

2013 年第十屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --實驗測驗

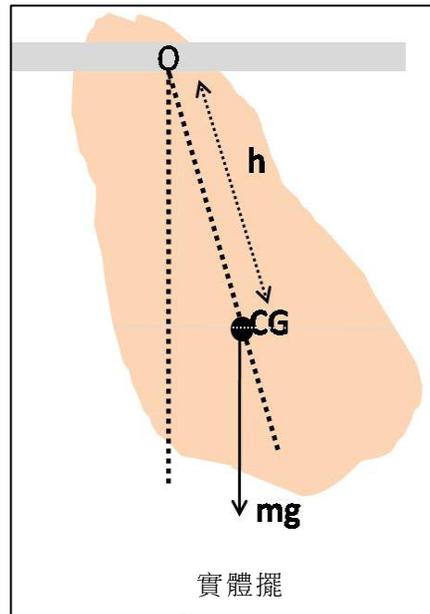
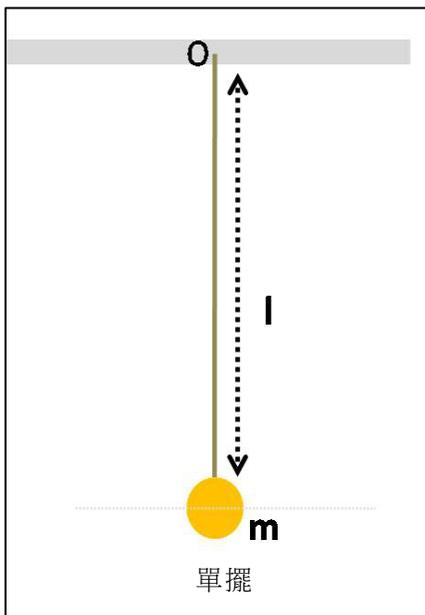
國立臺灣師範大學 科學教育中心

實驗 A (此實驗分為三部分)

一個單擺包含一個質量為 m 的質點，懸掛於一長度為 l 的無質量細繩，繩之另一端固定於 O 點。偏移平衡點(見下圖)小位移之後，質點 m 作簡諧運動，其週期 T (來回擺一次)為：
DNA 可從多種植物中萃取出來，而麥芽是極佳的 DNA 來源。以下方框內之實驗操作已為你完成。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

其中 g 為重力加速度。



小幅擺動更常見的情況為 **實體擺** 又稱為 **複擺**。我們可以描述質量為 m ，任意形狀與大小剛體的運動。其轉軸為 O (稱為“懸掛點”，如上圖所示)。小位移時，此一實體擺作簡諧運動，其週期為：

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_0}{mgh}}$$

此處 I_0 為繞著通過懸掛點轉軸的轉動慣量， h 是懸掛點與重心(CG) 的距離，而 g 是重力加速度。

轉動慣量 (I_0) 是物體抗拒轉動改變的特性。它取決於於轉軸而定，也取決於形狀。

就質點 m 而言，轉動慣量 I_0 為 $I_0 = mr^2$ ，其中 r 是質點與轉軸的距離。

本實驗考量一片質量為 m 的三角形，平行於其平面振動。其繞著通過懸掛點 O 的轉軸之轉動慣量為：

$$I = m(K^2 + h^2),$$

其中 K 稱為迴轉半徑。

實體擺的週期為

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{K^2 + h^2}{gh}}$$

週期也可記做 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，

其中 $L = \frac{k^2}{h} + h$ 稱為等效單擺的擺長。

在 CG 的另一側(於 O 與 CG 連線上)，與

CG 相距 $h' = \frac{K^2}{h}$ 的另一點 S ，稱為“擺動點”。

繞著懸掛點 O 的振動，因此與集中所有質量於 S 之單擺等效。

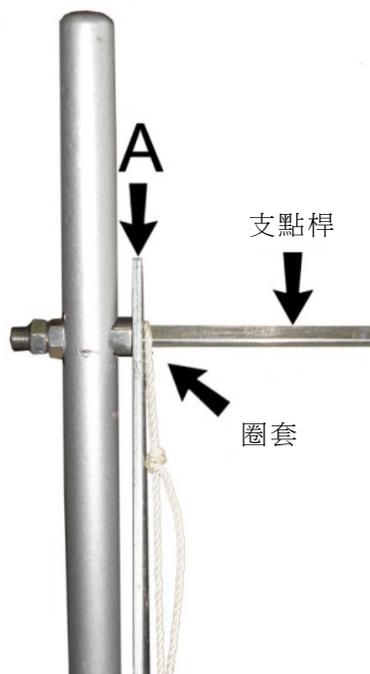
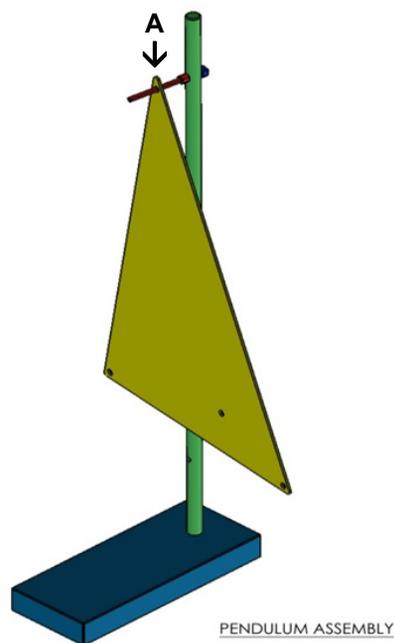
【器材表】

	數量
固定座	1
三角板	1
支點桿，含作為懸掛點的尖角邊	1
鉛錘線	1
直尺	1
碼錶 (與實驗 B 共用同一碼錶)	1

A1：決定一片三角板 A 的重心

【步驟】

1. 把三角板 A 以三個角落的孔洞之一，懸掛在支點桿 (安裝在固定座) 上(如下圖)。



2. 確認懸掛的板為靜止。將鉛錘線末端圈套掛於支點桿 (如上圖所示)。運用直尺與鉛筆，在板上沿鉛錘線畫記一直線。
3. 以板上不同孔洞懸掛，重複以上步驟。兩線的交點即為 CG。將其以鉛筆畫記“X”於板上。
在印有三角板的大張紙上(已給你)，畫記兩直線與“X”點。標識此大張紙為 Sheet 1。並請在 Sheet 1 上，寫下所有組員編號 (ID) 以及國碼 (Country Code) (A-Q1, 1 分)
4. 以板上另一孔洞懸掛，重複步驟 1 到 2。此線亦通過 CG。也在 Sheet 1 上畫記此直線。

【注意】

正確的決定 CG 非常重要，因為此處的小誤差會導致測量 h 與之後應用的誤差。

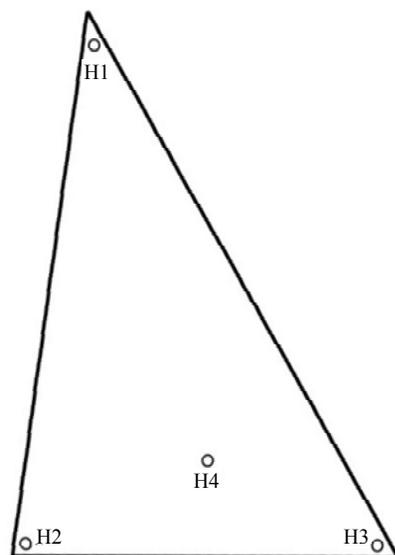
A2：記錄不同懸掛點的振動週期

【步驟】

1. 通過孔洞 H1 以支點桿懸掛三角板。確認板盡量位於支點桿的中點，並懸於尖角邊上 (如右圖所示)。這步驟很重要，可降低振動阻尼，以減小測量振動週期的誤差。
注意：測量距離時，都從孔洞 之上緣測量起。
2. 測量孔洞 H1 與之前畫記的 CG 之間的距離 h 。(距離從孔洞 H1 之上緣測量起)。記錄於黃色答案卷中的表

Table A.1。

3. 使板擺動(小幅度)，確保盡量於板平面上擺動。
4. 以碼錶，測量擺動 50 次的時間。重複三次，並將讀數記錄於黃色答案卷的表 Table A.1 之中。
5. 以孔洞 H2、H3 與 H4 懸掛，重複以上實驗。 (A-Q2, 4 分)



A3：目的-分析以上數據，並決定

- 重力加速度；
- 繞通過 **CG** 垂直於三角板的軸，板的迴轉半徑；
- 對應於兩個懸掛點的擺動點相對於 **CG** 的位置；
- 相對於此二個擺動點之的兩個等效單擺之擺長。

【步驟】

- 利用表 **Table A.1** 的數據，繪製 hT^2 (y-軸單位 ms^2) 對 h^2 (x-軸單位 m^2) 的數據點於黃色答案卷之繪圖紙 (**Grid 1**)。 (**A-Q3, 2 分**)
- 依據數據點繪製一條(最佳)直線，並決定其斜率 **s**，以及 y-截距 **c**。
利用 **s** 與 **c** 之值，以及實體擺的週期公式，決定重力加速度 **g** 值以 ms^{-2} 為單位，以及 **K** 值以 **m** 為單位。記錄 **s**、**c**、**g** 與 **K** 之數值於黃色答案卷之表 **Table A.2** 之中。 (**A-Q4, 3 分**)
- 依據孔洞 **H1** 與 **H4** 數據，分別計算對應之擺動點相對於 **CG(h')** 的位置。記錄於黃色答案卷之表 **Table A.3** 之中。在大張紙上 (**Sheet 1**) 上，分別畫記與 **H1** 與 **H4** 的對應之擺動點，並分別標記 **J1** 與 **J4**。
(**A-Q5, 3 分**)
- 分別決定對應於懸掛點 **H1** 與 **H4** 的等效單擺之擺長(**L**)。記錄於黃色答案卷的表 **Table A.4**。
(**A-Q6, 1 分**)

實驗 B：Milk

B1：牛奶的緩衝能力

印度是世界上產牛奶最多的國家之一，主要歸於其世界最龐大的農業發展計畫--“洪水計畫”，為 **Verghese Rurien** 博士發起和執行，由於這個十億萬升產奶量的構想，所以他被稱“白色改革之父”。

牛奶可以提供許多的養分，其成份有 87% 的水，其餘 13% 是懸浮或溶解在水中的固體，包含蛋白質(3.5%)、碳水化合物(4.7%)、脂肪(4.0%) 和維生素/礦物質(0.8%)。在牛奶中，主要的糖是可溶於水的乳糖，牛奶脂肪是以球蛋白的形式在水中乳化，而最豐富的蛋白質是酪蛋白(**caesin**)，以懸浮的微粒存在，稱為“酪蛋白微包”，每個微包含有數千個酪蛋白分子，微包間以鈣連結。酪蛋白微包和脂肪球蛋白使牛奶呈白色，可偏折入射光。牛奶略呈酸性，pH 值在 6.4-6.8，當 pH 值降至 5.0 時，牛奶會凝結，在此 pH 值下，酪蛋白分子彼此凝結而產生沉澱。已知牛奶具有很好的緩衝能力。



【器材表】

	標示	數量
2.5%牛奶	Milk	100 ml (有紅色瓶蓋的罐內)
3%(w/v)的醋酸溶液	AA	10 ml (AA 樣品瓶內)
3%(w/v)的碳酸鈉溶液	SC	10 ml (SC 樣品瓶內)

	標示	數量
瓶裝水	Water	1000 ml (水瓶內)
100 ml 玻璃燒杯	W, Exp	2
20 ml 有刻度的注射筒	A	1
1 ml 有刻度的注射筒	B, C	2
pH 試紙;範圍:pH 2 至 10.5		2 本
洗滌瓶		1
玻璃棒		1
衛生紙和廢棄物筒		各 1 個

【實驗步驟】:

1. 取 **W** 玻璃燒杯裝水，由水瓶倒水，直至大約裝滿。
2. 用 **A** 注射筒，取 40 ml 水，置入 **Exp** 燒杯內。
3. 測量 **Exp** 燒杯內水的 pH 值：將 pH 試紙沾入 **Exp** 燒杯內水中數秒，然後取出試紙，觀察其顏色變化，對照 pH 值試紙本上的顏色圖，判讀水的 pH 值，將其 pH 值填入黃色答案紙的格子內。 [B.Q1.A: 0.25 marks]
4. 測量 **SC** 樣品瓶內碳酸鈉溶液的 pH 值，將其 pH 值填入黃色答案紙的格子內。 [B.Q1.B: 0.25 marks]
5. 用 **B** 注射器，取 0.1 ml 的碳酸鈉溶液，加入 **Exp** 燒杯的水中，用玻璃棒充分攪拌後，再使用 pH 試紙測量其 pH 值，將其 pH 值填入黃色答案紙的觀

察表 Table B.1 上。

6. 繼續每次加入 0.1 ml 的碳酸鈉溶液，再測量、記錄其 pH 值，直至溶液的 pH 值到達 10，將每次測量的 pH 值填入黃色答案紙的 Table B.1 上。 [B.Q2: 1.0 mark]
7. 用洗滌瓶將 **Exp** 燒杯和玻璃棒洗乾淨，再用衛生紙擦乾。
8. 用 **A** 注射筒，取 40 ml 的水，置入洗淨的 **Exp** 燒杯內。
9. 測量 **AA** 樣品瓶內醋酸溶液的 pH 值，將其 pH 值填入黃色答案紙的格子內。 [B.Q1.C: 0.25 marks]
10. 使用 **C** 注射筒，取 0.1 ml 的醋酸溶液，加於 **Exp** 燒杯的水中，用玻璃棒攪拌充分後，再用 pH 試紙測量其 pH 值，將其 pH 值填入黃色答案紙的 Table B.1 上。
11. 繼續每次加入 0.1 ml 醋酸溶液，再測量記錄其 pH 值，直至溶液的 pH 值到達 4，將每次測量的 pH 值填入黃色答案紙的格子內。 [B.Q2: 1.0 mark]
12. 再將燒杯和玻璃棒洗乾淨。
13. 用 **A** 注射筒，取 40 ml 的牛奶，置入洗淨的 **Exp** 燒杯內。
14. 用 pH 試紙測量牛奶的 pH 值，將其 pH 值填入黃色答案紙的格子內。 [B.Q1.D: 0.25 marks]
15. 用 **B** 注射筒，取 0.5 ml 的碳酸鈉溶液，加入 **Exp** 燒杯的牛奶中，用玻璃棒充分攪拌後，再使用的 pH 試紙測量 pH 值，將其 pH 值填入黃色答案

紙的觀察表 B.2 上

16. 繼續每次加入 0.5 ml 碳酸鈉溶液，再測量記錄 pH 值，直至牛奶的 pH 值到達 10。
17. 將每次測量的 pH 值，填入黃色答案紙的觀察表 B.2 上。 [B.Q3: 1.0 mark]
18. 將 Exp 燒杯和玻璃棒洗淨，直至沒有上次實驗殘留的溶液，再用衛生紙擦乾。
19. 用 A 注射筒，取 40 ml 的牛奶，置入洗淨的 Exp 燒杯內。
20. 使用 C 注射器，取 0.5 ml 的醋酸溶液，加入 Exp 燒杯的牛奶中，用玻璃棒充分攪拌後，再用的 pH 試紙測量 pH 值，繼續每次加入 0.5 ml 的醋酸溶液，再測量記錄其 pH 值，直至牛奶的 pH 值到達 4
21. 將每次加入醋酸溶液後的 pH 值，填入黃色答案紙中的觀察表 Table B.2 上。 [B.Q3: 1.0 mark]
22. 將 Exp 燒杯和玻璃棒洗淨，用衛生紙擦乾，待以下的實驗使用。

【問題】

根據觀察表 Table B.1 和 B.2 的結果，在黃色答案紙上回答以下列問題的敘述是正確(T)或是錯誤(F)。

- a). 將牛奶的 pH 值降低至 4 所需的醋酸溶液，多於將水的 pH 值降低至 4 所需的醋酸溶液。
- b). 將牛奶的 pH 值提高至 10 所需的碳酸鈉溶液，少於將水的 pH 值降

提高至 10 所需的碳酸鈉溶液。

[B.Q4: 1.0 mark]

牛奶和水分別加入醋酸後，所形成的牛奶溶液 pH 值變化比較小，具有較高的緩衝作用，主要因為牛奶中的成分有下列哪一項作用？

- a) 負電荷 - 陽極
- b) 抑制所形成溶液增加的 H^+ 濃度
- c) 減少所形成溶液的 CH_3COO^- 離子濃度

將正確的答案填入黃色答案紙的適當空格內。 [B.Q5: 1.0 mark]

B2：牛奶蛋白質之酵素消化

牛奶蛋白質經過胰蛋白酶（一種蛋白酶）消化後，測量其緩衝能力的改變。

將胰蛋白酶添加在牛奶中，會消化、破壞酪蛋白的成份，造成牛奶轉變為透明，測量牛奶變為透明所需的時間，可以得知其反應速率。在此測量實驗中，將使用測光二極體，測光二極體是將光轉換為電流，再使用三用電表測量。實驗中也將使用發光二極體(LED)作為光源。

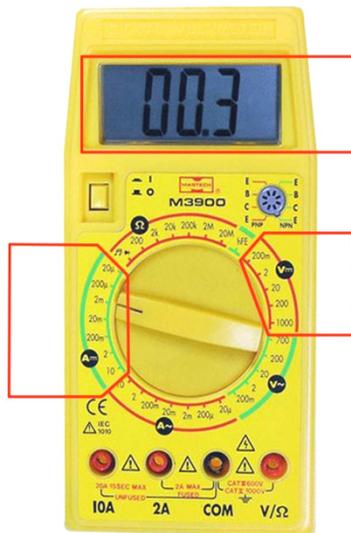
【器材表】

	標示	數量
電源供應器	500mA,3V	1
附有測光二極體的壓克力裝置	(在第 8 頁)	1
白光的 LED		1
三用電表		1

	標示	數量		標示	數量
試管	ED	1	有刻度的注射筒(12ml)	W	1
牛奶		同實驗 B1	碼錶		1
胰蛋白酶	TE	在 5ml 的試管內	滴管		1
水		同實驗 B1	貼紙		
有刻度的注射筒(1ml)	TE	1			

注意：白光的 LED 有白色基座，藍光的 LED 是有顏色基座。

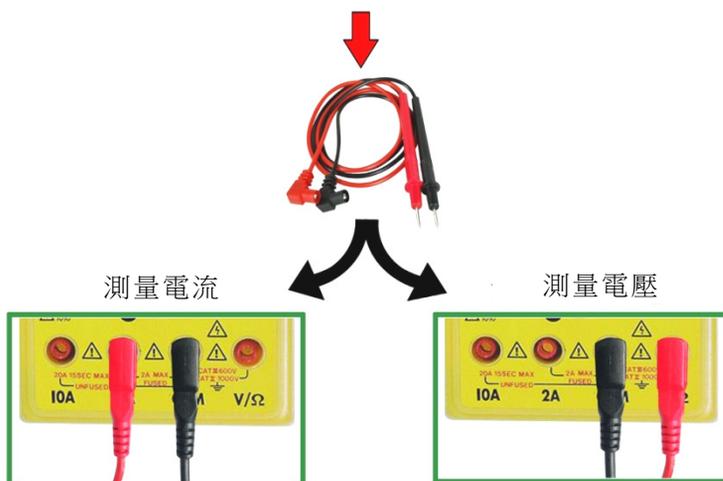
將此旋鈕轉至測量電流的適當範圍，最小的電流範圍 $2\mu\text{A}$ ，最大的電流範圍 10A 。



若數字顯示為 -1 ，表示所選的範圍太小，將旋鈕轉至較大的電流範圍，若電流範圍太大時，則精確度較低。

本實驗不用 $\text{A}\sim\text{V}$ 與 Ω

測量電壓時，轉旋鈕至在此範圍。

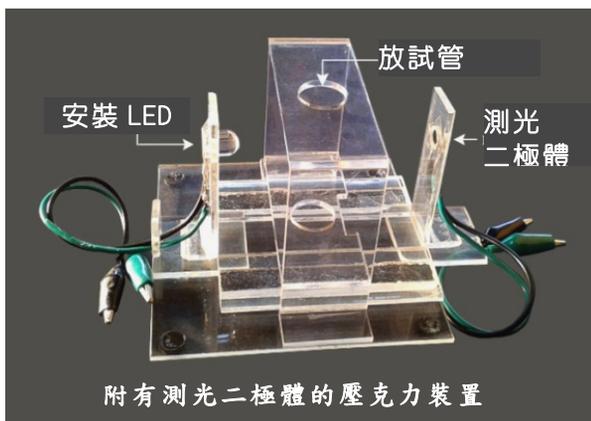


使用的三用電表，可能是黃色或黑色。



碼錶

- 1 按 MODE，選擇碼錶在計時功能(Stop Watch Mode)時，顯示 0:00:00。
- 2 按 SPLIT/ RESET 鈕，可將碼錶計時歸零。
- 3 按 START/STOP 鈕，可開始計時。
- 4 按 START/STOP 鈕，可停止計時。
- 5 開始計時後，可重覆多次按 START/STOP 鈕，停止計時或開始按計時。



【實驗步驟】：

1. 如上圖中，將白光的 LED 裝在壓克力基座之固定側板的孔中，可用所提供的貼紙，將 LED 貼牢。
 2. 將 LED 較短的腳連接至電源供應器的黑色電線，而較長的腳接至電源供應器的紅色電線，按下開關，LED 會發光。
 3. 將三用電表設在測量電流的功能，電流範圍為 2 mA。
 4. 將壓克力基座上測光二極體之電線連接至三用電表。
 5. 用 W 注射筒，取 10 ml 水，加入 ED 試管內，用衛生紙將 ED 試管外的水完全擦乾，然後將其插入壓克力基座上的試管孔中。
 6. 確認 LED 光能穿透試管中的水，而且能到達測光二極體上，旋轉試管使 LED 光不會被試管上的標示阻擋。
 7. 小心地前後移動調整測光二極體和試管座的位置，使三用電表的電流讀數達最大值，記錄最大電流值(I_w)於黃色答案紙上。 [B.Q6: 0.5 mark]
- 注意後續的實驗，記錄電表讀數時，要保持測光二極體和試管在原來相同的位置。
8. 從壓克力基座取出試管，倒出試管中的水。
 9. 用 W 注射筒，加 5 ml 水於 ED 試管中，再加入 5 ml 牛奶，輕敲試管，使溶液充分混合均勻，用衛生紙將試管外的水完全擦乾，小心地將試管插

入壓克力基座上的孔中，記錄電流 (I_0)，並寫在黃色答案紙上。[B.Q6: 0.5 mark]

10. 準備好碼錶，等待開始計時。
11. 利用 TE 注射筒，取 1 ml 的胰蛋白酶，加入於試管的牛奶中，立即用塑膠的滴管攪拌，保持試管在原來(讀取電流時)的位置。
12. 立即按下碼錶，開始計時。
13. 每 15 秒讀取電流，將其記錄在黃色答案紙的 Table B.3。
14. 持續讀取且記錄 7 分鐘內的電流。
[B.Q7: 2.0 marks]
15. 倒掉溶液並清洗試管。

【作圖】：

在所提供答案紙的方格紙上，將所記錄的電流對時間作圖。[B.Q8: 3.5 marks]

【問題】：

在所作的圖上，標示 K 點代表酪蛋白濃度最高的點、標示 L 點代表酪蛋白濃度最低的點、標示 M 點代表酪蛋白濃度減少至一半的點(在濃度最高與最低值之間)。[B.Q9: 1.0 marks]

若增加的電流與被消化酪蛋白的量成正比，當電流達最大值時，表示酪蛋白完全被消化，從所作的圖上，找出消化 50%酪蛋白所需的時間。[B.Q10: 1.0 marks]

B3：估算牛奶中的鈣含量

牛奶中的鈣含量可以使用 Na_2EDTA 的試劑滴定估算，無論金屬離子的電荷數

多寡， Na_2EDTA 與金屬離子以 1:1 的比例反應，用於此類滴定的指示劑稱為金屬離子指示劑，在此實驗使用的指示劑是 Erichrome black T (EBT)。

【器材表】

	標記	數量
胰蛋白酶處理後的牛奶	CM	裝在 100 ml 圓錐量瓶內
水		同實驗 B1
100ml 玻璃燒杯	HM	1
10ml 有刻度注射筒	CM	1
100ml 錐形瓶	HM	1
pH10 緩衝溶液	BF	3 個有螺紋蓋 5ml 試管中
滴管		1
EBT 指示劑	EBT	滴瓶
在架上的 25ml 滴定管		1
Na_2EDTA 溶液 (0.0027M)	EDTA	80ml(在塑膠瓶內)
漏斗		1

【實驗步驟】：

1. 用漏斗將 Na_2EDTA 溶液加入滴定管中。
2. 在黃色答案紙的 Table B.4，記錄滴定管中溶液的最初讀數。
3. 用水稀釋裝在 CM 圓錐量瓶內胰蛋白酶處理後的牛奶，直到瓶頸的刻度位置。蓋住瓶塞，搖動瓶子，直至溶液均勻。
4. 將上述的均勻溶液倒入 HM 燒杯。
5. 用 CM 注射筒，取上述 10 ml 的均勻溶液，加入 HM 錐形瓶中。
6. 用 W 注射筒，再加入 10 ml 的水。
7. 然後再倒入一支 BF 試管的緩衝溶液。

8. 從滴瓶加入 5 滴 EBT 指示劑，溶液顏色將轉為紅色(粉紅偏紅)。
9. 以在滴定管中的 Na_2EDTA ，滴定在 **HM** 錐形瓶中的溶液，直到溶液顏色先變為紫色，再變為藍色(即是滴定終點)。
10. 在黃色答案紙的 **Table B. 4** 上，記錄滴定管中溶液的最終讀數。
11. 再重複兩次滴定。
12. 將其讀數分別記錄在黃色答案紙的 **Table B. 4** 上。
13. 計算滴定 I、II、III 三次滴定所消耗的體積，將其數值填入黃色答案紙的 **Table B.4** 上。
14. 計算的其平均值。

[B.Q11: 3.5 marks]

【問題】:

求出每 10 ml 稀釋溶液之中的 Ca^{2+} 含量，以 mg 為單位 (Ca 原子量是 40)。[B.Q12: 3.5 marks]

實驗 C：番茄

本實驗要自番茄中萃取出茄紅素 (lycopene)，並探討其吸光值。

番茄是義式餡餅的主要成分之一，其中的茄紅素及 β -胡蘿蔔素均為有益健康的抗氧化劑，它們可溶於油但不溶於水，因此世界上有許多地方會用油來烹煮番茄，每公斤紅番茄中可含有多達 50 mg 的茄紅素。

為了檢測紅番茄中的茄紅素，會將番

茄原液，溶入由石油醚和乙醇所調製成的萃取溶劑內，再讓其靜置，會分離出含有茄紅素的溶液，最後呈現出不相溶的二層液體。小心的移出上層液體，再利用鎂鹽進行脫水處理(鎂鹽在自然狀態下會帶帶水分)。

【器材表】

	標記	數量
番茄原液	TP	在 50mL 燒杯中
萃取溶劑	ES	(20mL)在 50mL 試管中
無水硫化鎂	MgSO_4	(1.5g)在一塑膠容器中
氯化鈉	NaCl	在一塑膠容器中
附塞子的試管	FL	1
試管	Ab,UL	2
漏斗		1
玻璃棒		1
濾紙		3
12 mL 針筒	SS	1
洗滌瓶		1
白光 LED 與測光二極體的壓克力設備		1
50 mL 燒杯	SS	1
試管架		1
藍光 LED		1
放在袋內供試管使用的壓克力套環	Collar	
滴管		1
三用電表		與實驗 B 共用同一電表

【實驗步驟】：

1. **使用與實驗 B 第二題相同的 LED 和壓克力設備**，將白光 LED 及測光二極體分別插入其對應的孔洞中。
2. 用滴管將標示為 ES 試管中的溶液，滴入標示為 Ab 的試管內，至半滿為止。
3. 使用所提供的壓克力套環，將試管 Ab 放入壓克力設備內，如此試管會位於 LED 及測光二極體間(如圖所示)。
4. 調整測光二極體及試管的位置，使得與測光二極體相接的三用電表上，可測得自測光二極體傳來的最大電流值。(如實驗 B: B2 所示)，要確認標貼不會阻礙光線。
5. 測量出最大電流值(I_s)，將之記錄在黃色答案卷上的表 C.1。
6. 在不會更動試管架及測光二極體的情況下，將白光 LED 更換為藍光 LED，測量出最大電流值，將之記錄在黃色答案卷上的表 C.1。
7. 將所有溶劑倒回試管 ES。

注意：不可更動測光二極體及壓克力架的位置，這對後續數據的判讀極為重要。

按下列指示自番茄原液中萃取出茄紅素

8. 將標示為 ES 試管內的所有溶劑，倒入標示為 TP 燒杯內的番茄原液內，用玻璃棒將其充分攪拌，將其靜置 2-3 分鐘，將玻璃棒沖洗乾淨，以供後用。
9. 小心的利用漏斗及濾紙，將溶液過濾至標示為 FL 的試管內，其中呈紅色

的澄清液，為含有茄紅素的初萃液(未經純化)。

10. 調配氯化鈉(NaCl)的飽和溶液：用標示為 SS 的針筒自燒杯中，取出約 20 mL 的水，注入氯化鈉的容器中，用玻璃棒充份攪拌後，應會有未溶解的氯化鈉殘留。
11. 用標示為 SS 的針筒將 10 mL 氯化鈉飽和溶液，注入含有茄紅素萃取液的試管 FL 內，蓋上塞子後輕柔地搖晃。
12. 將試管放在試管架內，靜待其分為兩層，這過程需時約 1 分鐘。
13. 用塑膠滴管，小心地將所有(帶有顏色)的上層溶液，移至標示為 UL 的試管內。
14. 將標示為 $MgSO_4$ 容器中的所有 $MgSO_4$ 倒入試管 UL 內，輕柔地搖晃，使水分被鹽類所吸除。
15. 試管 UL 內的黃紅色溶液，便是你(純化後)的茄紅素萃取液。

現在開始進行溶劑及茄紅素萃取液的吸光值之比較：

16. 將試管 UL 放入壓克力裝置內。
17. 使用藍光 LED，測量三相電表上呈現的電流值 I_l ，將數值記錄於黃色答案卷上的表 C.1。
18. 將藍光 LED 更換為白光 LED。
19. 測量最大電流值，將之記錄在黃色答案卷上表 C.1 的相應欄位中。
20. 求出各事件中的透光百分比。

(C.Q1:3.5 分)

【問題】：

假如將位在 LED 及測光二極體間的試管 Ab(內含溶劑)移開，

- I). 測得的電流值會較 I_s 為小
- II). 測得的電流值會較 I_s 為大
- III). 測得的電流值會與 I_s 相同

將正確答案，記錄在黃色答案卷上的相應欄位中。

下列哪些是根據本透光實驗的觀察，而作出的推論。

是的以(Y) 表示；不是的以(N)表示，

寫在黃色答案卷上

- a). 相對於可見光譜的其他部分，茄紅素吸收更多藍光。
- b). 茄紅素傾向吸收光譜中的紅色及黃色部分
- c). 茄紅素是一種抗氧化劑
- d). 與光譜中的藍色部分相比，對紅色及黃色部分的吸收較少
- e). 與紅光相比，藍光對溶液的通過較佳。
- f). 茄紅素對光譜中各種色光的吸收均相同。