

初中檢測認證 STEM 教學組件

學生實驗手冊

由創新科技署及香港檢測和認證局委任
香港浸會大學化學系編寫

2022 年 7 月

目錄

	<u>頁數</u>
實驗 1：食品和個人護理產品中的著色劑分析	3
實驗 2：塑料產品類型的篩選測試	10
實驗 3：環境樣品中的細菌分析	16
實驗 4：釀酒與飲料中酒精的分析	23
實驗 5：「鬼口水」的製作和「鬼口水」中硼砂成份的分析	31
實驗 6：太陽能電池的製造和電性能測試	36

重要提示

學生必須預先細心閱讀本手冊上每一個實驗的**安全提示**，並採取所有必要的安全措施小心進行實驗。指引中的資料並非巨細無遺，故進行實驗時應當小心謹慎，並作出適當的判斷，以免發生意外。若有疑問，應立刻向你的教師請教。

實驗 1: 食品和個人護理產品中的著色劑分析

引言

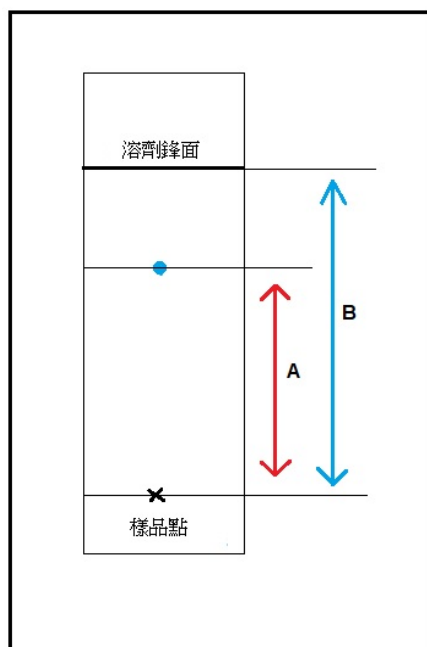
著色劑是一種用來改變物件顏色的物質。在食品中添加著色劑不但可以提高食物產品的吸引力，而且能刺激食慾，而在個人護理產品中添加，則主要是以美觀為目的。

著色劑可以是從天然獲得或是人工合成的化合物。胡蘿蔔素就是天然著色劑的一個例子，因為它是從胡蘿蔔中提取所得。然而，大多數的天然著色劑並不穩定，容易被陽光和高溫降解。因此，使用合成著色劑更受普遍。這是因為合成著色劑不但容易溶於水基或油基的消費品，而且價格相對低廉。現時，天然和合成著色劑都可以在食物產品中找到，而合成著色劑則較廣泛地用於製造個人護理產品。

近年，人們對使用合成著色劑的安全性有很多擔憂，因為這些化學物質與癌症有密切關連。由於著色劑是有顏色的，因此紙色譜法是作為檢測食品和個人護理產品中著色劑的理想分析工具。

什麼是紙色譜法？

紙色譜法 (PC) 是一種基於分開隔離原理的分析方法。它是一種快速方法，而且需要樣品量小。樣品首先保留在濾紙的孔隙中，然後與濾紙上的展開溶液一起移動。根據化學品的性質，它們在濾紙上以不同的速度移動。通過測量樣品和溶劑移動的距離，便可以計算它們的滯留因子 (R_f) (圖 1)。



$$R_f = \frac{\text{樣品移動的距離}}{\text{溶劑移動的距離}}$$
$$= \frac{A}{B}$$

圖 1. R_f 值的計算

通過比較從樣品中提取的著色劑的 R_f 值與已知化學標準品的 R_f 值，或簡單地比較每點的最終位置，樣品中的未知成分便可以識別 (圖 2)。

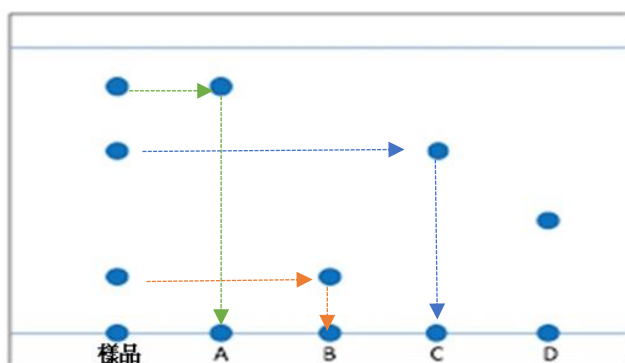


圖 2. R_f 值比較，表明樣品含有化學物質 A、B 和 C。

預期的學習目標

透過這實驗，期望學生可以掌握：

1. 了解檢測服務在確保食品 and 個人護理產品質量和安全的重要性，以及檢測在日常生活中的作用；
2. 使用簡單的設備構建紙色譜；
3. 用紙色譜法分析食品 and 個人護理產品中的著色劑；
4. 掌握 STEM 的基本概念。

實驗部分

設備

- 1 x 鉛筆
- 1 x 尺子
- 1 x 活頁夾
- 2 x 20 毫升小瓶
- 3 x 滴管
- 2 x 微量離心管
- 1 x 色譜紙 (8.5 厘米 x 5 厘米)
- 1 x 色譜室 (250 毫升燒杯)
- 1 x 錶面玻璃
- 1 x 小磁鐵
- 5 x 移液器吸頭 (用於應用樣品或標準品)
- 1 x 風筒
- 1 x 計時器

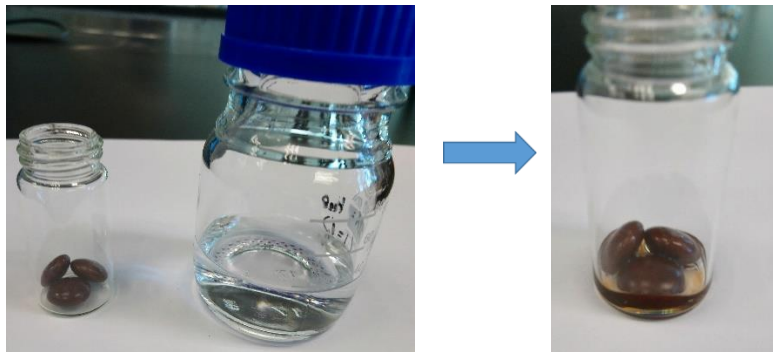
試劑和化學品

- 異丙醇 [67-63-0]
- 5 % 氨溶液 [7664-41-7]
- 日落黃 (E110) [2783-94-0]
- 誘惑紅 (E129) [25956-17-6]
- 亮藍 (E133) [3844-45-9]

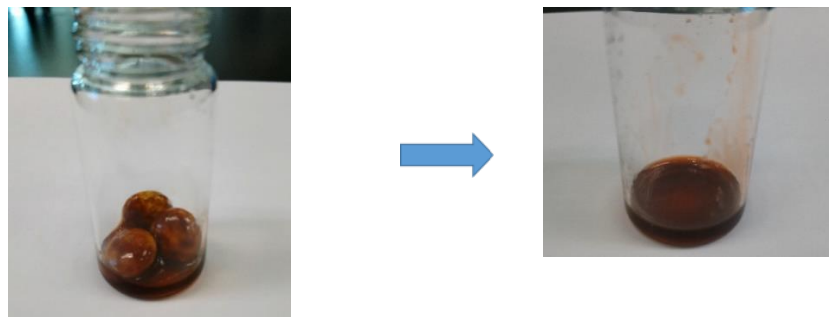
實驗步驟

A. 從食物中提取著色劑 (例如糖果)

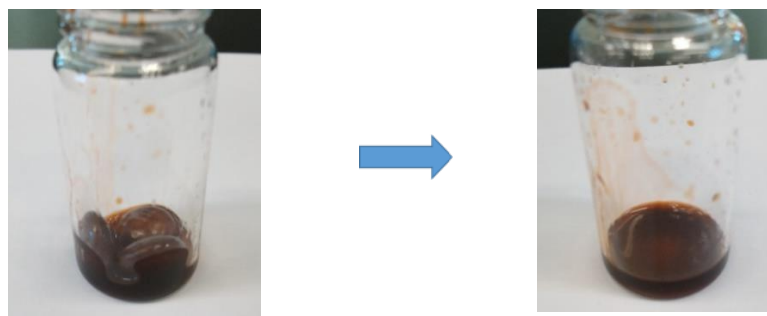
1. 將三顆相同的糖果放入小瓶中並加入 1 毫升萃取溶劑。



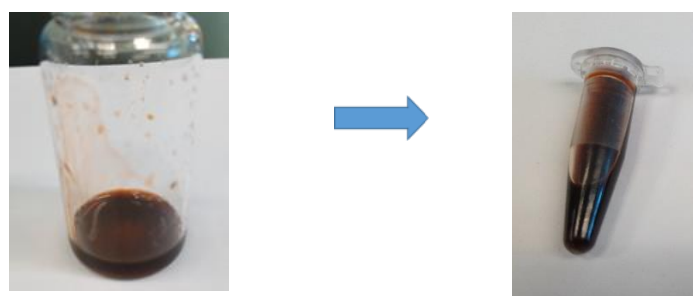
2. 擰緊蓋子並搖晃直到幾乎所有覆蓋的食用色素都溶解，然後小心地丟棄糖果。



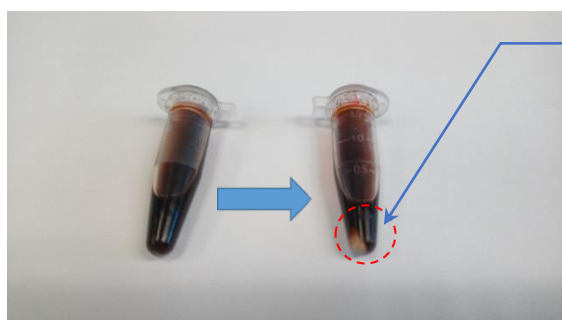
3. 在同一個小瓶中再加入三顆相同的糖果並重複步驟 2。



4. 使用滴管將小瓶中的所有提取液轉移到微量離心管中。



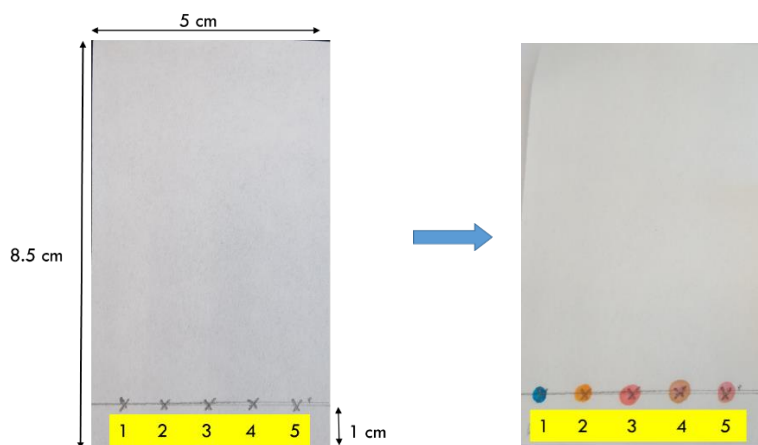
5. 將微量離心管放入離心機中，以 13,000 rpm 的速度旋轉 3 分鐘。
6. 離心後，獲得清澈的提取樣品。



未溶解的固體
會沉澱在底部

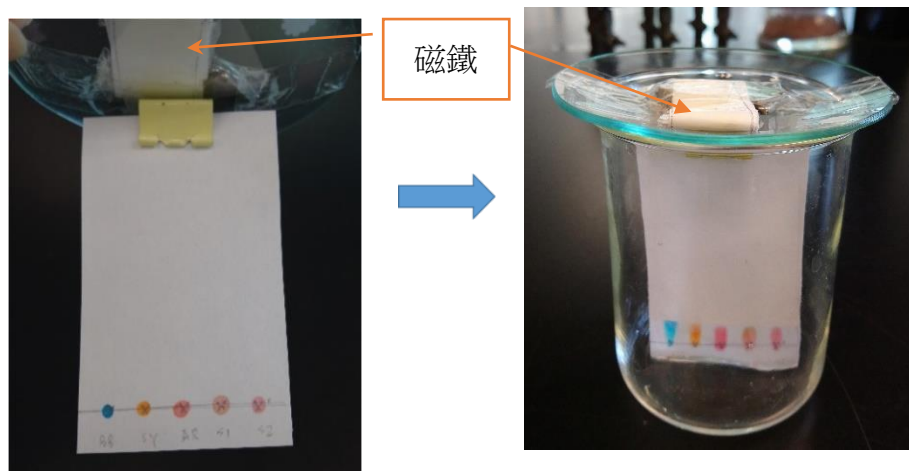
(左圖：離心前；右：離心後)

- B. 使用紙色譜法分析著色劑
1. 準備一條 5 厘米 × 8.5 厘米的色譜紙。
 2. 用鉛筆在距離條帶較短邊緣 1 厘米處畫一條水平線並標記五個 ‘X’ (三個標準和兩個樣品)。
 3. 使用移液器吸頭將化學標準品和樣品溶液點在色譜紙上。
【提示：顏色明顯的著色劑，點 1 至 2 點就足夠了。否則需要重複點樣。】
 4. 讓色譜紙靜置 2 分鐘，讓其風乾。



(1：亮藍，2：日落黃；3：誘惑紅；4：樣品 A；5：樣品 B)

5. 將 7 毫升展開溶劑加入 250 毫升燒杯中。
6. 用活頁夾夾住層析紙條。
7. 用磁鐵將活頁夾固定到手錶玻璃的凸面。
8. 將色譜紙非常緩慢及小心地放入燒杯中，並確保色點完全高於展開溶劑的表面水平。



9. 讓溶劑向上移動並等候約 15 分鐘。
10. 取出色譜紙並標記溶劑鋒面。
11. 用吹風機吹乾 (或風乾)。
12. 最後用鉛筆在色帶上標出著色最後劑的位置，並找出每個點的移動距離 (圖 3)。

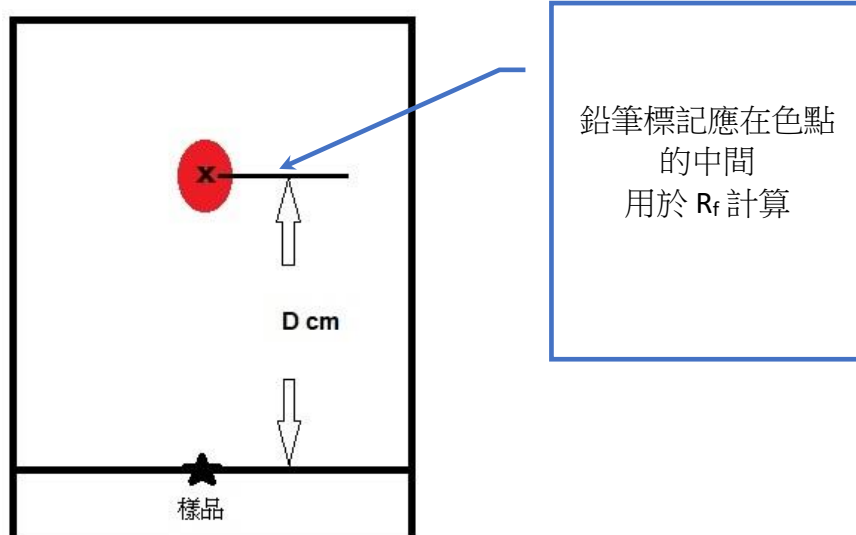


圖 3：測量色點的移動點示例

13. 比較樣品中著色劑的最終位置。
14. [挑戰] 學生可計算樣品中著色劑的 R_f 值。

安全提示

- 遵守實驗室活動的標準安全程序；
- 戴上安全護目鏡、實驗室工作服和手套；
- 化學品的材料安全數據表 (MSDS) 可在 MSDSonline.com 網站上在線獲取。

數據表

	樣品 A	樣品 B
樣品顏色		
使用的糖果數量		
萃取溶劑的體積 (毫升)		
樣品溶液的顏色		

	標準 1	標準 2	標準 3
著色劑名稱			
E 號碼			
著色劑的顏色			

溶劑鋒面距離 = _____ 厘米

	色點的數量	色點的移動距離 (厘米)	R _f 值
標準 1			
標準 2			
標準 3			
樣品 A			
樣品 B			

著色劑的名稱

樣品 A 包含： _____

樣品 B 包含： _____

問題

1. 為什麼只能用鉛筆在色譜紙上做記號，而不能使用圓珠筆或記號筆？

2. 為什麼需要離心機來預先處理樣品溶液？

3. 解釋您如何在此實驗中識別混合物的不同成分。

延伸閱讀

《食物內染色料規例》(第 132H 章) 中，規定了香港可在食物中使用的准許染色料，而在未加工狀態的肉類、水果或蔬菜中並不准許添加色素。根據政府的食物安全中心的資料，現時有超過 50 種色素可供食品中使用(例如日落黃)。從 2007 年 7 月開始，食品添加劑的使用，包括在預先包裝食品中使用的色素，必須按功能類別和具體名稱或識別號在包裝上列出。例如，如果使用日落黃，它會在包裝上標記為“日落黃”或命名為“E110”。E 編號(E 代表歐洲)是歐盟內使用的作為食品添加劑的物質的代碼。

由於洗髮水和漱口水等個人護理產品主要用於皮膚和頭髮，因此可以添加多種著色劑。在香港，個人護理產品被定義為消費品，受《消費品安全條例》(第 456 章) 規管。使用的著色劑信息應在產品包裝上的成分部分列出，並帶有前綴“CI”(色素索引號)(例如，CI 42053 為固綠)。

實驗 2: 塑料產品類型的篩選測試

引言

塑料是一種廣泛的合成或半合成材料，以聚合物作為主要成分。聚合物通常由碳和氫組成，有時還包括氧、氮、硫、氯、氟、磷或矽。它們的彈性使塑料可被塑造、擠壓或壓製成各種形狀的固體物件。這種可塑性，加上其他特性，如重量輕、低導電性、耐用、低生產成本等，使塑料可以被製成各種各樣的產品。

塑料不能被生物降解，反而會分解成越來越小的塑料碎片，稱為微塑料。它們在海洋中更非常難以清除，結果往往是被魚類和其他海洋動物以及鳥類吞下。經分解後的塑料垃圾可以通過直接 (喝水) 和間接 (吃下動物) 吸收而損害我們的健康。

每天大約有 10,000 噸都市固體廢物被丟到堆填區。其中超過 20% 是塑料垃圾，重量相當於 90 輛雙層巴士。為了減少廢物的產生，並改善整體廢物管理的過程和計劃，我們應該實踐三個 R 原則：減少 (Reduce)、重複使用 (Reuse) 和回收 (Recycle)。



回收是將廢棄材料轉化為新材料和新物品的過程。由於塑料垃圾是不可生物降解的，而且會存在很多年，造成很多嚴重的環境污染問題，回收塑料垃圾成為非常重要的工作。為了促進塑料回收和更進一步回收改造，我們有必要識別塑料類型，因為有些塑料是不可回收的。此外，回收改造過程要求塑料屬於同一類型，這需要從混合物中分離/隔離不同種類的塑料。

所有塑料製品通常都印有樹脂代碼，這是一個帶箭頭的小三角形中標示 1 至 7 數字。該數字代表產品的塑料樹脂種類，以便於回收或作其他再加工處理。

實驗原理

物質的密度是它每單位體積的質量。例如 1 毫升純水重 1 克，所以純水的密度為每毫升 1 克 (1 克/毫升)。

在這個實驗中，包含三種常見類型塑料 (表 1) 的混合物，將通過基於密度的物理方法進行分離。將混合物放入水中，密度比水小的 PP 會浮起來，而密度大的 PS 和 PVC 會下沉。通過用鹽溶液 (密度 1.1 – 1.2 克/毫升) 重複這個過程，PS 會上浮，而 PVC 會下沉。首先將此原理應用於已知個別重量的標準塑料混合物，每個分離部分包含一種塑料 (透過重量證實)，因此也實現了初步識別 (圖 1)。最後，將該方法應用於分離塑料樣品並找出樣品中每種塑料的百分比。

表 1. 三種常見塑料的密度

塑料類型	密度 (克/毫升)
聚丙烯 (PP)	0.90 - 0.91
聚苯乙烯 (PS)	1.05 - 1.07
聚氯乙烯 (PVC)	1.20 - 1.30

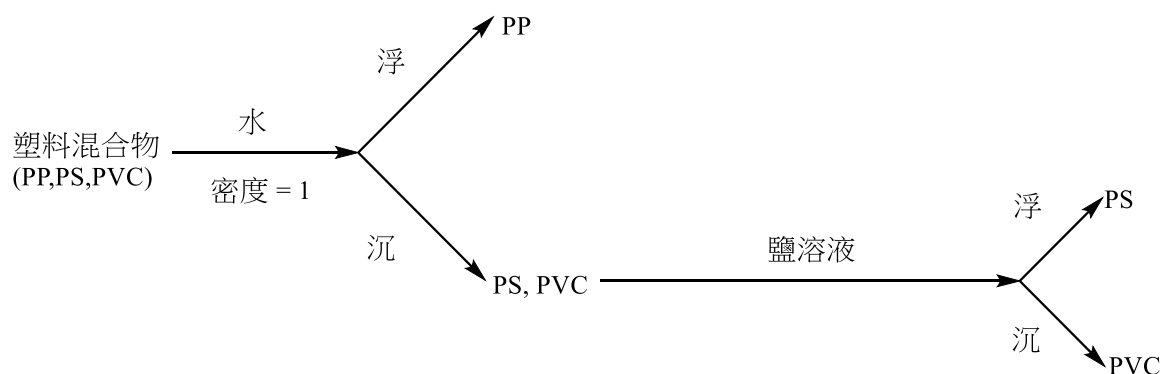


圖 1. 塑料的分離/隔離和初步鑑定方案。

預期的學習目標

透過這實驗，期望學生可以掌握：

1. 了解環境檢測服務的重要性，以及檢測在日常生活中的作用；
2. 根據不同密度的溶液對塑料進行篩選試驗；
3. 用浮選法鑑別不同塑料製品的塑料類型；
4. 掌握 STEM 的基本概念。

實驗部分

設備

- 3 x 50 毫升燒杯
- 2 x 1 公升燒杯
- 1 x 100 毫升量筒
- 6 x 表面玻璃
- 1 x 玻璃棒
- 1 x 抹刀
- 1 x 篩
- 1 x 湯匙
- 1 x 電子天秤
- 1 x 烤箱

試劑和化學品

- 聚丙烯 (PP)
- 聚苯乙烯 (PS)
- 聚氯乙烯 (PVC)
- 氯化鈉

● 去離子水



圖 2. 聚丙烯



圖 3. 聚苯乙烯



圖 4. 聚氯乙烯

實驗步驟

- A. 氯化鈉溶液的製備
1. 將 115 克氯化鈉溶解在 800 毫升的去離子水中。
(此溶液的密度應為 1.1 – 1.2 克/毫升。)
- B. 塑料標準品的分離
1. 稱取大約 2 克聚丙烯 (PP)、3 克聚苯乙烯 (PS) 和 4 克聚氯乙烯 (PVC) 標準品，並將它們放入 1 公升的燒杯中。
 2. 在燒杯中加入 800 毫升去離子水。
 3. 攪拌幾分鐘。
 4. 用篩子收集漂浮的塑料並將它們放在一個表面玻璃上，這些應為 PP 標準品。



圖 5. 將去離子水加入塑料混合物中

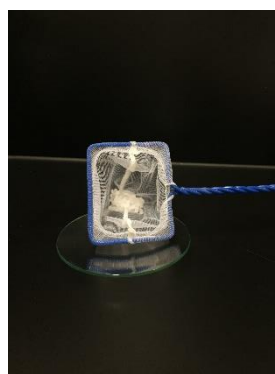


圖 6. 從混合物中分離/隔離 PP

5. 小心丟棄去離子水。
6. 將沉沒的塑料轉移到另一個裝有 800 毫升氯化鈉溶液的燒杯中。
7. 攪拌幾分鐘。
8. 用篩子收集漂浮的塑料並用自來水清洗，然後將它們放在另一個表面玻璃上，這些應為 PS 標準品。



圖 7. 將氯化鈉溶液加入混合塑料物中



圖 8. 從混合物中分離/隔離 PS

9. 收集並用自來水清洗沉沒的塑料，並將它們放在另一個表面玻璃上，這些應為 PVC 標準品。
10. 將三個盛載不同塑料標準品的表面玻璃放入 50 °C 的烤箱中 30 分鐘。
11. 30 分鐘後取出表面玻璃，讓其冷卻至室溫。
12. 稱量收集的每一部分塑料，並將結果與開始時混合的塑料標準品的重量進行比較。



圖 9. 分離/隔離的單個塑料標準品

C. 塑料製品的分離

1. 稱取 10 克塑料製品，放入 1 升燒杯中。
2. 重複以上步驟 B2 - B11。
3. 稱量收集到的每一部分塑料，根據 B 部分的結果確定塑料類型，並報告它們在樣品中的百分比。



安全提示

- 遵守實驗室活動的標準安全程序；
- 戴上安全護目鏡、實驗室工作服和手套；
- 化學品的材料安全數據表 (MSDS) 可在 MSDSonline.com 網站上在線獲取。

數據表

觀察

	顏色
氯化鈉	
氯化鈉溶液	
聚丙烯標準品	
聚苯乙烯標準品	
聚氯乙烯標準品	

塑料標準品的分離

	類型	混合重量	分離後的重量
漂浮在去離子水中的塑料			
漂浮在鹽水上的塑料			
在兩種液體中下沉的塑料			

塑料製品的分離

塑料製品重量: _____ 克

	類型	重量	重量百分比
漂浮在去離子水中的塑料			
漂浮在鹽水上的塑料			
在兩種液體中下沉的塑料			

問題

1. 什麼是密度？

2. 給出一些帶有化學名稱或縮寫的塑料例子。

3. 塑料的本質是什麼？

4. 是不是所有塑料都可以被生物降解？

5. 為什麼大多數種類的塑料都放在一起，而在回收過程中需要將它們分開？

6. 如何將棕色回收桶中的塑料與一些金屬容器分開？

實驗 3: 環境樣品中的細菌分析

引言

微生物幾乎無處不在，但由於體積太小而通常不能被肉眼看到。它們非常多樣化，種類涵括細菌、真菌、藻類，以及病毒。微生物在維繫地球生物的關聯方面發揮著至關重要的作用；然而，有些微生物是致病的。因此，我們需要通過適當的衛生手段將有害微生物減少到可接受的水平。在這個實驗中，我們會嘗試 (活動 1) 揭示周遭環境表面微生物的存在，以及 (活動 2) 測試消毒產品對減少常見微生物的有效性。

活動 1. 環境表面探究

我們無法用肉眼看到微生物，但是當我們從身處的環境中收集它們，並將它們轉移到固體營養表面 (營養瓊脂) 上時，它們會生長、集結並形成大得足以可見的“斑點”(菌落)。為了將樣品轉移到營養表面，我們將使用平板劃線法將微生物散佈在平板上。然後，我們培養細菌在瓊脂平板上生長。我們跟著利用平板數算方法 (通過計算菌落數目)，估算出不同測試表面收集到的微生物數量。假設每個菌落都是從單個活微生物細胞中擴增出來，我們就可以“看到”環境樣品中的微生物了。通過計算在不同平板上樣品中菌落數目，我們可以輕鬆地比較周遭表面的清潔度。表面採集樣品探究微生物數量廣泛用於食品工業，以保持良好的食品衛生。

活動 2. 消毒產品的效能查證

接下來，我們將嘗試使用經過適當調整的 Kirby-Bauer 圓盤擴散測試來了解常見的消毒產品在減少表皮葡萄球菌數量/生長方面的效果如何。表皮葡萄球菌是一種常見於我們皮膚上的微生物，一般對健康人士無致病性，因此，配合正確指導，它相對安全並且合適用於學校實驗課堂。在適當調整的 Kirby-Bauer 圓盤擴散試驗中，我們首先通過塗抹法在營養瓊脂平板上製備表皮葡萄球菌的菌苔，使細菌在瓊脂表面均勻生長。然後我們將浸泡過不同消毒液的濾紙放在瓊脂上。細菌將在瓊脂板上生長，而消毒溶液將通過瓊脂擴散。如果測試溶液能夠抑制 (停止) 細菌生長，濾紙周圍將不會生長細菌，我們亦會見到“抑菌圈”——細菌生長受到抑制而形成的透明圈。這些抑菌圈的大小或直徑能夠反映所用消毒液的抑菌強度。該方法常用於臨床實驗的抗生素藥敏試驗。

預期的學習目標

透過這實驗，期望學生可以掌握：

1. 了解檢測服務在確保消毒產品質量和安全性的重要性，以及檢測在日常生活中的作用；
2. 平板法分析環境樣品中細菌的數量；
3. 評估不同消毒產品的有效性；
4. 掌握 STEM 的基本概念。

實驗部分

設備

- 2 x 250 mL 試劑瓶
- 1 x 高壓滅菌器
- 1 x 水浴器或烤箱 (60°C)
- 8 x 100-mm 無菌一次性培養皿
- 1 x 本生燈 (選項)
- 1 x 大塑料袋 (選項，用於儲存瓊脂平板)
- 6 x 密實袋，6 cm x 9 cm (用於棉籤)
- 6 x 無菌棉籤
- 1 x 油性記號筆
- 1 x 管架 (用於 1.5 mL 離心管)
- 6 x 1.5 mL 無菌離心管
- 1 x 無菌培養管
- 1 x 37°C 培養箱，帶搖動功能
- 1 x 1 mL 移液器
- 1 x 200 μ L 移液器
- 1 x 無菌 1 mL 移液器吸頭 (盒裝)
- 1 x 無菌 200 μ L 移液器吸頭 (盒裝)
- 1 x 無菌 L 型塗布棒
- 1 x 一個無菌培養皿，內含 8 張無菌濾紙 (直徑 6 毫米)
- 1 x 鑷子
- 一些紙巾

試劑和化學品

- 營養瓊脂，脫水
- 營養肉湯，脫水
- 去離子水
- 無菌去離子水
- 75%乙醇
- 家用漂白劑溶液
- 滴露 Dettol 溶液
- *S. epidermidis*

實驗步驟

【為避免污染，請勿赤手接觸實驗室工作台上放置的材料，並且在準備使用之前請勿取下蓋子或蓋子。】

A. 環境表面研究

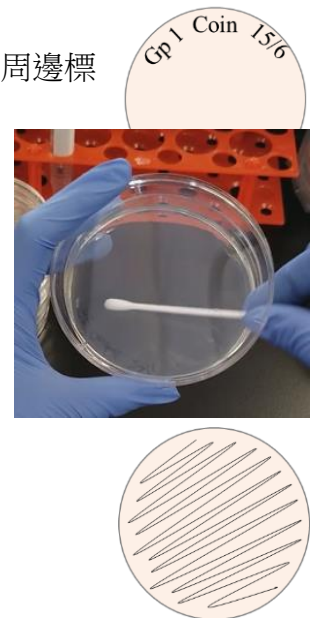
環境取樣：

1. 每組有 6 支單獨包裝在密實袋的無菌棉籤。

2. 請選擇五個你們感興趣的表面進行測試，並進行採樣：
 - 2.1 握住棉籤的一端小心地取出棉籤。將另一端浸入提供的無菌去離子水中弄濕，然後將濕棉籤在測試表面上來回滾動幾次。
 - 2.2 將棉籤放回密實袋中，密封袋子，並在袋子上標上樣品名稱。
 - * 記得帶油性記號筆做標籤。
 - * 表面示例：硬幣、電話、鍵盤、電腦鼠標、冰箱、水龍頭、飲水機按鈕、廁所沖水按鈕、文具、樓梯扶手、自動售貨機、教室或公共休息室的設施、鞋子、皮膚等。
 - * 避開任何危險的地方和用餐區。
3. 你們應用無菌去離子水來製備對照樣品。

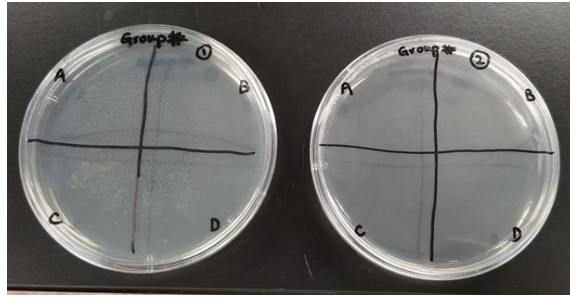
使用平板劃線法接種：

4. 應用無菌技術。(即不受微生物污染)
 - 4.1 用 75%乙醇擦拭你的手套和工作區。
 - 4.2 用 75%乙醇擦拭油性記號筆的表面。
 - 4.3 避免以手接觸瓊脂平板表面。
5. 此部分每組需要 6 塊瓊脂平板。你們需要在瓊脂盤底部的周邊標記組號、樣品名稱和日期。
6. 用平板劃線法將每個棉籤的樣本接種到相應的平板上。總共應該有六個樣本：一個對照樣本和五個目標樣本。對於每個樣本：
 - 6.1 小心地從袋子中取出棉籤。
 - 【註：避免碰到接觸樣品的棉籤末端。】
 - 6.2 輕微提起相應瓊脂板的蓋子至剛好足以插入棉籤的高度，以「之」字形來回拖動棉籤，將棉籤上的樣品塗在瓊脂的表面上。完成後立即蓋上蓋子。



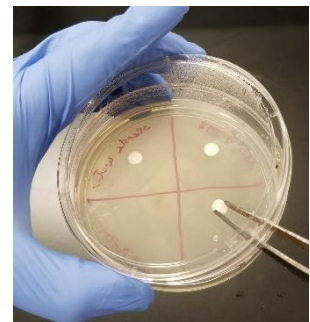
細菌培養：

7. 將瓊脂平板倒置 (標籤面朝上) 在 37°C 下培養 2 天。
- B. 使用適當調整的 Kirby-Bauer 圓盤擴散測試對消毒產品進行效能查證
1. 老師為每組準備了一組樣品，包括無菌去離子水、75% 乙醇、1:99 家用漂白劑溶液、1:99 滴露溶液和稀釋的表皮葡萄球菌培養物，以及一盤裝有 8 張無菌濾紙 (直徑 6 mm) 的培養皿。
 2. 此部分每組需要兩塊瓊脂平板 (兩個重複實驗)。然後將盤子標記 (參考下圖)



A：無菌去離子水 B：1:99 滴露溶液
C：1:99 家用漂白劑溶液 D：75% 乙醇

3. 你們須使用塗抹法培育表皮葡萄球菌 (*S. epidermidis*)。
 - 3.1 應用無菌技術。
 - 3.1.1 用 75%乙醇擦拭你的手套、工作區、移液器表面、吸頭架以及塗抹用品的包裝。
 - 3.2 小心地抽出 100 μ l 稀釋的細菌培養物並添加到每個板上。
 - 3.3 使用無菌 L 型塗布棒，同時旋轉下方的培養皿將培養物均勻地塗抹在瓊脂表面。完成後立即蓋回蓋子。
4. 引入不同的消毒產品。
 - 4.1 用無菌鑷子夾住一張新的無菌濾紙，用相應的消毒液將濾紙浸濕在試管中。
 - 4.2 稍微掀開瓊脂板的蓋子；將濕濾紙放入相應的象限，如右圖所示。完成後立即蓋回蓋子。
5. 小心地將瓊脂板 (面朝上) 放在 37°C 培養箱中 2 天。



C. 菌落數算並測量抑菌圈

1. 兩天後，觀察平板上菌落形成的情況，點算菌落數目 (不要打開培養皿)，並記錄結果。
【註：假設每個菌落都是從微生物的單個細胞中擴增出來的，菌落分離結果是否良好取決於劃線板技術和起始微生物密度。】
2. 另外，你們需要檢查抑菌圈，並用直尺在倒盤的背面測量透明區的直徑 (不要打開培養皿)。
【註：可以每天檢查平板以確保瓊脂平板沒有被污染或濾紙是否保持原位。】

安全提示

- 遵守實驗室活動的標準安全程序；
- 戴上安全護目鏡、實驗室工作服和手套；
- 化學品的材料安全數據表 (MSDS) 可在 MSDSonline.com 網站上在線獲取；
- 離開實驗室前徹底洗手。

結果

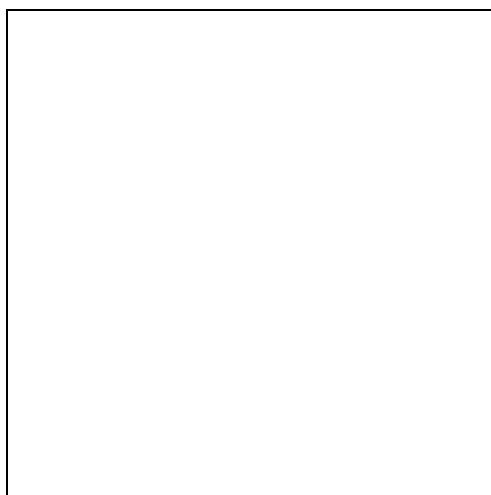
A. 環境表面研究

把圖像附在下表中並記錄每個板的菌落數。

樣本	圖像	菌落數

B. 消毒產品的效能

附上一張代表性圖像，並記錄清晰區域的直徑。



	抑菌圈 (mm)		
	板塊 1	板塊 2	平均值
(A) 去離子水			
(B) 1:99 滴露			
(C) 1:99 漂白劑			
(D) 75%乙醇			

問題

1. 根據你的結果，哪個表面最髒？

2. 在三種給定的消毒液中，哪一種是對抑制表皮葡萄球菌生長最有效？

3. 您預期有甚麼類型的微生物會在瓊脂平板上生長？

4. 為什麼在此實驗課中有些時候需要應用無菌技術？

5. 建議兩項個人衛生措施，以預防傳染病。

實驗 4: 釀酒與飲料中酒精的分析

引言

甲. 發酵

酵母是一種單細胞生物，在我們周圍的世界隨處可見。酵母以糖作為食物獲取能量。而糖可以是純糖，蜂蜜，糖蜜，楓糖漿，或含有天然糖的果汁。

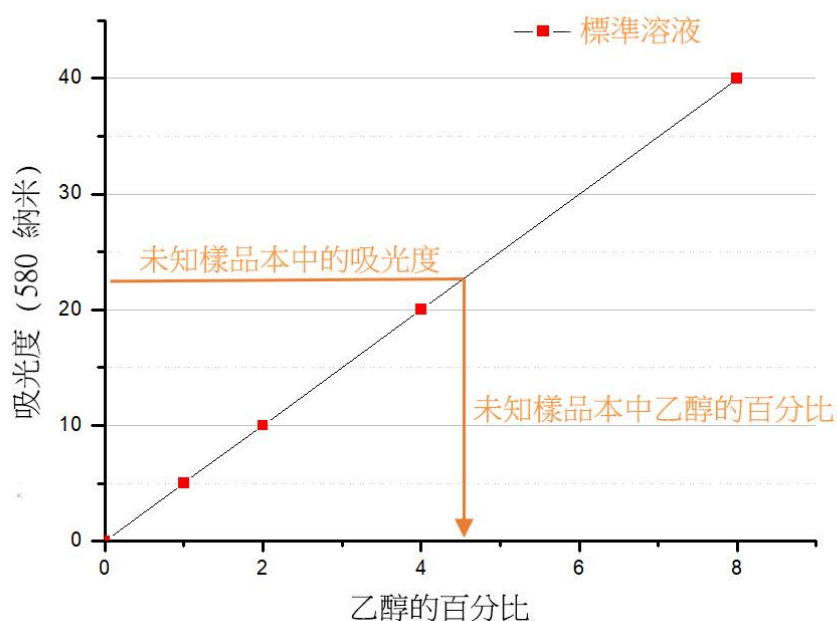
酵母用於釀酒（例如葡萄酒和啤酒）已經有幾千年的歷史。大部份糖通過酵母在沒有氧氣（厭氧）的情況下，會轉化為二氧化碳和乙醇。這個過程稱為發酵，是釀酒行業的根基。



乙. 基於重鉻酸鹽離子的乙醇分析

常見酒精飲料（如葡萄酒、啤酒、中式酒等）中乙醇的含量，可以通過乙醇（ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ）和重鉻酸鹽離子（ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ）之間的反應進行定量分析。重鉻酸鹽離子作為顏色指示劑，在與乙醇發生反應時，顏色會從黃色變為藍綠色。可以使用簡單的色度計測量黃光（580 納米）的吸收度來監測顏色變化的程度。

為了確定未知樣本中乙醇的百分比，使用一組濃度由 0 至 8% 乙醇為標準溶液，測量其在 580 納米波長的吸光度，從而建立校準曲線。由於在 580 納米的吸光度與乙醇濃度百分比成正比，校準曲線應顯示線性關係（如下圖所示）。然後，可以通過將未知樣本中的吸光度擬合到校準曲線中來估計的乙醇百分比。這種校準曲線方法常用於分析科學。



【註：根據香港法律，禁止任何人在業務過程中，不論是透過當面或遙距分發或銷售機的方式，向 18 歲以下的未成年人士售賣和提供可令人醺醉的酒類飲品。】

預期的學習目標

透過這實驗，期望學生可以掌握：

1. 了解檢驗服務在確保食品品質和安全的重要性，以及檢測在日常生活中的作用；
2. 用相應原料發酵生產酒精；
3. 使用比色法對飲料中的酒精含量進行定量分析；
4. 掌握 STEM 的基本概念。

實驗部分

設備

- 1 x 500 毫升雙頸圓底燒瓶
- 1 x 玻璃塞
- 1 x 15 厘米長的橡膠管
- 1 x 滴管
- 1 x 磁力攪拌器
- 1 x 500 毫升量筒
- 1 x 螺絲應接器
- 1 x 10 毫升試管
- 2 x 夾子
- 8 x 試管 (可用比色杯代替)
- 1 x 試管架
- 5 x 100 毫升容量瓶
- 1 x 10 – 200 微升的自動吸移管
- 1 x 1 – 5 毫升自動吸移管
- 自動吸移管的吸頭



圖 1. 玻璃儀器

- 1 x 加熱器
- 1 x 400 毫升燒杯
- 1 x 行動裝置 (iOS 或安卓系統)

試劑和化學品

- 葡萄糖
- 酵母 (酒精生產用)
- 酵母抽提物
- 乙醇
- 重鉻酸鉀
- 硫酸

實驗步驟

- A. 使用發酵釀酒
1. 將 8 克葡萄糖、0.2 克酵母提取物、2 克酵母化合物（酒酵母）和 400 毫升去離子水加入 500 毫升圓底燒瓶中。
 2. 輕輕攪拌混合物。
 3. 組裝以下設置。



4. 混合物在室溫下保溫 2 小時。

B. 使用「ChemEye」（智慧型手機比色法）分析飲料中的酒精含量

乙醇校準標準：

1. 在試管中準備一套乙醇校準標準。

	0% (空白)	1%	2%	4%	8%
乙醇溶液	200 微升	200 微升	200 微升	200 微升	200 微升
重鉻酸鉀溶液	2.0 毫升	2.0 毫升	2.0 毫升	2.0 毫升	2.0 毫升

2. 在熱水器中加熱試管 5 分鐘，然後冷卻至室溫。
3. 在每支試管中加入 5.0 毫升去離子水。

葡萄酒樣品：

4. 將 200 微升的樣本溶液與 2.0 毫升 重鉻酸鉀溶液混合在試管中。
5. 在熱水器中加熱試管 5 分鐘，然後冷卻至室溫。
6. 在試管中加入 5.0 毫升去離子水。

使用「ChemEye」測量：

7. 用以下二維碼在行動裝置上安裝「ChemEye」。

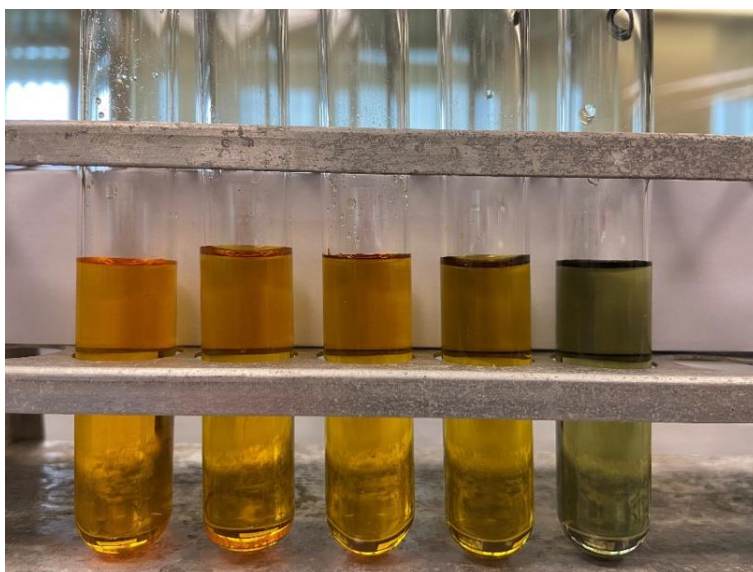


對於 iOS 設備

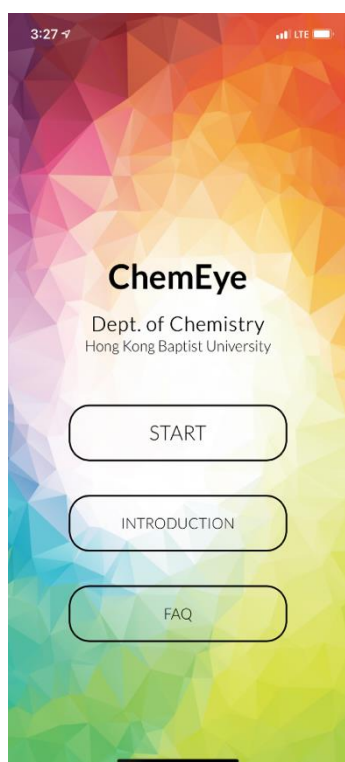


對於安卓設備

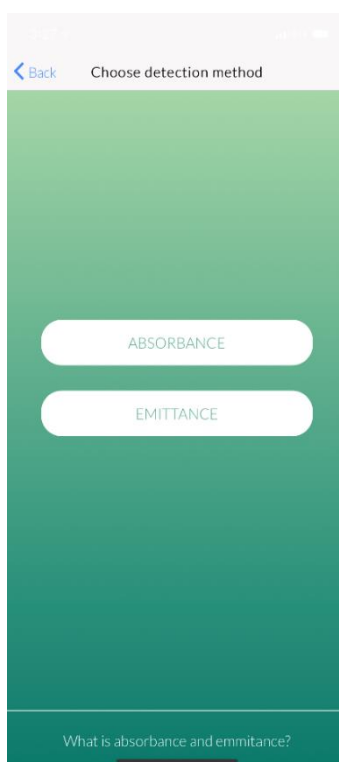
8. 將試管放在白色背景前。



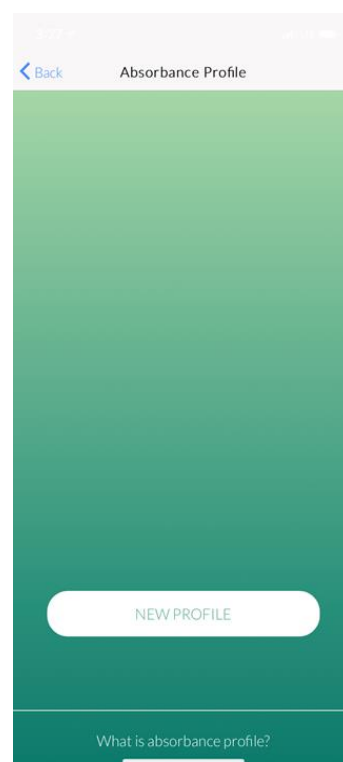
9. 跟隨程序創建校準曲線並檢測樣本：



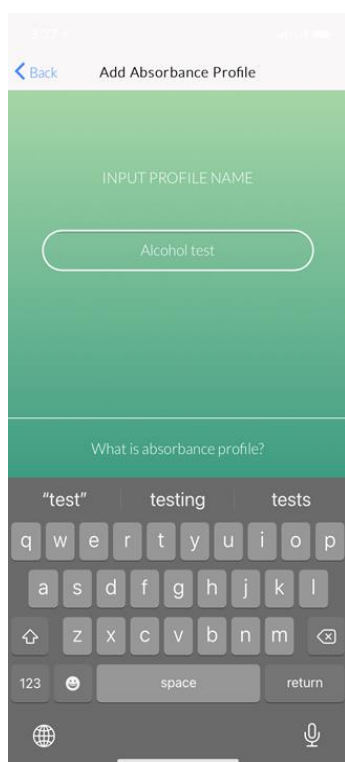
1. 打開應用程式並按「START」



2. 選擇「ABSORBANCE」



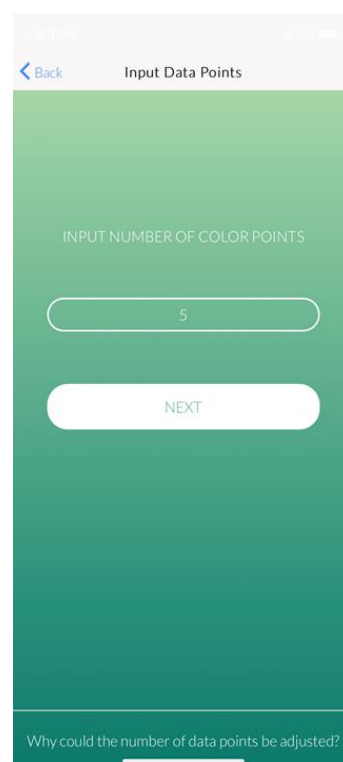
3. 按下「NEW PROFILE」



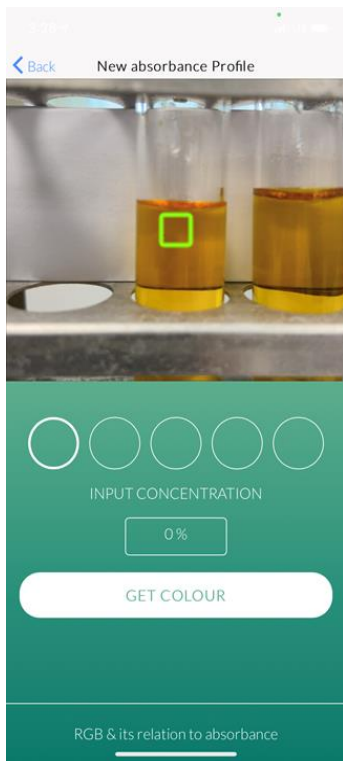
4. 輸入個人描述名稱



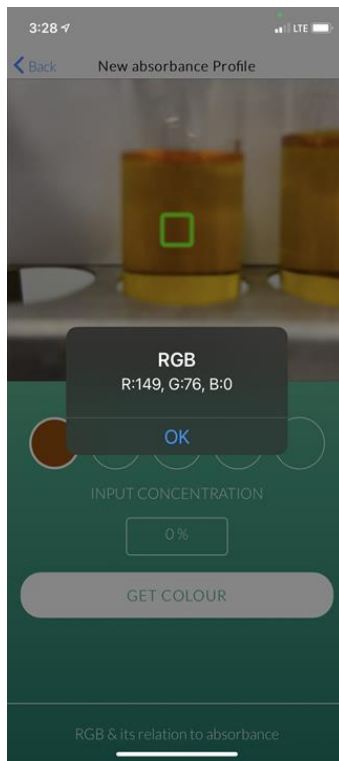
5. 選擇百分比為輸入單位



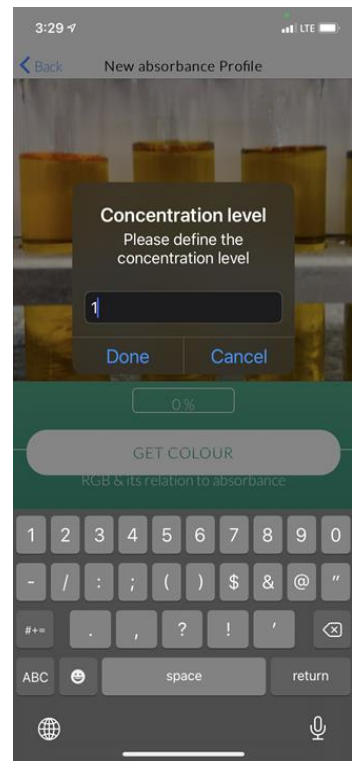
6. 將顏色點數輸入為 5



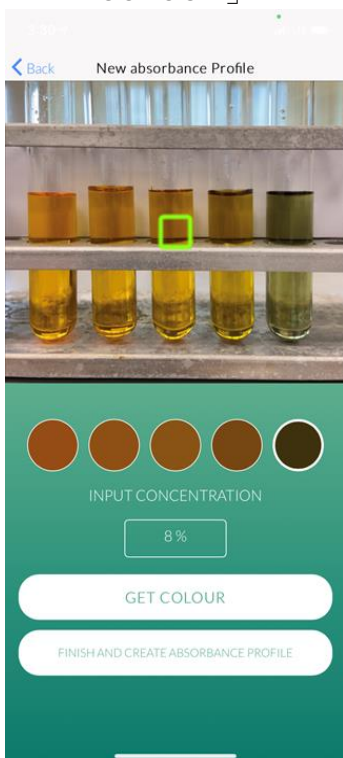
7. 將綠色方塊放在標準溶液上，按「GET COLOUR」



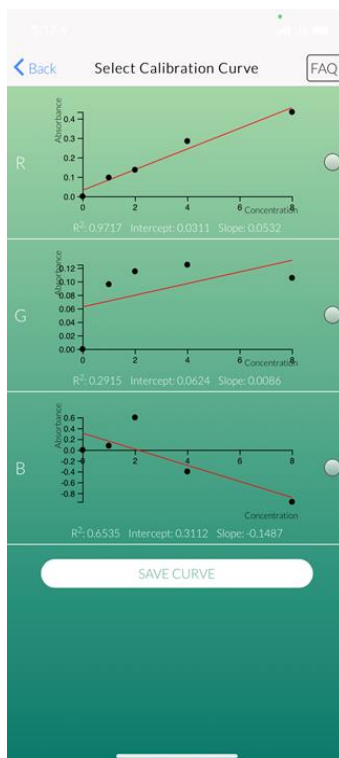
8. 獲得三原色值



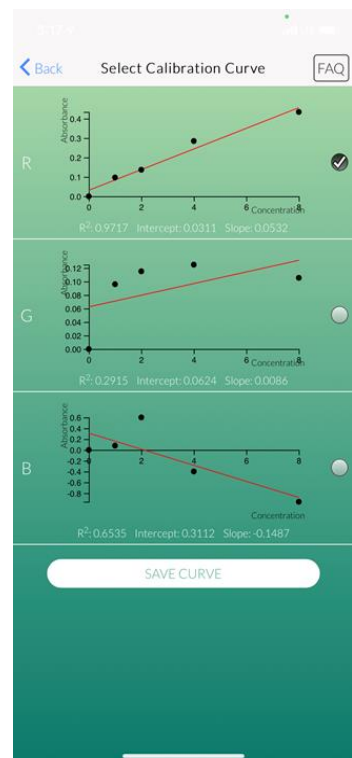
9. 輸入各自的濃度



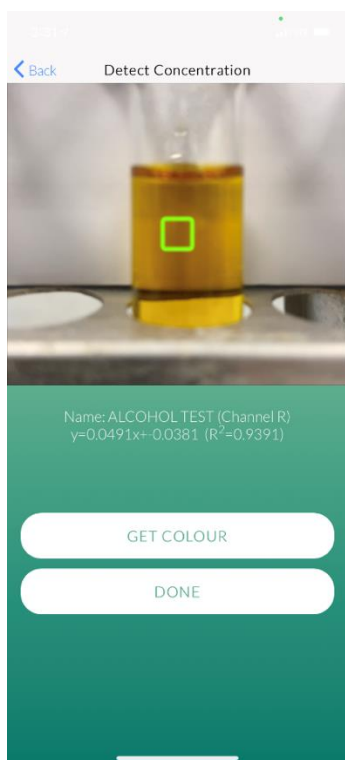
10. 重複所有標準溶液。按下「FINISH」



11. 獲得紅色、綠色和藍色校準曲線。



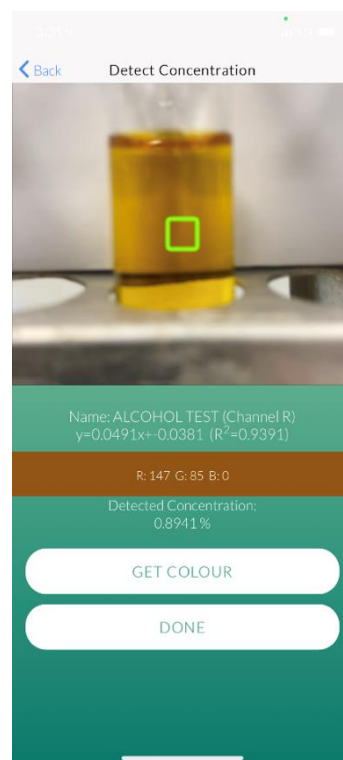
12. 本實驗中請選擇紅色曲線。



13. 最佳直線的判定係數顯示



14. 按「DETECT」測量樣本



15. 檢測濃度顯示

安全提示

- 遵守實驗室活動的標準安全程序；
- 戴上安全護目鏡、實驗室工作服和手套；
- 化學品的材料安全數據表 (MSDS) 可在 MSDSonline.com 網站上在線獲取。

數據表

使用「ChemEye」的定性分析

樣本	描述	標註含量(%)	使用「ChemEye」乙醇檢測結果 (%)	紅、綠、藍線路選擇
1.				
2.				
3.				

問題

1. 酵母在發酵中的作用是什麼？

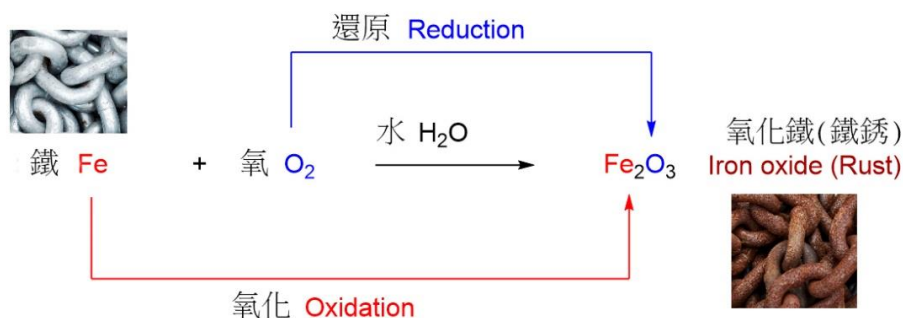
2. 哪些條件會影響發酵反應？

3. 舉例說明日常生活中的氧化還原反應。(參考延伸閱讀)

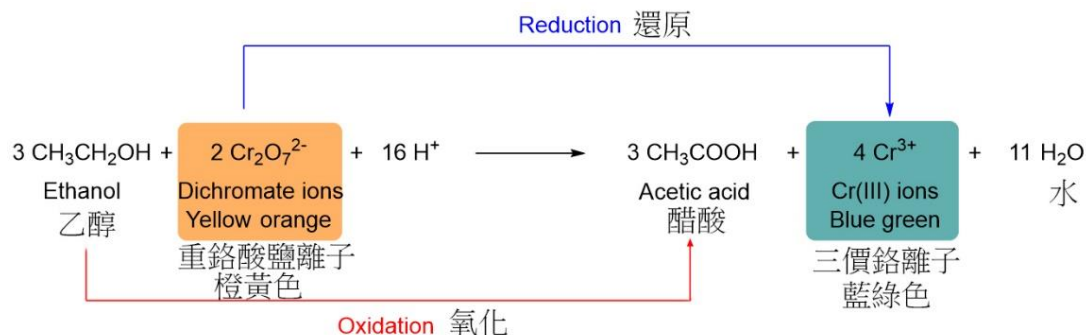
延伸閱讀

氧化還原反應

氧化還原反應是一種涉及氧氣轉移的化學反應。例如，鐵生鏽是一種氧化反應，鐵 (Fe) 在潮濕的空氣中被氧氣氧化成氧化鐵 (Fe_2O_3)。



在這個實驗中，乙醇 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) 和重鉻酸鹽離子 ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) 之間的反應也是氧化還原反應。如上所示，酒精飲料中的乙醇在酸性條件下通過重鉻酸溶液 (黃色橙色溶液) 氧化為醋酸 (CH_3COOH)。同時，重鉻酸被還原至藍綠色的三價鉻 (Cr^{3+})。使用簡單的色度計測量黃光 (580 納米) 的吸收量，判斷三價鉻的產生量。



實驗 5: 「鬼口水」的製作和「鬼口水」中硼砂成份的分析

引言

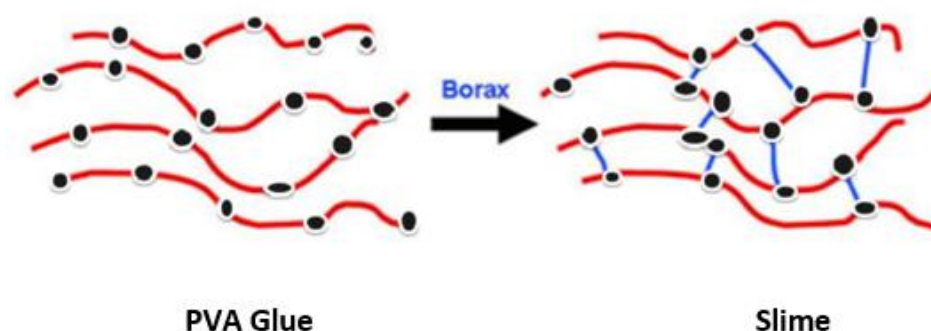
「鬼口水」是一種普及的潮流玩意，大部份小朋友都喜歡它。製作「鬼口水」過程令人著迷，用簡單材料如膠水和水，加入硼砂溶液並混合均勻，俗稱為「鬼口水」的黏性物質便完成了。然而，「鬼口水」的安全性一直受到關注，因為硼砂可引致一些健康問題，例如會刺激皮膚，眼睛和呼吸系統。這個實驗除了可親身製作「鬼口水」外，還會檢測「鬼口水」中硼砂的含量。



實驗原理

「鬼口水」是由大分子聚合物組成，這些分子在彼此之間緩慢移動。聚合物，是希臘語單詞"多元"和"部分"的結合，意思是"許多部分"。我們每天都會遇到聚合物，例如植物中的纖維素、頭髮和指甲中的角蛋白，以及消費品中的各種類型的塑膠。PVA 膠水就是其中一種聚合物，由聚乙烯醋酸鹽的長鏈組成。

硼砂 — $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (四硼酸鈉) 是一種粉狀白色礦物質，數十年來一直用作清潔產品。當 2% 的硼砂溶液加入水和膠水的混合液 (比例為 1:1) 時，硼砂離子會將膠水聚合物分子逐段黏住，做成「手牽手」效果，使它們無法輕易地移動和流動。這種結構粘性高，可以拉、伸、壓縮和改變形狀，稱為「鬼口水」。



用薑黃粉進行篩查檢測可以檢測「鬼口水」中有否含硼砂。姜黃素是天然薑黃粉中的黃色色素。姜黃素與硼砂反應形成紅色化合物（玖紅花青），這種顏色很容易通過肉眼分別出來。此檢測方法靈敏度高，可以用來檢測微量的硼砂。



我們可以通過酸鹼滴定法來進一步測定「鬼口水」中的硼砂含量。首先，用過量的標準化鹽酸中和 B(OH)^4 離子，從而破壞聚合物鏈之間交聯連結。當「鬼口水」中所有的硼砂跟鹽酸反應完成後，剩餘的鹽酸可以透過酸鹼滴定法用氫氧化鈉溶液來定量，並以甲基紅作為指示劑（從紅色變成黃色），最終可以計算出硼砂的含量。

預期的學習目標

透過這實驗，期望學生可以掌握：

1. 了解檢測服務在確保玩具品質和安全的重要性，以及檢測在日常生活中的作用；
2. 通過混合相應的原材料製作「鬼口水」；
3. 通過酸鹼滴定法分析「鬼口水」中的硼砂含量；
4. 掌握 STEM 的基本概念。

實驗部分

設備

- 1 x 50 毫升 滴定管
- 1 x 滴定管夾
- 1 x 鐵支架
- 1 x 15 毫升 移液管
- 1 x 100 毫升 量筒
- 4 x 150 毫升 燒杯
- 2 x 100 毫升 容量瓶
- 1 x 1 升 容量瓶
- 1 x 點滴板
- 1 x 拉鍊袋
- 2 x 攪拌棒
- 5 x 滴管
- 1 x 一次性塑料杯

試劑和化學品

- 乙醇
- 鹽酸 (HCl)
- 甲基紅指示劑
- 氫氧化鈉 (NaOH)

- 硼砂
- 白膠漿
- 薑黃粉

實驗步驟

A. 「鬼口水」的製作

1. 在一次性塑料杯中加入 50 毫升白膠漿和 50 毫升水，充分攪拌均勻。
【提示：白膠漿的用量可多可少，只要保持白膠漿和水的用量是 1:1 即可。】
2. [選項] 加入幾滴食用色素，充分攪拌均勻。
3. 用滴管每次滴加幾滴硼砂溶液到膠水混合物中，並充分攪拌。
4. 繼續滴加硼砂溶液，直到大部分膠水混合物變粘稠。
【提示：不要加入過多的硼砂溶液。當杯底還有少量膠水混合物時，停止加入硼砂溶液。】
5. 用手拿起「鬼口水」搓揉直至順滑，如太黏手，可再加硼砂溶液揉合，直至混合物黏度適中，將其存放在 Ziploc 袋中。

B. 使用薑黃素指示劑快速檢測「鬼口水」中的硼砂

1. 取一塊乾淨的點板，將三個凹穴順次標記為 A、B、C。
2. 在點板的 A 孔中加入幾滴膠水 – 作為對照。
3. 將少量「鬼口水」放入 B 孔中，加入幾滴熱水。用乾淨的牙籤混合溶液。
4. 在 C 孔中加入幾滴 2% 硼砂溶液。
5. 分別在 A、B、C 孔中加入 2 滴薑黃指示劑溶液。
6. 比較 B、C 溶液與對照溶液 A 的顏色。

C. 延伸/自選學習活動 – 使用滴定法檢測「鬼口水」中的硼砂含量

1. 在 150 毫升燒杯中準確稱取 50 克「鬼口水」。
2. 用移液管轉移 15.0 毫升的 0.1 M HCl 溶液到同一個燒杯中，用攪拌棒充分攪拌到「鬼口水」溶解。
3. 在「鬼口水」- HCl 溶液中加入 10 滴甲基紅指示劑，搖晃溶液至均勻，溶液呈紅色。
4. 用 0.1 M NaOH 溶液緩慢地滴定燒杯中的紅色溶液。
【提示：每次添加後用玻璃棒將溶液充分混合。】
5. 直到溶液呈現淡黃色時，即達到終點。
6. 記錄所用氫氧化鈉溶液的體積 (毫升) 並計算「鬼口水」中硼砂的含量 (%)。

$$\text{硼砂} = \frac{(15 - \text{使用的 NaOH 體積}) \times 0.019}{\text{「鬼口水」質量}} \times 100\%$$

安全提示

- 遵守實驗室活動的標準安全程序；
- 戴上安全護目鏡、實驗室工作服和手套；
- 化學品的材料安全數據表 (MSDS) 可在 MSDSonline.com 網站上在線獲取。

數據表

觀察

- 「鬼口水」的製作
-

- 薑黃素指示劑快速檢測鬼口水中的硼砂

	凹穴 A	凹穴 B	凹穴 C
顏色			

- 使用滴定法檢測「鬼口水」中的硼砂含量
-

記錄所用的 NaOH 體積 (毫升) 並計算硼砂含量 (%)

「鬼口水」樣品的質量 (克)	
添加的 HCl 體積 (毫升)	
初始的體積 (毫升)	
最終的體積 (毫升)	
使用了的 NaOH 體積 (毫升)	
「鬼口水」中硼砂含量 (%)	

問題

1. 「鬼口水」是液體還是固體？請在下面給出你的理由。

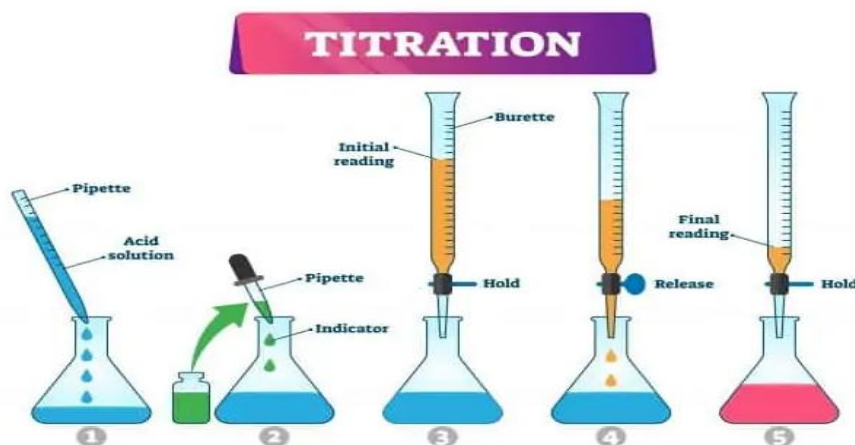
2. 描述「鬼口水」的特性以及它在你手中的感覺。

3. 哪些聚合物是你每天都會遇到？

延伸閱讀

什麼是酸鹼滴定法？

酸鹼滴定法涉及酸和鹼（例如 HCl 和 NaOH ）之間的化學反應。這種反應的產物是一種鹽（例如 NaCl ）和水。由於這些溶液是無色的，因此需要顏色指示劑通過溶液顏色的變化來判定滴定終點。該指示劑是一種特殊類型的物質，可以告訴我們溶液是酸性還是鹼性。



實驗 6: 太陽能電池的製造和電性能測試

引言

現今主要用於發電的能源多是不可再生化石燃料，如石油、天然氣和煤炭等，所以科學家一直在尋找不引起污染而便宜且高效率的再生能源作替代。因此，近年有不少有關穩定和高效能太陽能電池的研究。

染料敏化太陽能電池是屬於薄膜太陽能電池類別的低成本太陽能電池。它的操作是基於在光敏陽極和電解質之間形成的半導體。染料敏化太陽能電池 (DSSC) 使用有機和無機材料薄膜，將太陽能轉化為電能方面的效果良好，應用上靈活，生產成本低，並且易於製造，所以近年引起了廣泛關注。

染料敏化太陽能電池是一種可用於在室內和室外的各種光照條件下發電的技術，使用戶能夠將人造光和自然光都轉化為能量，從而為各種電子設備供電。

染料敏化太陽能電池的原理

在實驗中，將親手使用來自藍莓的天然染料作為光敏劑製造染料敏化太陽能電池 (DSSC)。DSSC 的基本原理如圖 1 所示。

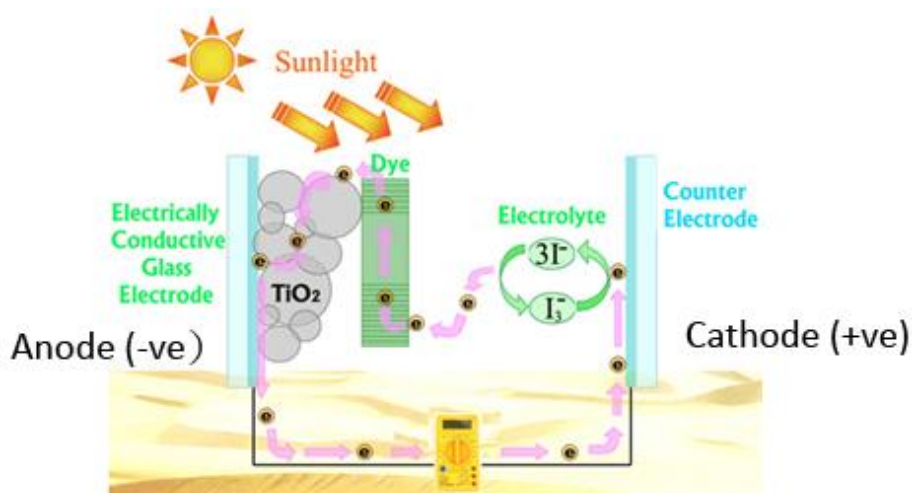


圖 1: 典型的染料敏化太陽能電池的示意圖

染料敏化太陽能電池所含的配件，通常包括用於吸收太陽光的染料 (如本實驗中來自藍莓)、納米晶體二氧化鈦物料、透明導電的玻璃電極、平衡電極和電解液，可以在光照下把光能 (太陽光) 轉化為電能 (電力)。

預期的學習目標

透過這實驗，期望學生可以掌握：

1. 了解檢測服務在確保不同電氣產品的質量和安全的重要性，以及檢測在日常生活中的作用；
2. 使用天然染料作為光敏劑生產染料敏化太陽能電池；
3. 學習使用萬用表分析太陽能電池的電性能；
4. 掌握 STEM 的基本概念。

實驗部分

設備

- 2 x FTO 導電玻璃
- 1 x 萬用表
- 1 x LED 手電筒
- 1 x 鉛筆
- 1 x 膠帶
- 1 x 小紙
- 1 x 鑷子
- 1 x 白色瓷磚
- 1 x 電熱板
- 1 x 玻璃棒
- 2 x 小夾子
- 1 x 移液管膠泵
- 1 x 50 mL 燒杯
- 4 x 鱷魚夾電線
- 1 x 帶鱷魚夾的秒錶
- 1 x 錶面玻璃

試劑和化學品

- 乙醇
- 碘化鉀
- 碘
- 乙二醇
- 去離子水
- 藍莓 (從超市購買的冷凍水果)
- TiO₂ 漿料

實驗步驟

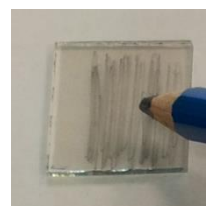
A. 染料敏化太陽能電池的製造和相應電性能的分析

1. 準備一塊已有 TiO_2 塗層的導電玻璃。用滴管將天然染料溶液(藍莓汁液)加到鍍膜玻璃上，等待至少 20 分鐘。隨著染料被吸收並與 Ti(IV) 絡合，白色 TiO_2 會改變顏色。



2. 用水然後用乙醇輕輕沖洗。並吹乾鍍膜玻璃。

3. 用另一塊玻璃片製造對電極。首先使用萬用表確定導電玻璃的導電面。



4. 使用沾有乙醇的紙巾擦去所有指紋或油脂，並吹乾玻璃。

5. 用鉛筆塗上玻璃導電面，使玻璃片表面覆蓋一層碳，用乙醇沖洗並徹底乾燥。

6. 將兩個帶塗層的玻璃片以一定的偏移量組裝在一起。請勿摩擦或滑動玻璃片。用夾子將玻璃片緊緊夾住。

7. 在添加電解質之前，在室內照明和 LED 手電筒下測量並記下所製造的太陽能電池的 V_{oc} (開路電壓) 和 I_{sc} (短路電流)。

8. 在玻璃片的邊緣添加幾滴碘化物電解液 (KI_3 溶液)。毛細管作用將 KI_3 溶液充滿在玻璃片之間。染料敏化太陽能電池的製造就完成。



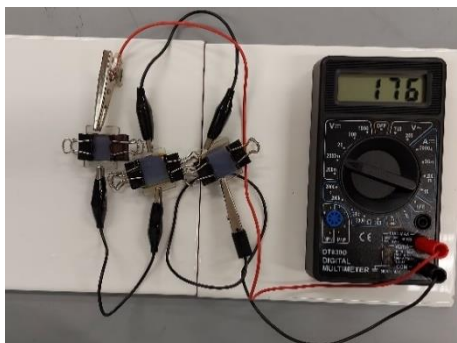
9. 使用鱷魚夾將染料敏化太陽能電池連接到萬用表。【提示：請勿刮擦導電玻璃的表面。】

10. 分別在室內照明，LED 手電筒和黑陰中，測量並記下太陽能電池的 V_{oc} (開路電壓) 和 I_{sc} (短路電流)。

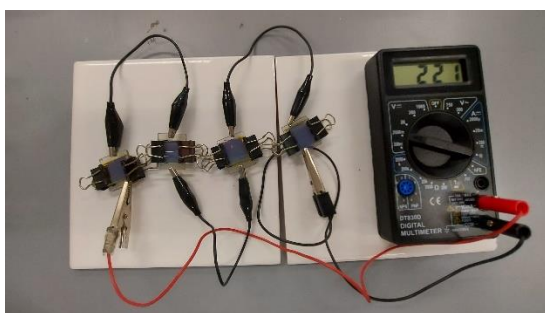


B. 通過串聯多個染料敏化太陽能電池來啟動秒錶

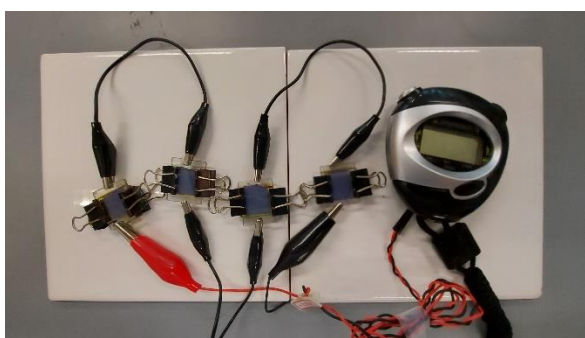
1. 串聯連接 3 個染料敏化太陽能電池，並在 LED 手電筒照明下，用萬用表測量該系統的 V_{oc} (開路電壓) 和 I_{sc} (短路電流)。



2. 繼續向系統中添加染料敏化太陽能電池，直到電壓大於 1200 mV，然後斷開萬用表的連接。



3. 連接系統，並檢查其是否可以在 LED 手電筒的照明下啟動秒錶。記下最少要多個太陽能電池的數量才可能啟動秒錶。。



安全提示

- 遵守實驗室活動的標準安全程序；
- 戴上安全護目鏡、實驗室工作服和手套；
- 化學品的材料安全數據表 (MSDS) 可在 MSDSonline.com 網站上在線獲取。

數據表

A. 染料敏化太陽能電池的製造和相應電性能的分析

使用的漿果類型：_____

添加三碘化物溶液 (電解質) 之前：

	電壓 (mV)	電流 (μA)
室內照明		
LED 手電筒		

$\therefore$ 在無電解質的情況下，太陽能電池 可運作 / 未可運作*

添加三碘化物溶液 (電解質) 後：

	電壓 (mV)	電流 (μA)
室內照明		
LED 手電筒		
在黑陰中		

$\therefore$ 照射的光度增加，電壓會 增加 / 減少*

B. 通過串聯多個染料敏化太陽能電池來啟動秒錶

在 LED 照明下

太陽能電池數量	電壓 (mV)	電流 (μA)
3		
4		
5		

秒錶通電所需的太陽能電池數量 _____

可以啟動秒錶的最小電壓 _____ mV

$\therefore$ 串聯的太陽能電池數量增加：電壓會 升高 / 降低 *

(* 圈出每個問題的適當答案)

問題

1. 當照射在太陽能電池上時的光度增強，太陽能電池產生的電壓和電流會發生什麼變化？

2. 使用乙醇清洗塗有染料的 TiO_2 玻璃片的目的是什麼？

3. 染料敏化太陽能電池在商業應用中的優勢是什麼？

4. 染料敏化太陽能電池的主要缺點是使用了具有溫度穩定性問題的液體電解質。在低溫和高溫下可能發生的最壞情況是什麼？
