘和蘋果)
100 mL 圓柱形量筒	蒸餾水
擦拭紙	

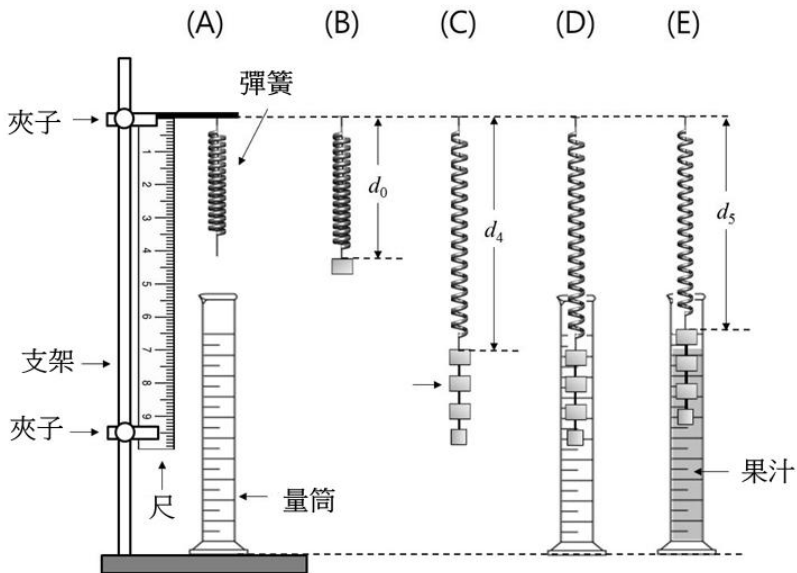


圖 I-3. 虎克定律的實驗裝置

3. 實驗步驟

在此實驗中，所有砝碼的質量已經標示在各砝碼塑膠封袋的封面上，在計算時可直接使用這些砝碼的質量。

1. 如圖 I-3(A) 所示，把彈簧懸掛在支架的夾子上。
2. 把一個 50g 的砝碼掛在彈簧上，並在答案卷 (表 I-1-1) 的 d_0 欄位上精確紀錄這質量值 (表 I-1-1)。
3. 紀錄如圖 I-3(B) 所示的彈簧長度 (d_0) 到小數點後一位的精確度，記錄在在答案卷 (表 I-1-1)。
4. 逐一加上其他砝碼，以增加掛在彈簧上的總重量，再作另 4 次測量。對每個組合(d_1 至 d_4)，精確記錄相應的質量並測量彈簧的長度，然後把它們寫在答案卷上(表 I-1-1)。長度測量值應標示到小數點後一位。
5. 從彈簧上移除所有砝碼。
6. 把約 70 mL 的水倒入量筒中，並在答案卷 (表 I-2-1) 上紀錄其體積。
7. 把彈簧以及 50g + 50g + 50g 的砝碼串置入量筒，使得只有最下面的兩個砝碼完全浸入水中，如圖 I-3(D) 所示，然後在答案卷 (表 I-2-1) 上紀錄水的體積讀數。
8. 降下彈簧和砝碼串，使得三個砝碼都完全浸入水中，然後在答案卷 (表 I-2-1) 上紀錄水的體積讀數。你也許要把彈簧往下拉、或把量筒往上挪，以確保三個砝碼都完全浸沒。
9. 把水倒掉，並清洗量筒和砝碼。
10. 以擦拭紙把砝碼上的水擦乾。
11. 把彈簧和 50g + 50g + 50g 的砝碼串吊入量筒內，並在答案卷 (表 I-2-2) 上紀錄彈簧的長度。慢慢地倒入蘋果汁，直至只有最下面的兩個砝碼完全浸入蘋果汁中。(你也許需要把量筒往上挪。)
12. 紀錄彈簧的長度到小數點後一位 (表 I-2-2)。
13. 慢慢往量筒中倒入更多的蘋果汁，使得三個砝碼都完全浸入蘋果汁中。(你也許需要把量筒往上挪。)
14. 在答案卷 (表 I-2-2) 上紀錄彈簧的長度到小數點後一位的精確度。
15. 用清水把蘋果汁洗掉，以橘子汁代替，重覆步驟 10 至 14。
16. 從你所得的結果，回答下列的問題。

4. 問題(14 分)

I-1. [6.0 分]

I-1-1. [1.25 分] 步驟1至5 (表I-1-1)。

I-1-2. [2.5 分] 繪出彈簧長度 (y) 對砝碼質量 (x) 的圖。在你的圖上，繪出最佳的直線 (圖I-1-2)。

I-1-3. [1.25 分] 從圖上算出斜率和截距，並把它們紀錄在表格上 (表I-1-3)。

I-1-4. [1.0分] 計算以N/m為單位的彈簧常數 (表I-1-4)。(設重力加速度為 9.81 m/s^2)

I-2. [6.0 分]

I-2-1. [2.0 分] 在答案卷的表格 (表I-2-1) 上，填上從步驟 7 至 8 的測量值。計算兩個 50g 砝碼和三個 50g 砝碼的體積。

I-2-2. [2.0 分] 從步驟 12、14 和 15，分別計算砝碼在蘋果汁和橘子汁中時彈簧的伸長量 (表I-2-2)。

I-2-3. [2.0 分] (分別)計算兩種果汁對各砝碼組合的浮力 (表I-2-3)。

I-3. [2.0 分] 分別計算蘋果汁和橘子汁的平均密度 (表 I-3)。

實驗 II：果汁中檸檬酸的含量測定

1. 背景

【檸檬酸】

檸檬酸，存在於柑橘類水果，分子式為 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ 的弱有機酸 (圖 II-1)。它也常被當成酸味添加劑，用於食品和飲料。檸檬酸、加上少量的蘋果酸和酒石酸，造成柑橘類水果的酸味和獨特的品味。檸檬酸在柑橘類水果中的含量在季節初時為最高，然後隨著果實越來越成熟，而逐漸減少。

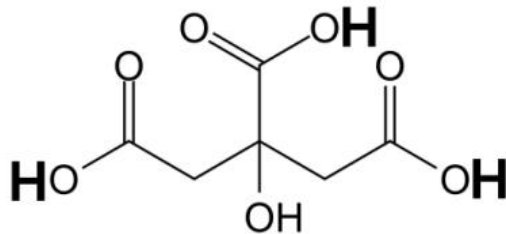
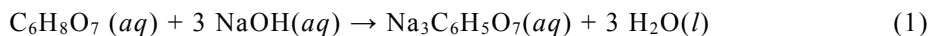


圖 II-1. 檸檬酸的分子結構

【酸鹼】

阿瑞尼斯提出的酸和鹼分別是當物質溶解於水中時，分別可釋放出質子 (H^+) 和氫氧根離子 (OH^-) 的物質。雖然有更一般性的酸鹼定義，但阿瑞尼斯酸鹼概念用於分析在水溶液中的許多酸鹼反應還是非常有用的。

當溶於水時，檸檬酸是三質子酸（在圖 II-1 中，質子用粗體 **H** 標示），最多可放出 3 個 H^+ 。若有強鹼如氫氧化鈉 (NaOH)，加到含有檸檬酸的水溶液中，每個酸的質子都會和氫氧化鈉中的氫氧根 (OH^-) 反應產生水 (H_2O) 和鈉離子 (Na^+)。鈉離子 (Na^+) 會取代原質子在酸中的位置，以形成鹽。此類型的酸-鹼反應稱為中和反應。



【酸鹼滴定法】

利用酸鹼中和反應，可以判斷酸或鹼的濃度。此方法稱為滴定。滴定包含可容易測量遞送物質之體積(從滴定管)，將已知濃度之(滴定劑)慢慢加入含有待分析的溶液中(分析物)。當滴定劑加到與待分析物剛好足夠反應時，稱為**當量點**。當量點常需要指示劑來指出。指示劑在一開始滴定时就要加入，指示劑會在當量點(或非常接近當量點)改變顏色。當指示劑實際改變顏色時，稱為**滴定終點**。

在這個實驗中，你將使用 NaOH 溶液作為滴定劑，來判定在果汁中的檸檬酸(分析物)的濃度，指示劑為酚酞。圖 II-2 為滴定實驗之裝置。你要用滴定管將 NaOH 溶液加入果汁中。在滴定一開始時，果汁的顏色保持微黃一段時間。當粉紅色/紫色開始出現時，滴定速度要更慢，應該一滴一滴地將 NaOH 溶液加入果汁中，直到淺粉色/紫色持續至少 30 秒。此即為滴定終點，也是本實驗之當量點。

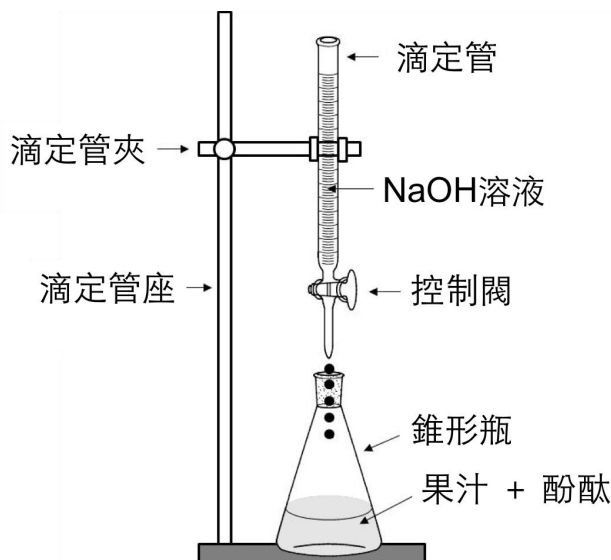


圖 II-2. 酸鹼滴定的實驗裝置

從果汁中的檸檬酸所放出的 H^+ 之量和從所有加入之 NaOH 溶液放出的 OH^- 是一樣多的，因而可判定該酸的濃度。現複習一下，濃度可用體積莫耳濃度(mol/L)來表達：

$$\text{體積莫耳濃度}(M) = \frac{\text{溶質莫耳數}(\text{mol})}{\text{溶液體積}(L)} \quad (2)$$

假設果汁中所有的酸皆為檸檬酸。

將 NaOH 溶於水中，可視為100%解離，因此OH⁻的濃度等於氫氧化鈉的濃度。由此，用式(2)和 NaOH 溶液的濃度，可計算 OH⁻ 的莫耳數。一旦知道 OH⁻ 的莫耳數，檸檬酸的莫耳數可從式(1)，檸檬酸和 NaOH 反應之莫耳比來確定。

實驗準備了兩種果汁，柑橘和蘋果。你將寫出每個果汁中，檸檬酸的重量百分濃度。重量百分濃度為：

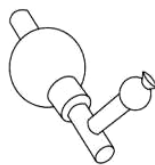
$$\text{百分}(\%) = \frac{\text{檸檬酸的重量}}{\text{溶液的總重量}} \times 100 \quad (3)$$

2. 材料

器材	藥品
50 mL 滴定管	0.100 M NaOH 溶液
滴定管夾及座	1% 酚酞指示劑(標示為 PP)
10 mL 吸量管及安全吸球	蒸餾水
1L 空塑膠罐 (裝廢液)	果汁 (橘子、蘋果)
漏斗	
小滴管	



吸量管



安全吸球



漏斗



小滴管

安全吸球使用說明

1. 小心將吸量管插入安全吸球管的底部。
2. 壓安全吸球的“A”點，同時擠壓安全吸球釋放空氣，若要吸很多溶液，就要擠出更多的空氣。
3. 將吸量管尖端插入待取液體中。
4. 壓安全吸球管的“S”點，此時即可將液體吸進吸量管中，直到你想要的體積。

要小心不要讓液體吸入安全吸球管。

5. 要將液體放出時，可壓在側管的“E”點。這樣就可以釋放液體。
6. 最好的使用方法是在第 4 步吸取樣品時，吸取(壓“S”點)比想要的體積再多一點。再用壓“E”點使之慢慢達到想要的位置。當吸量管有所要的體積之溶液時，再壓“E”點，使之流入適當的瓶子中。



3. 實驗步驟

開始實驗前，請仔細閱讀安全吸球使用說明，必要時，用水練習。

1. 搖一搖果汁瓶，再用吸量管量取 10 mL 橘子汁，放入乾淨的錐形瓶中。
2. 立即用蒸餾水，沖洗吸量管。
3. 加入約 10 mL 蒸餾水到已含有果汁的錐形瓶中。
4. 加六滴酚酞指示劑到錐形瓶中。
5. 小心搖晃均勻混合。
6. 用漏斗將滴定管裝滿 0.100 M 的 NaOH 溶液。
7. 打開滴定管之控制閥，讓少許 NaOH 溶液流入廢液桶，以避免空氣存留。
8. 記錄 NaOH 溶液的初始讀數到小數點兩位，寫在答題卷的 II-1 位置。
9. 將錐形瓶放在滴定管下方，慢慢加入 NaOH 溶液到錐形瓶中。邊搖動錐形瓶，邊使用控制閥。
10. 當溶液顏色開始變化後，加 NaOH 溶液的速度要稍微慢一點。最好是一滴一滴的加入，直至滴定終點（顏色之變化可持續至少 30 秒）。
11. 記錄滴管的刻度讀數到小數點兩位，寫在答題卷的 II-1 的地方。
12. 用蒸餾水清洗錐形瓶。
13. 重複步驟 1 - 12 將橘子汁再做三次。
14. 用蘋果汁做此實驗，重複步驟 1 - 12 共做四次。
15. 用實驗結果回答問題。

4. 問題

II-1. [7.0 分]

計算每次滴定之 NaOH 溶液體積(單位為 mL)，並計算滴定橘子汁、蘋果汁各需之平均體積。

II-2. [2.0 分] 計算使用於滴定橘子汁、蘋果汁所用 NaOH 之平均莫耳數。

II-3. [2.0 分]

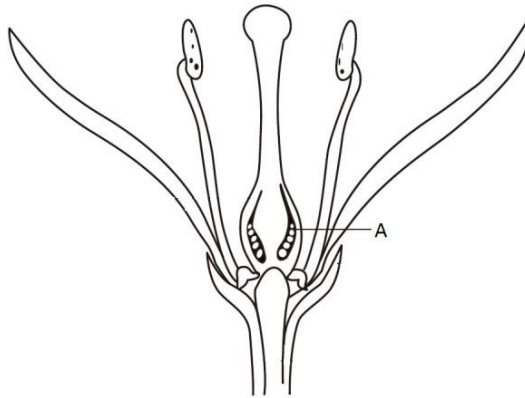
計算在 10mL 橘子汁、蘋果汁中各含檸檬酸多少莫耳及重量(用 g 做單位)。
(原子質量：C、H、O 分別是 12、1.0、16)。

II-4. [2.0 分]

計算橘子汁、蘋果汁中，檸檬酸的重量百分濃度。在計算時，假設兩果汁的密度都為 1.00 g/cm^3 。

實驗 III：果實和種子的解剖與分類

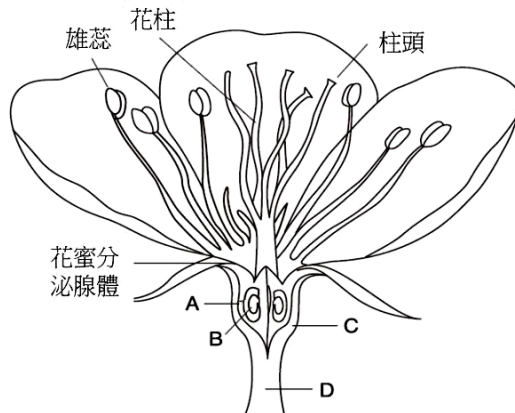
III-1. [1.0 分] 下圖為檸檬花的圖解



將檸檬從中間橫切，繪製切面圖。並在圖中標示出源自於 A 的構造。

III-2. [2.0 分] 下圖為蘋果花的圖解

通過蘋果的中心，將蘋果縱切，繪製其切面圖，並在圖中分別標示出源自於 A，B，C 和 D 的組織。



III-3. 被子植物是已知的開花植物。可依據它們的花，種子內胚乳，及生產含有的種子，將果實來分類。一個典型的果實具有稱為果皮的外壁，由外果皮，中果皮，和內果皮組成。例如，將蘋果縱向切成兩半，表層是外果皮，肉質部分是中果皮，紙質部分是內果皮。內果皮內含種子。果實可用下列未完成的二叉分類法進行分類。

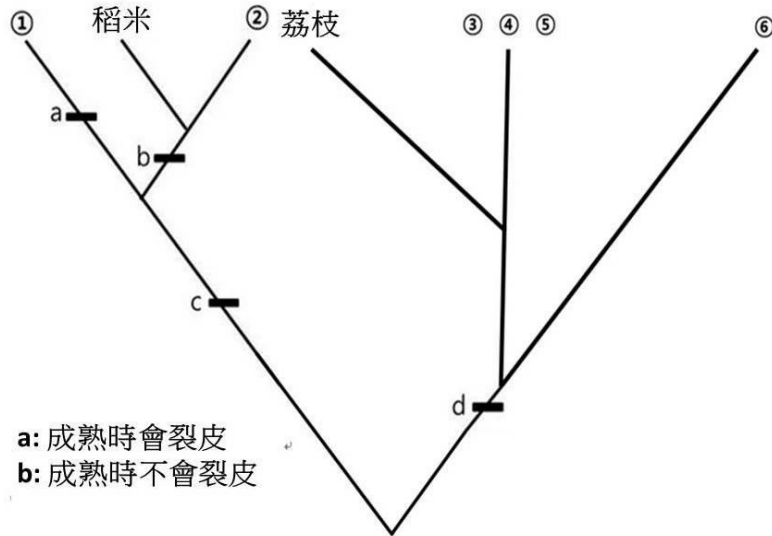


圖 III-1 八種果實的二叉分類指引

III-3-1. [2.0 分] 從表一中選出最能代表圖 III-1 中①及②的果實，請使用(A)至(H)的代號。

表一

(A) 橡果	(B) 蘋果	(C) 豆莢	(D) 荔枝	(E) 檸檬
(F) 柿子	(G) 稻米	(H) 草莓		

III-3-2. [2.0 分] 自表二的果實分類特徵中，選出最能代表圖 III-1 中 c 及 d 的特徵。(對 c 及 d 均各只有一個正確答案)

表二

<p><果實的分類特徵></p> <p>一、起源</p> <p>I-a 簡單果：由單一的雌蕊形成</p> <p> I-a-1 單一種子果實</p> <p> I-a-2 多種子果實</p> <p>I-b 複合果：超過一個以上的雌蕊形成（集生果和多生果）</p> <p> I-b-1 集生果：從單一花朵中一群但分開的雌蕊所形成</p> <p> I-b-2 多生果：從多朵花的多個雌蕊所形成</p> <p>二、組成</p> <p>II-a 真果：只由成熟子房及其內的種子所組成。</p> <p>II-b 附果：其組成包括除了成熟子房外的其他構造，如花托，苞片，花被等</p> <p>三、外觀</p> <p>III-a 漿果：其果皮在成熟時會變為肉質及柔軟。</p> <p>III-b 乾果：其果皮在成熟時變得乾燥。</p>
--

III-3-3. [4.0 分] 仔細研究果實。您可能需要切開果實才能做到這一點。參考表一中的果實，用打勾 (✓) 方式選出下表中每種果實 (A 到 H) 所有符合的分類類別。

果實 \ 分類類別	A 橡果	B 蘋果	C 豆莢	D 荔枝	E 檸檬	F 柿子	G 稻香	H 草莓
單一種子果實								
多種子果實								
集生果								
多生果								
真果								
附果								
漿果								
乾果								

III-3-4. [1.5 分] 自表一中選出最適合代表圖中③、④、⑤ 和⑥ 的果實。

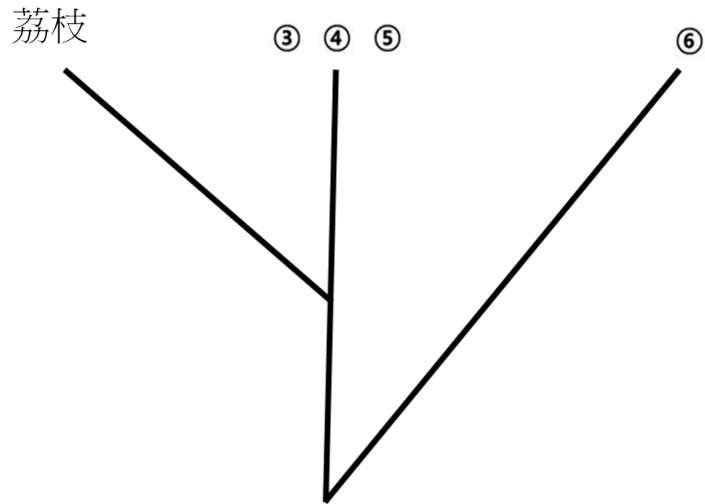


圖 III-1 的局部圖

代號	來自表一的英文代號
③	
④	
⑤	
⑥	