

教育部112年度中小學科學教育計畫專案

期末報告大綱

計畫編號：3-6

計畫名稱：ICT 融入高中化學實驗課程(第一年)

主持人：陳映辛

執行單位：竹山高中

壹、計畫目的及內容：

(一) 前言

目前化學科課程相關實驗，仍以訓練傳統實驗操作技能為主，這將對學生的學科應用與真實情境連結帶來鴻溝，不利於科學素養培養，因此隨著資訊與科技進步，應當針對化學實驗課程做改善，確保 ICT 成為深度學習之工具，而教師亦應具備 ICT 融入之課程設計能力，因此本計畫欲以化學課綱實驗作為研究主軸，針對高中各冊發展出至少一份 ICT 融入化學實驗課程，以開創之心達啟發推廣 ICT 融入化學課程之目標。

研究顯示 ICT 在課室中學習整合上具有許多優點(Costley, K. C., 2014)，包含增強學生動機、提高學生參與、深化學生協同合作、深化實踐式學習的機會、加強差異式學習、提升學生自信、增加科技能力。針對化學科學習上，ICT 有即時回饋能幫助學生更快理解抽象觀念、減少繁複計算或操作，且能輔助學生將質性描述以量化方式呈現，若再搭配小組合作的實驗活動，將能大幅提高學習成效，因此 ICT 融入化學實驗教學不只是配合未來人才所需之數位能力，更有其優勢及必要性。

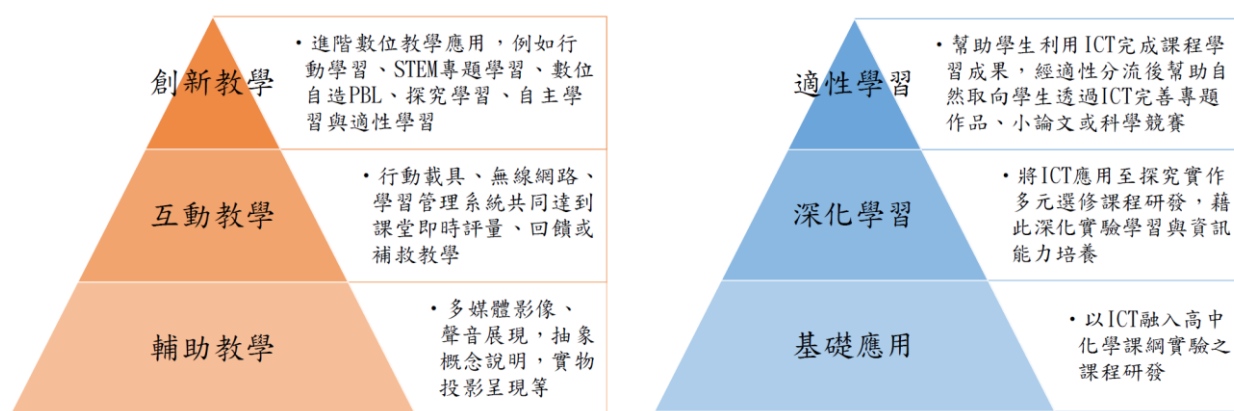
(二) 計畫目的綜述

現行108自然領域課程綱要特別強調科學學習的方法，應當從激發學生對科學的好奇心與主動學習的意願為起點，納入真實情境，引導其從既有經驗出發，進行主動探索、實驗操作與多元學習，使學生能具備科學核心知識、探究實作與科學論證溝通能力。

ICT 於化學實驗教學上具備眾多優勢，既可讓學生擺脫繁瑣流程，專注於思考討論與溝通，又能使化學學習與當代科學確實連結，拓展學生知識與經

驗，當中的即時回饋更能使學習焦點放在整體問題與抽象概念，便於繼續探索深入知識而非零散瑣碎操作。

即便 ICT 融入化學實驗教學雖有許多優勢，在實際課室卻礙於過去習慣未能普及應用。因此本計畫欲利用三年期程逐步深化 ICT 融入高中化學實驗課程，由社群教師作為先鋒探索可行工具、發展課程，執行並蒐集學生實作回饋、提供學生成果發表舞台展現多元學習成果，後續持續研發，並針對以研發單元進行改良，並將課綱實驗可使用工具逐步延伸至自然探究實作、多元選修課程，讓 ICT 不再侷限於特定人士或研究領域，真正內化為學生學習伴隨之工具。



圖(四)教育部教師應用數位科技教學層次(左)與本計畫 ICT 融入課程研發層次(右)

根據2018年教育部教師應用數位科技於教學的層次區分，數位科技應用有三階層：

1. 輔助教學(第一階)：透過多媒體影像、聲音展現，抽象概念說明、實物投影呈現等。
2. 互動教學(第二階)：行動載具、無線網路、學習管理系統共同達到課堂即時評量、回饋或補救教學。
3. 創新教學(第三階)：進階數位教學應用，例如行動學習、STEM 專題學習、數位自造 PBL、探究學習、自主學習與適性學習

(三) 計畫內容

本計畫仿照三階段概念，將 ICT 融入一般高中化學課綱實驗之研發計畫區分為三階層進行：

1. 基礎應用(第一階)：以 ICT 融入高中化學課綱實驗之課程研發
2. 深化學習(第二階)：將 ICT 應用至探究實作、多元選修課程研發，藉

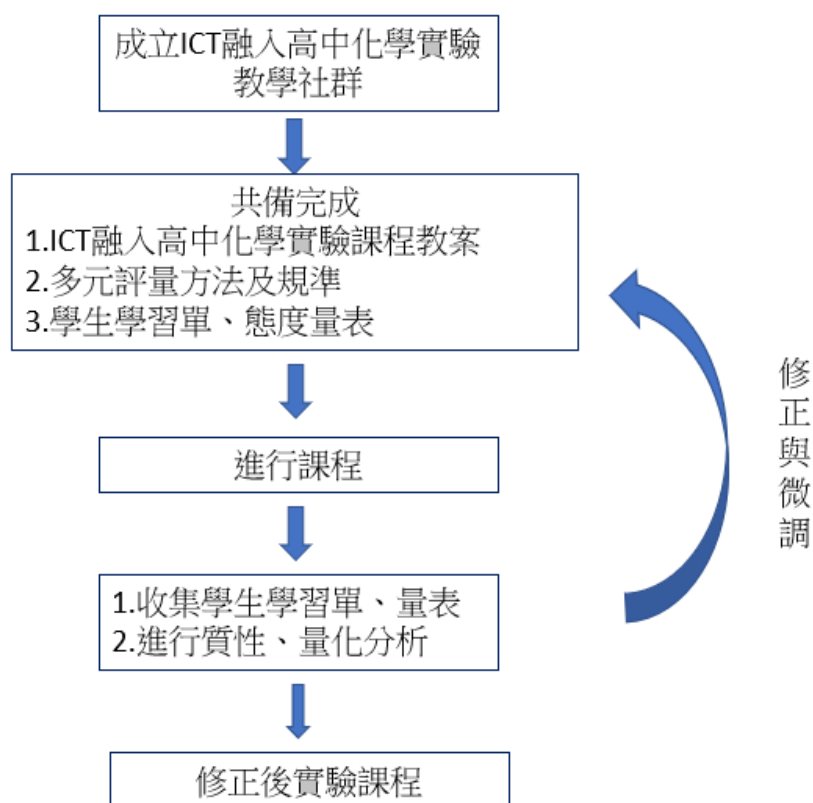
此深化實驗學習與資訊能力培養

3. 適性學習(第三階)：幫助學生利用 ICT 完成課程學習成果，經適性分流後幫助自然取向學生透過 ICT 完善專題作品、小論文或科學競賽

綜合以上，ICT 融入化學實驗教學有其必要性，欲達學生關鍵能力培養，需自教師專業發展出發，逐步提高研發課程之深度，並於執行中改良、修訂、精進。更階段須逐步踏實，方能建立自根本建立厚實基礎，培育出具全球移動力、就業力、創新力、跨域力、資訊力、公民力等六大基礎關鍵能力之未來人才。

貳、研究方法及步驟：

1. 研究方法及步驟(流程圖)



2. 課程實施對象

本計畫將以高中普通科一年級學生、二年級自然組學生、三年級自然組學生為課程實施對象，課程中將部分的課綱實驗(一學期一個實驗為主)融入 ICT 教學，

並實施多元評量，收集學生學習單、態度量表，進行量化及質性分析。

3. 設計 ICT 融入的實驗，如下表(一)紅字部分，共7個。

| | |
|----------------------|---|
| 必修(全) | 1. 示範實驗：萃取、蒸餾及以 TLC 片 進行色層分析。 2. 實驗：溶解度的測定（溶解度曲線和 結晶）。 3. 實驗：酸鹼指示劑 4. 實驗：界面活性劑的效應 |
| 選修化學(一) 物質與能量 | 1. 實驗：測量強酸強鹼之中和熱及硝酸鉀溶 於水之熱 量變化。 2. 示範實驗：理想溶液與非理想溶液體積的 差異。 3. 實驗：凝固點下降的現象(不涉及分子量 的測定計 算)。 |
| 選修化學(二) 物質構造與反應速率 | 1實驗：秒錶反應。 |
| 選修化學(三) 化學反應與平衡一 | 1. 實驗：平衡的移動（勒沙特列原理）。 2. 實驗：平衡常數 3. 實驗：酸鹼滴定 |
| 選修化學(四) 化學反應與平衡二 | 1. 實驗：氧化還原反應。 2. 實驗：氧化還原滴定。 3. 實驗：電解電鍍與無電電鍍。 4. 示範實驗：鐵離子與草酸根形成的錯合物 |
| 選修化學(五) 有機化學與應用科技 | 1. 實驗：以電腦模擬或實體模型觀察有機分子的結構。 2. 示範實驗：有機化合物的一般性質（揮發 性、溶解 度等）。 3. 示範實驗：常見官能基的檢驗。 4. 實驗：醇、醛及酮的性質。 5. 實驗：製備阿斯匹靈。 6. 實驗：水汙染的檢測 |

表(一)108高中化學課綱實驗

參、目前完成進度、研究成果：

完成7個 ICT 融入高中化學實驗

- (1) 設計實驗(附件一~七)
- (2)建立多元評量方法(附件八)
- (3) 發展學生學習單、態度量表(附件九)
- (4)實施一年級(必修化學)實驗-酸鹼指示劑

肆、 預定完成進度

| | |
|-------------------------------|---|
| 第一年下學期 113.02.01~113.07.31 | <ol style="list-style-type: none">1. ICT 融入高中化學實驗教學社群，共備 6 次2. 完成 3個(4 個)ICT 融入高中化學實驗（選化(I)、(II)、(III)、(IV))<ol style="list-style-type: none">(1) 設計教案(2)建立多元評量方法及規準(3) 發展學生學習單、態度量表3. 進行 2 個 ICT 融入化學實驗課程：<ol style="list-style-type: none">(1)必修化學-一年級學生(2)選修化學(IV)-三年級學生4. 完成上述實驗課程多元評量，收集學生學習單、態度量表 並進行質性、量化分析並修正微調 |
|-------------------------------|---|

伍、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

1. 在傳統實驗加入 ICT 是必要的，因為 ICT 融入實驗教學有下列優點：

- (1) 提供即時數據：在實驗過程中，立即數據的收集和分析，可以迅速地獲得實驗結果，還能夠幫助他們更深入地理解實驗原理。
- (2) 提供更精準的數據：藉由辨色 APP 提供更精準客觀的數據，使得誤差更小
- (3) 跨學科整合：ICT 的應用有助於將不同學科領域進行整合，實現跨學科教學。例如，化學、資訊等可以透過 ICT 整合在一起，將所學應用在實驗上。

2. 教學現場及解決辦法：

- (1) 學生接受度高，因為更精準。
- (2) 必須花10-20分鐘讓學生熟悉 APP 操作。
- (3) 不同系統手機有時 APP 不太相同。
- (4) 必修化學:酸鹼指示劑，操作時間有點過長，修正成精簡版:化學彩虹

陸、參考資料

1. 教育部建立校園數位科技教學計畫
2. 108課綱
3. 廖旭茂 (2020)。利用智慧型手機結合 App 探究化學平衡移動。臺灣化學教育電子期刊，37。網址
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=37556>

附件一：實驗(全)：酸鹼指示劑

利用智慧型手機與色彩 APP 分析廣用指示劑色碼並調查未知液 pH 值

■ 前言

化學實驗上，溶液的濃度高低的判斷除了目測比色法外，就是使用相對精準的分光光度計；但分光光度計雖然精準，但價格昂貴，無法讓每一個學生都能參與實驗觀察。在一次氯化亞鈷的平衡移動實驗中，看到學生關於藍顏色的記錄，有的說淺藍色，有人紀錄為海洋藍，各種藍色描述說法都不盡相同。突然天外飛來一筆，順口問了學生一句：「可以利用 App 來記錄溶液的顏色嗎？」，學生想到可以利用手機來做實驗相當開心，開始搜尋適合的辨色 App，如 ColorMeter Free (安卓系統)，因為安卓手機較為普遍，也開始了我們使用該 App 紀錄顏色的旅程 (廖旭茂，2020)。下圖為利用手機 App 紀錄試管內溶液的顏色。

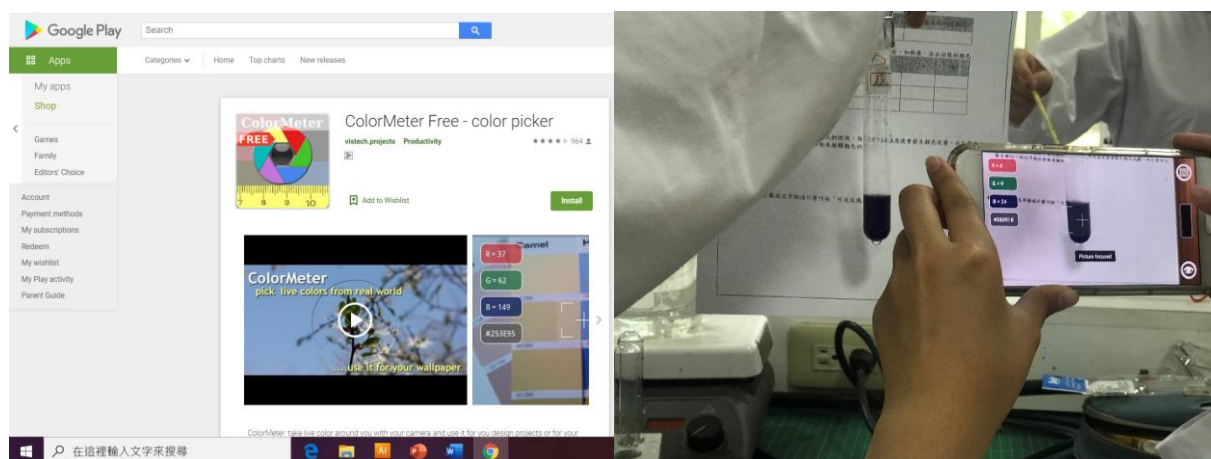


圖1：圖左為App的下載位置截圖，圖右為學生使用App來做為溶液顏色鑑定過程

在網頁設計時，顏色採用的標示有幾種方式，有一種是使用RGB色彩碼，標記方式是RGB(0~255, 0~255, 0~255)。RGB值為(255, 0, 0)為純紅色，(0, 255, 0)為純綠色，(0, 0, 255)為純藍色，(255, 255, 255)為白色，(0, 0, 0)為黑色；另一種是設計師常用的16進位碼Hex，表示法為1個#，後面加上六位數字，如純紅色的色碼值紀錄為#FF0000、純藍色的色碼值紀錄為#0000FF、純綠色的色碼值紀錄為#00FF00；最後一種是HSL(Hue, Saturation, Lightness)色彩碼寫法，如HSL(120, 50%, 20%)。本次使用的較淺顯易懂的RGB色彩碼，其中每個顏色數值會是 0~255 共256種數值，每一種顏色都有一個RGB色碼值，因此混合後總共可以產生256x256x256等於16,777,216種網頁色彩。

本次課程將修改上週配置不同酸鹼值溶液的方法，將小孔盤改成10毫升燒杯，將滴數放大成毫升數，每組分別配置 pH=1~6 (酸)、pH=13~8 (鹼) 各六種溶液，再加入3滴的單一指示劑 (廣用指示劑或蝶豆花指示劑)。

各組將配置好的酸鹼溶液，依 pH 大小依序排列，建立指示劑的酸鹼圖譜。並與老師配置的圖譜相比較是否顏色有所差異。

接著利用智慧型手機結合色彩 APP-ColorPicker 來測量、分析 pH=1~13酸鹼溶液與 A~D 四種未知溶液的色碼值；除了目測法外，藉此色碼值分析比對、調查 A~D 未知溶液的 pH 值。最後我們將透過一般 pH 計來確認未知溶液的 pH 值，與指示劑色碼法相比較。

■ 探索：設計實驗、進行實驗、收集資料及分析資料

【器材和藥品】

- 器材 (每組)：10 毫升量筒 7 個、10 毫升燒杯 2 個、試管 14 根 (含試管架)、3 毫升塑膠滴管 2 支、pH meter 一支、100 毫升燒杯 1 個、手機、手機支架。
- 藥品 (每組)：0.10 M HCl (已標定) 10 毫升 1.00 M NaOH (已標定) 10 毫升、廣用指示劑 5 毫升或 5 % 蝶豆花 5 毫升、蒸餾水 10 毫升、未知溶液甲、乙、丙、丁各 5 毫升。



使用強酸、強鹼，具腐蝕性，請注意安全！

【探索實驗一】：製作指示劑的彩色圖譜 (廣用或蝶豆花) 並調查未知液 pH

1. 取一支 3 毫升塑膠滴管，在盛有 0.10 M 的 HCl 溶液的塑膠瓶中吸取鹽酸溶液，加入 10 毫升的量筒 1 中，至刻度為 9.0 毫升，以黑色細簽字筆在空白處寫上 A₁；接著以滴管再吸取 HCl 溶液，加入另 1 支 10 毫升的量筒 2 中隨後以另一支乾淨塑膠滴管，在盛有蒸餾水的塑膠瓶中吸取蒸餾水，加入量筒 2 中至刻度為 10.0 毫升，以小攪拌棒攪拌後，以黑色細簽字筆寫上 A₂；隨後將取過鹽酸的塑膠滴管在盛滿蒸餾水的燒杯中清洗後，以乾淨衛生紙擦乾滴管，再利用此滴管吸取 A₂ 溶液，加入另 1 支 10 毫升的量筒 3 中，至刻度為 1.0 毫升，隨後以另一支乾淨塑膠滴管，在盛有蒸餾水的塑膠瓶中吸取蒸餾水，加入量筒 3 中，至刻度為 10.0 毫升，以小攪拌棒攪拌後，以黑色細簽字筆寫上 A₃。
2. 重複步驟 1，配製 A₄ 至 A₆，最後再以乾淨的滴管從 A₆ 吸出約 1 毫升溶液，至體積

為 9 毫升。接著將 A₁~A₆ 量筒內，體積 9 毫升溶液倒入已貼標籤 6 根試管 A₁~A₆ 內。

【注意】：為避免配製溶液的交叉污染，吸鹽酸溶液的滴管與吸蒸餾水的滴管不可混用，吸鹽酸後的滴管必須以蒸餾水徹底清洗乾淨，以衛生紙擦乾。否則會影響指示劑的呈色。

- 承 1, 2 以同樣方法稀釋 NaOH 溶液：分別以 0.10M 的 NaOH、蒸餾水、量筒刻度配置不同鹼度的溶液，由 B₁ 至 B₆ 分別表示 pH 值約為 13~8 的溶液。每根試管溶液皆為 9 毫升。將 B₁~B₆ 量桶內的溶液依序倒入事先貼好標籤將 B₁~B₆ 的 6 支試管中。
- 另取 1 量筒，加入 9 毫升的蒸餾水，當作 pH = 7 的中性溶液，倒入 1 支試管 N₇ 中。並將 13 個裝有溶液的試管依 pH 大小順序排列放置試管架內。
- 滴加 5 滴的指示劑於試管中，攪拌均勻備用。若有兩種指示劑，單數組別添加廣用指示劑、偶數組別添加紫色高麗菜指示劑。各組完成 pH = 1~13 的酸鹼彩色圖譜。並利用手機拍下已完成的彩色圖譜照片，以作為實驗紀錄和討論之用。
- 取 甲~丁四種未知液各 9 毫升，接著滴入 5 滴指示劑，則 A~D 四種溶液的顏色為何？與上述溶液顏色比對，目視推測四種未知溶液的 pH 值範圍。

【探索實驗二】：以手機結合色彩 APP 測量分析各種酸鹼溶液的色碼值，並分析未知液的色碼值，並調查未知液的 pH 值範圍

- 手機預先安裝好 ColorPicker APP 後打開 APP，首先將手機放置手機架上，鏡頭對準 LED 燈台的中心點十字後，接著將 A₇ 試管的溶液倒入 10 毫升的燒杯中，並放置在 LED 燈台圓圈位置，按下快門鍵，即可紀錄溶液顏色的 RGB 值。並計算 $\frac{R}{R+G+B}$ 色碼比值。下圖為燈檯與色碼偵測畫面。

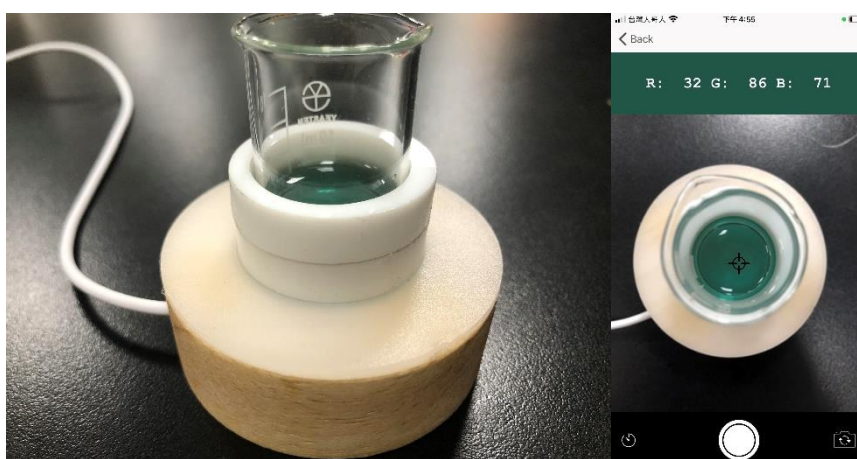


圖2：圖左為燈檯，圖右為色碼 APP 偵測畫面

2. 將燒杯內溶液倒回 A₇ 試管，將燒杯清洗乾淨。承上述 1 步驟，依序將 A₁~A₆ 燒杯放置在 LED 燈台圓圈位置，紀錄溶液顏色的 RGB 值，並以電腦 Excel 計算 $\frac{R}{R+G+B}$ 比值的大小。
3. 以溶液 pH 值為橫座標， $\frac{R}{R+G+B}$ 值為縱座標作圖，依圖說出 $\frac{R}{R+G+B}$ 值隨 pH 值的變化。
4. 承 1, 2，依序將 N₇、B₁~B₆ 燒杯放置在 LED 燈台圓圈位置，紀錄溶液顏色的 RGB 色碼值，並以電腦 Excel 計算 $\frac{R}{R+G+B}$ 、 $\frac{B}{R+G+B}$ 、 $\frac{R}{R+B}$ 值的大小。
5. 以溶液 pH 值為橫座標， $\frac{R}{R+G+B}$ 、 $\frac{B}{R+G+B}$ 、 $\frac{R}{R+B}$ 值為縱座標，以電腦 excel 作圖，並說明色碼值與 pH 的關係。
6. 取甲~丁四種未知液，承上 1, 2 步驟，依序紀錄溶液顏色的 RGB 值，並計算 $\frac{R}{R+G+B}$ 、 $\frac{B}{R+G+B}$ 、 $\frac{R}{R+B}$ 值；將數值帶入作圖中，嘗試判斷四種未知液酸鹼值的大小。

【探索實驗三】：以 pH meter 測量溶液的 pH 值

1. 機器校正：取一 pH 計電極，以裝有蒸餾水的洗瓶清洗後，以面紙輕輕吸乾水分，隨後將電極，置入 PH=7 的緩衝溶液中，按下數字穩定後，按下 CAL 校正鍵，使螢幕的數字顯示為 7.00，若測量酸性溶液 A₁~A₆，需再使用 pH=4 的緩衝標準液校正過；若測量鹼性溶液 B₁~B₆，需再使用 pH=10 的緩衝標準液校正過
2. 將甲溶液倒入 10 毫升的燒杯，將 pH 電極置入燒杯中，測量溶液的 pH 值。待數字穩定後，紀錄溶液 pH 值。
3. 取出電極，以蒸餾水清洗乾淨，並以面紙輕輕吸乾水分；隨後將燒杯內溶液倒回 A₁ 試管中，並將燒杯以蒸餾水清洗乾淨。
4. 承上步驟，隨後依序測量乙~丁溶液的 pH 值，並紀錄之。
5. 將比較目視法、APP 色碼法與 pH 計測量結果相比較，嘗試說明並推論其中的差異，並推論哪一種方法較為精準？

■【實驗結果與紀錄】：收集資料及分析資料

1. 請貼上【探索實驗一】自己製作的指示劑酸鹼圖譜照片，並說出個酸鹼值溶液的顏色。(請說明廣用指示劑或紫色高麗菜)

2. 未知液酸鹼值判斷：根據指示劑不同酸鹼值下的顏色，目測判斷 A~D 四種溶液的 pH。

| 試管 | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | A ₅ | A ₆ | 蒸餾水 N ₇ | B ₆ | B ₅ | B ₄ | B ₃ | B ₂ | B ₁ |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| pH | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 未知液 pH | A | | | B | | | C | | | D | | | |
| 預測範圍 | | | | | | | | | | | | | |

3. 將 A₁~A₆ 酸性溶液的 RGB 色碼值、 $\frac{R}{R+G+B}$ 值記錄在下表中，並以溶液 pH 值為橫座標， $\frac{R}{R+G+B}$ 值為縱座標作圖，作為酸性溶液比對圖 P_a。

| 試管 色碼 | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | A ₅ | A ₆ |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| R | | | | | | |
| G | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|--|--|
| B | | | | | | |
| $\frac{R}{R+G+B}$ | | | | | | |

【作圖區 (貼圖)】:

4. 將 N_7 、 $B_1 \sim B_6$ 酸性溶液的 RGB 色碼值、 $\frac{B}{R+G+B}$ 、 $\frac{R}{R+B}$ 值記錄在下表中，並以溶液 pH 值為橫座標 $\frac{R}{R+G+B}$ 、 $\frac{B}{R+G+B}$ 、 $\frac{R}{R+B}$ 值為縱座標作圖，作為中~鹼性溶液比對圖 P_b 。

| 試管色碼 | N_7 | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| R | | | | | | | |
| G | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| $\frac{R}{R+G+B}$ | | | | | | | |
| $\frac{B}{R+G+B}$ | | | | | | | |
| $\frac{R}{R+B}$ | | | | | | | |

【作圖區 (貼圖)】:

5. 將甲~丁四種未知溶液的 RGB 色碼值、 $\frac{B}{R+G+B}$ 、 $\frac{R}{R+B}$ 值記錄在下表中，並依照溶液酸鹼性，代入 Pa、Pb 圖中，分別標出未知液色碼比值的相關位置，並判斷 pH 值範圍。

| 試管 色碼 | 甲 | 乙 | 丙 | 丁 |
|-------------------|---|---|---|---|
| R | | | | |
| G | | | | |
| B | | | | |
| $\frac{R}{R+G+B}$ | | | | |
| $\frac{R}{R+G+B}$ | | | | |
| $\frac{R}{R+B}$ | | | | |
| | | | | |

6. 將甲~丁四種未知溶液 pH 值的測量結果，填入表格中與顏色目測、RGB 色碼比值推測結果相比較，哪一種方法較為精確？

| | 甲 | 乙 | 丙 | 丁 |
|-----------|---|---|---|---|
| 目測比對 pH | | | | |
| 色碼預測 pH | | | | |
| pH 計測量 pH | | | | |

【說明】：

【延伸問題與實驗】：自行配置的溶液的酸鹼性真的準確嗎？

1. 自行配置的溶液的 pH 值真的準確嗎？若以 pH 計實際測量的結果有何不同？哪一個酸鹼範圍與檢測儀測量的結果誤差最大？哪一個範圍誤差最小？
2. 若排除稀釋過程中所發生的人為誤差，強酸鹽酸與強鹼氫氧化鈉在水中真的百分之一百解離嗎？如果強酸與強鹼沒有 100%解離，試討論看看酸的解離度與濃度之間的關係（作圖表示，縱座標是酸或鹼的解離度，橫坐標是濃度）。

■ 參考文獻

廖旭茂 (2020)。利用智慧型手機結合 App 探究化學平衡移動。臺灣化學教育電子期刊，37
。網址 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=37556>

附件二：實驗(一)：凝固點下降的現象(不涉及分子量的測定計算)。

凝固點下降的現象（不涉及分子量的測定計算）

實驗名稱：凝固點下降的現象（不涉及分子量的測定計算）

實驗目的：1.學習製作冰鹽混合冷劑

2.熟悉測量純水以及水溶液凝固點的方法

3.觀察純水和水溶液降溫時，溫度變化的情形，並能繪出物質的降溫曲線

4.結合生活科技內容，引導學生學習 Illustrator 與 Blender 軟體，讓學生完成

溫度計的自造。

實驗原理：純溶劑為純物質，有固定的熔點與沸點；而溶液為均勻的混合物，沒有固定的熔點與沸點。在溶劑中加入非揮發性溶質時，其蒸氣壓會下降，使得沸點升高，而凝固點則會下降，其結果如圖 X 所示。

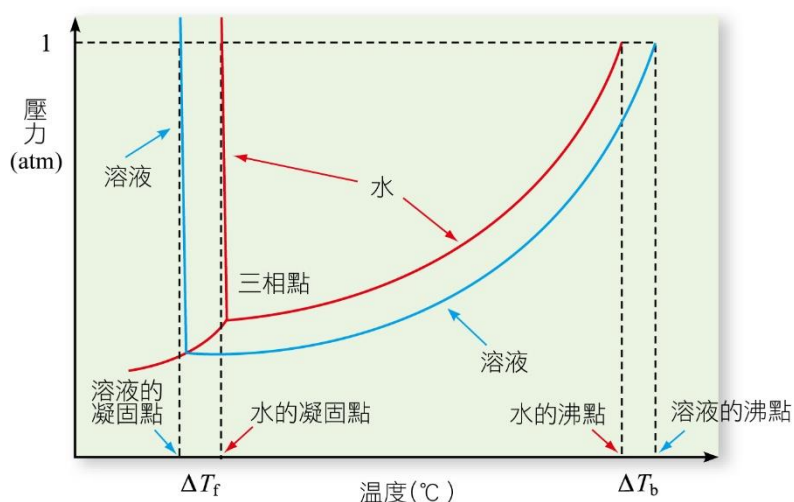


圖1 水溶液的凝固點及沸點與純水的比較

本實驗以水做為溶劑，取代有機溶劑的使用，可降低環境污染的困擾。溶質分別採用尿素 ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$)、葡萄糖 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)，分子量分別為60、180，易取得且無污染，也可讓同學由實驗數據發現其相關性。

實驗器材及藥品：

器材 (每組)

| | | | |
|--|----|-------|----|
| 燒杯 1000 mL | 2個 | 攪拌棒 | 1支 |
| 試管 | 3支 | 雙孔橡皮塞 | 1個 |
| 溫度計 ($-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$) | 1支 | 鐵架及鐵夾 | 1組 |
| 碼錶 | 1個 | | |

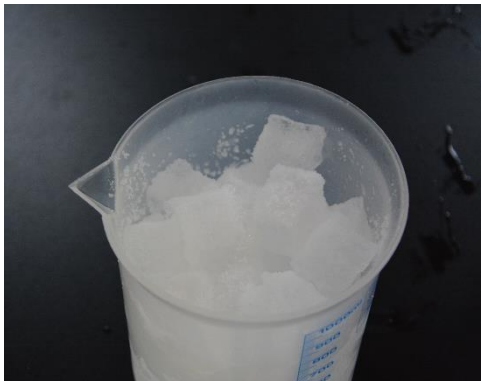

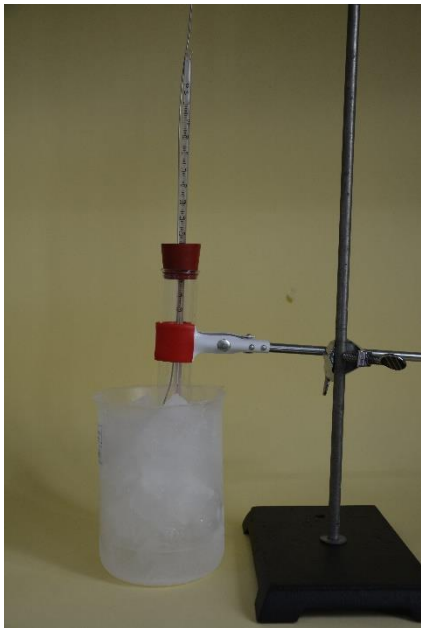
試藥 (每組)

| | | | |
|--|--------|----------|-------|
| 蒸餾水 | 100 mL | 冰塊 (當冷劑) | 300 克 |
| 尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 約2克 | 食鹽 (當冷劑) | 100 克 |
| 甘油 $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ | 約2克 | 未知試藥 | 約2克 |

實驗一、使用傳統溫度計


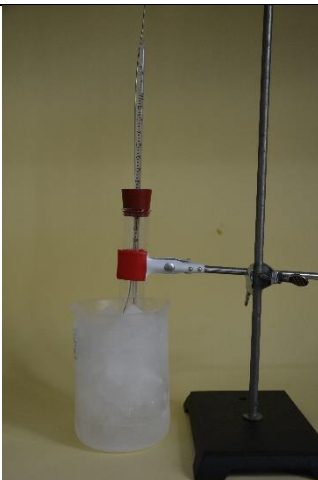
實驗步驟：

A. 水的凝固點測定：

| | |
|---|--|
| <p>1. 取 1 個 1000 毫升的燒杯，將碎冰和食鹽 (食鹽：冰=1：3) 混和，當冷劑用</p>   | <p>2. 將溫度計及攪拌棒小心插入橡皮塞的鑽孔中</p> <p>3. 取 10.0 毫升水，倒入試管中；將步驟 2 的橡皮塞塞於試管管口</p> <p>4. 將試管置入冷劑中，以鐵夾固定裝置，每 10 秒記錄一次溫度，實驗中必須不停攪動攪拌棒</p>  |
| <p>5. 將所得數據，在方格紙上作圖。以時間為橫坐標、溫度為縱坐標，求得水的凝固點</p> | |

B. 尿素水溶液及葡萄糖水溶液凝固點的測定：

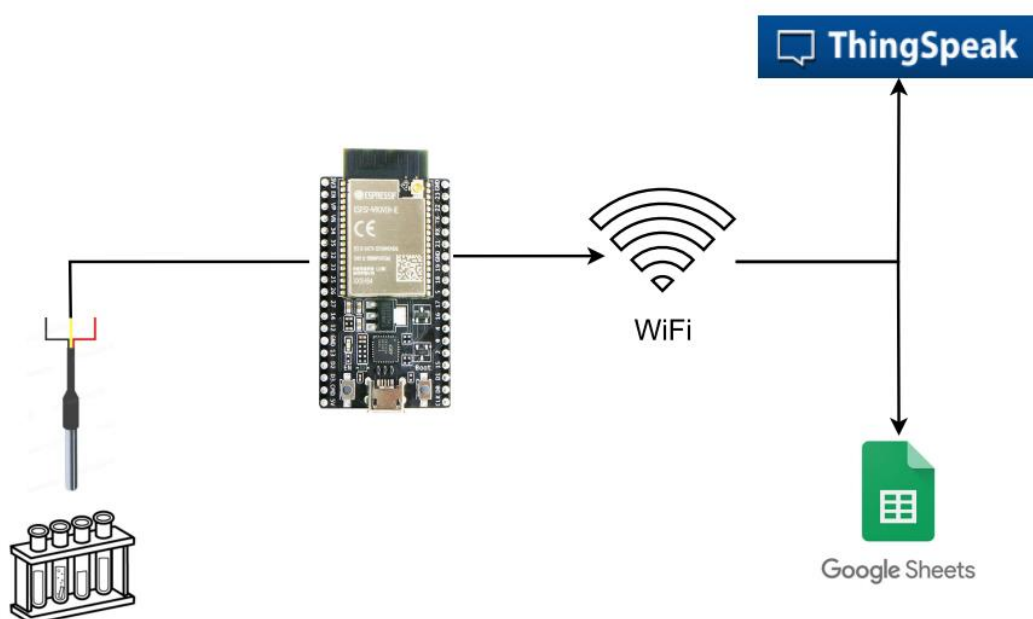
| | |
|--|--|
| <p>1. 稱取約 2.0 克尿素(記錄至 0.01 克)，將所稱得尿素和 10.0 毫升水，置於試管中，攪拌至完全溶解</p> | <p>2. 將試管置入冷劑中，以鐵夾固定裝置，每 10 秒記錄一次溫度，實驗中必須不停攪動攪拌棒</p> |
|--|--|

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>3. 將所得數據，在方格紙上作圖。以時間為橫坐標、溫度為縱坐標，求得尿素水溶液的凝固點</p> | <p>4. 另秤取 2.0 克葡萄糖(記錄至 0.01 克)，將所稱得葡萄糖和 10.0 毫升水，置於試管中，攪拌至完全溶解，重複實驗步驟 2~3，求得葡萄糖水溶液的凝固點</p> |

<注意事項>

1. 溫度計插入橡皮塞時，應將溫度計塗水潤溼並以抹布包裹，以轉動方式慢慢旋入，避免溫度計斷裂，造成手可能被玻璃劃傷。
2. 試管放入冷劑時要小心，可事先預留試管空位，避免試管放入時碰撞破裂。

實驗二、使用「自造溫度計」，重複 A、水的凝固點測定，B、尿素水溶液及葡萄糖水溶液凝固點的測定



凝固點下降的現象實驗學習單

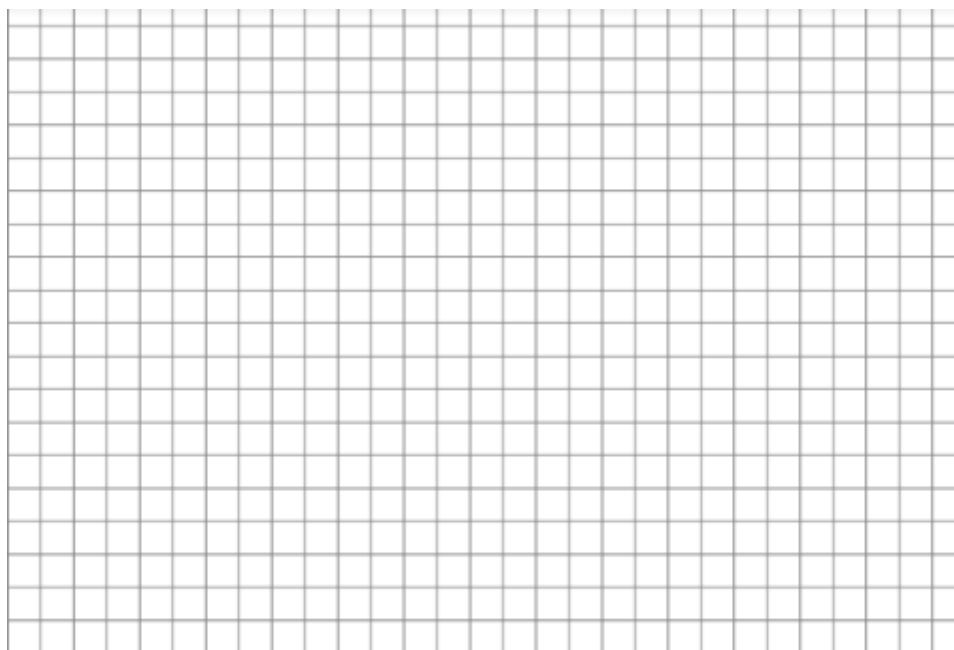
一、實驗結果與數據

實驗一、使用傳統溫度計

A. 水的凝固點測定：

| | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| 紀錄次數 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |

作圖：由圖形得知蒸餾水的凝固點為_____°C



B. 尿素水溶液及葡萄糖水溶液凝固點的測定：

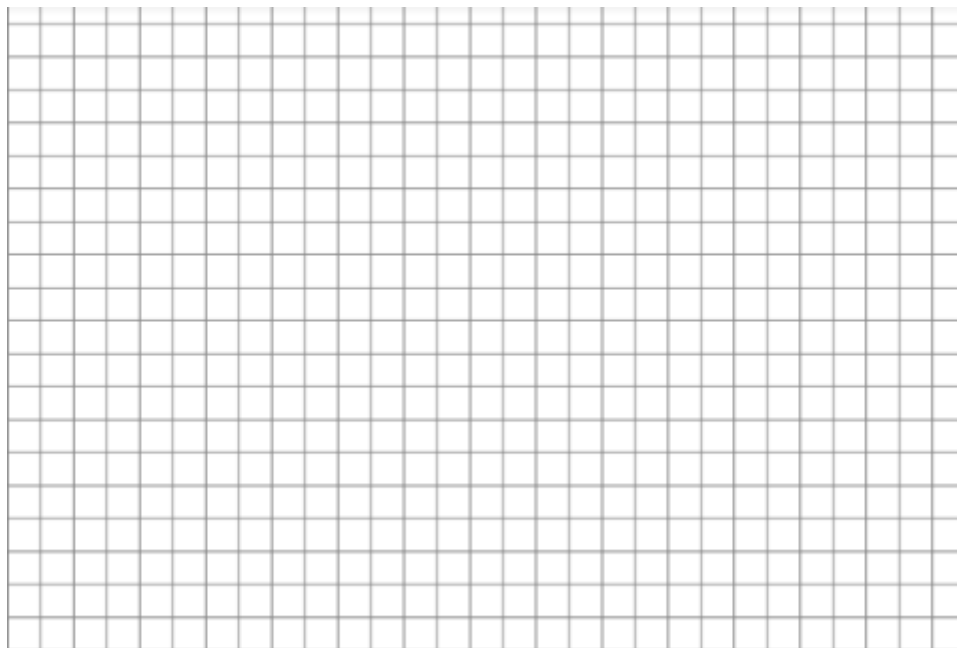
<尿素水溶液>

| | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| 紀錄次數 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |

<葡萄糖水溶液>

| | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| 紀錄次數 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |
| 紀錄次數 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| 溫度(°C) | | | | | | | |

作圖：兩種水溶液請以不同顏色畫於同一張方格子內



由圖形得知

(1) 尿素的克數為：_____ g；尿素水溶液之凝固點為：_____°C。

(2) 葡萄糖的克數為：_____ g；葡萄糖水溶液之凝固點為：_____°C。

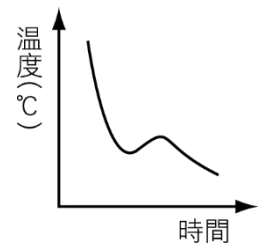
實驗二、使用自造溫度計

A、水的凝固點測定：將實驗表格截圖貼上

B、尿素水溶液及葡萄糖水溶液凝固點的測定：將實驗表格截圖貼上

二、問題與討論

1. 為何在測量凝固點時，不直接將試管放入冷劑中操作此實驗？
2. 為何在記錄凝固點下降時，溫度計須儘量不要移動，但攪拌器卻必須持續攪拌？
3. 若以時間為橫坐標，溫度為縱坐標，凝固點下降實驗所得數據繪製圖形如右所示，請問這是發生了何種狀況？如何求出溶液的凝固點？



4. 請說明使用傳統溫度計法與自造溫度計法的優缺點與心得

附件三：實驗(三)：平衡常數

平衡常數的測量

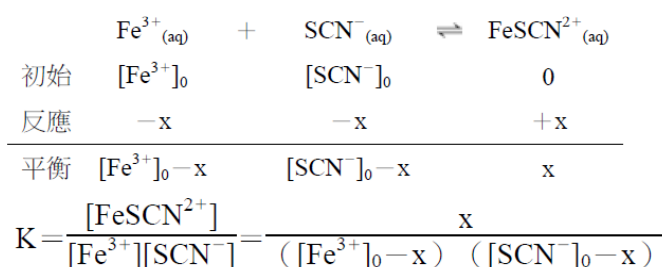
實驗名稱：平衡常數的測量

實驗目的：1. 了解比色法的原理

2. 藉由比色法測定 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 反應的平衡常數

實驗原理：1. 設 Fe^{3+} 、 SCN^{-} 初始濃度分別為 $[\text{Fe}^{3+}]_0$ 、 $[\text{SCN}^{-}]_0$ ，若能測得平衡時 FeSCN^{2+} 的濃度 x ，即能算出該反應的平衡常數。

計算式如下：



2. 以比色法求 x ：

(1) 配製標準（已知濃度的） FeSCN^{2+} 溶液：假設其反應之 K 值夠大，當 $[\text{Fe}^{3+}] > [\text{SCN}^{-}]$ ，則 $[\text{Fe}^{3+}]$ 與 $[\text{SCN}^{-}]$ 之反應可視為完全反應，即 $[\text{FeSCN}^{2+}] = [\text{SCN}^{-}]_0$ 。

(2) 測平衡時 $[\text{FeSCN}^{2+}](\text{aq})$ （待測液）的濃度 x ：

- 溶液顏色： $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ 為淡黃色，產物 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 為深的血紅色，故平衡時溶液呈血紅色。
- 比爾定律：於兩同樣口徑試管加入不同濃度的相同溶液，兩溶液透光度相同時，溶液濃度 C 與管內溶液高度 h 成反比：

$$C_1 h_1 = C_2 h_2, C_1 / C_2 = h_2 / h_1, \text{則 } C_2 = C_1 h_1 / h_2$$

C_1 ：標準液濃度（已知）， C_2 ：待測液濃度（未知）

- 比色時，將分別含有標準液及待測液的比色管外壁包上黑紙或黑布（防止光由管壁進入比色管內），比色管直立放在光源上，眼睛在管口由上朝下觀察兩管內的顏色，以滴管調整較濃比色管（標準液）內的溶液體積，使兩管透光度一致，利用上述公式求 x ，即可得平衡時 $[\text{FeSCN}^{2+}](\text{aq})$ （待測液）的濃度。

實驗器材及藥品：

器材 (每組)

| | | | |
|----------------|----|----------------------|----|
| 比色管 (18×115毫米) | 5支 | 滴管 | 2支 |
| 燒杯 (50毫升) | 1個 | 分度吸量管 (25毫升) 安全吸球 | 2組 |
| 燒杯 (100毫升) | 1個 | 容量瓶 (25毫升) | 1個 |
| 尺 (15公分) | 1支 | 黑紙 (10公分×5公分) | 1張 |
| 標籤紙 | 數張 | 試管架 | 1個 |
| 比色裝置或比色箱 | 1組 | | |

試藥 (每組)

| | | | |
|-----------------|------|----------------|------|
| 0.0020 M 硫氰化鉀溶液 | 25毫升 | 0.25 M 硝酸鐵酸性溶液 | 20毫升 |
|-----------------|------|----------------|------|

配法 (全班用量)：

1. 0.0020M 硫氰化鉀溶液：

取0.194克的硫氰化鉀 (KSCN, 0.0020莫耳) 溶於適量蒸餾水中形成1000毫升的溶液。

2. 0.25M 硝酸鐵的酸性溶液：

取10.10克的硝酸鐵 ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 0.025莫耳) 溶於80毫升的0.1M 硝酸中，再加入適量蒸餾水，最終形成100毫升的溶液。

實驗步驟：

A. 序列稀釋硝酸鐵溶液：

依照下表序列稀釋，分別得到不同濃度的硝酸鐵溶液

| 溶液標記 | 硝酸鐵溶液來源 | 加水稀釋成 |
|------|----------------|---|
| 甲 | 0.25M 硝酸鐵的酸性溶液 |  |
| 乙 | 取甲溶液10毫升 | |
| 丙 | 取乙溶液10毫升 | |
| 丁 | 取丙溶液10毫升 | |
| 戊 | 取丁溶液10毫升 | |

B. 以比色法測定平衡常數：

- 在 5 支乾淨比色管上，編列①,②,③,④,⑤，並於每試管中各加入 5.0 mL 的 0.002 M KSCN 溶液，觀察溶液所呈顏色



2. 取 5.0 mL 序列稀釋後的硝酸鐵溶液(甲~戊)，分別加入比色管編號①~⑤中，觀察溶液所呈顏色

| 比色管 編號 | 加入溶液 | |
|-----------|-------------------|----------|
| | 硫氰化鉀 | 序列稀釋後硝酸鐵 |
| ① | 0.002 M 5.0 mL | 甲 5.0 mL |
| ② | | 乙 5.0 mL |
| ③ | | 丙 5.0 mL |
| ④ | | 丁 5.0 mL |
| ⑤ | | 戊 5.0 mL |

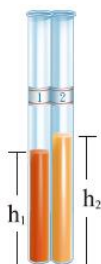
3. 將①與②比色管各繞上黑色的紙，垂直並置於光源上，由管口上方向下俯視。若兩支試管溶液的顏色深淺不等，如 1 號的深於 2 號時，則用滴管吸出 1 號試管中的溶液（吸出的溶液應置於乾淨的燒杯中，留作滴回用），直至兩支試管內的溶液顏色深淺相同，用尺量其高度至毫米(mm)，記錄 1 號與 2 號比色試管的液面高度比。

4. 比色的裝置及操作如下圖所示。



吸出顏色較深的管中溶液，置入乾淨燒杯備用。

5. 依照步驟(3)，將①與③、①與④、①與⑤分別比色，並記錄①比色管與各比色試管的液面高度比。



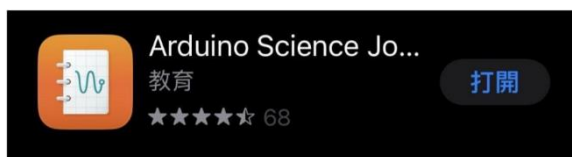
6. 利用比爾定律，求得相對 $[\text{FeSCN}^{2+}]$ (aq)的濃度，並推得平衡常數

- 7.將上述實驗，使用手機 App 輔助，再記錄一次數據，並比較兩次實驗結果

色彩分析程式

1

Arduino Science Journal



以下操作畫面擷取自 Arduino LLC 開發之 Arduino Science Journal 軟體使用畫面

13

操作步驟

1. 點開 app



2. 開始新實驗



3. 編輯輸入實驗名稱



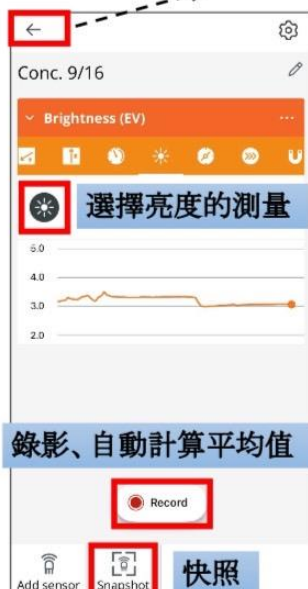
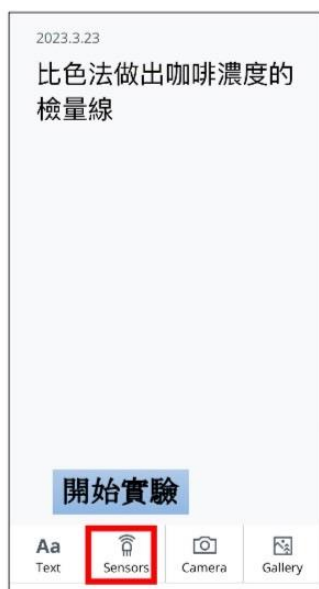
2023.3.23
比色法做出咖啡濃度的
檢量線

4. 點感測器, 開始實驗



2

返回上層編輯畫面



功能介紹

Aa Text

在實驗筆記的編輯頁面輸入文字，例如實驗名稱、實驗說明或是記錄

Sensors

感測器，點選此處可以開始測量

Camera

攝影，使用相機的攝影功能，拍攝照片存於實驗筆記的頁面

Gallery

從相簿中傳送照片到編輯頁面

比色法做出咖啡濃度的檢量線

Conc. 9/16 (23s)

Brightness (EV)

| Minimum | Average | Maximum |
|---------|---------|---------|
| 3.0 | 3.0 | 3.0 |

Conc. 9/16，是將美式咖啡取3/4杯，稀釋到1杯(比色管刻度線)，重複2次

H2O (26s)

Brightness (EV)

Aa Text Sensors Camera Gallery

出現這個符號，表示目前是編輯頁面，也可長按拖曳，移動前後位置

Snapshot

Brightness 2.0 EV

Image

實驗結果

Aa Text Sensors Camera Gallery

打開app後，可以看到之前的實驗

March

比色法做出咖啡濃度的檢量線

比色法做出咖啡濃度的檢量線

Conc. 9/16 (23s)

Brightness (EV)

| Minimum | Average | Maximum |
|---------|---------|---------|
| 3.0 | 3.0 | 3.0 |

Conc. 9/16，是將美式咖啡取3/4杯，稀釋到1杯(比色管刻度線)，重複2次

H2O (26s)

Brightness (EV)

Aa Text Sensors Camera Gallery

點選

conc.9/16

Mar 16, 2023 at 3:00 PM

Duration 23s

Brightness (EV)

| Minimum | Average | Maximum |
|---------|---------|---------|
| 2.5 | 2.5 | 2.5 |

2.0

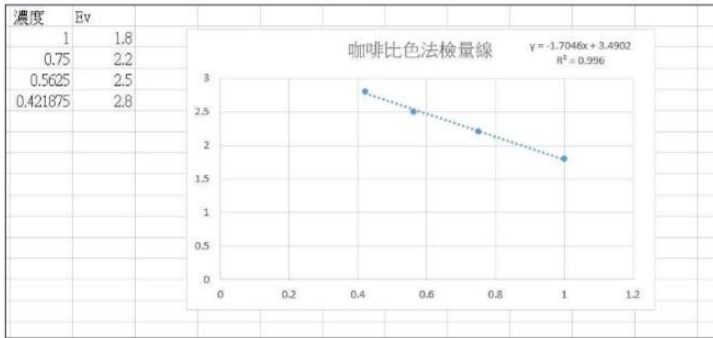
0:00 0:04 0:08 0:12 0:16 0:20 0:23

可看到每個測量的錄影過程和結果

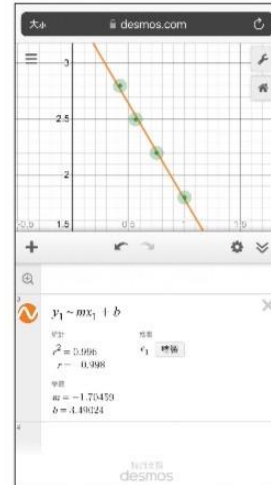
數值分析

利用數值分析軟體如excel、Desmos等，由相對濃度及亮度的數據得出檢量線。

excel



Desmos



18

整合輸出

將測量過程、筆記、裝置照片、數據分析截圖.....等，整合到一個Arduino SJ 的實驗筆記中，並可匯出PDF檔案。

比色法做出咖啡濃度的檢量線

Conc. 9/16 (23s)

Brightness (EV)

| Minimum | Average | Maximum |
|---------|---------|---------|
| 3.0 | 3.0 | 3.0 |

Conc. 9/16，是將美式咖啡取3/4體積，稀釋到1體積(比色管刻度線)，重複2次

H2O (26s)

Brightness (EV)

| Minimum | Average | Maximum |
|---------|---------|---------|
| 2.9 | 2.9 | 2.9 |

H2O (26s)

Brightness (EV)

| Minimum | Average | Maximum |
|---------|---------|---------|
| 2.9 | 2.9 | 2.9 |

比色管裝純水

Brightness 2.0 EV

Conc. 3/4 (6s)

Brightness (EV)

| Minimum | Average | Maximum |
|---------|---------|---------|
| 3.1 | 3.1 | 3.2 |

Conc. 9/16 (11s)

Brightness (EV)

| Minimum | Average | Maximum |
|---------|---------|---------|
| 3.0 | 3.2 | 3.5 |

平衡常數的測量學習單

平衡常數的測定

A、眼睛觀察

| 項目 | ①號 比色管 | ②號 比色管 | ③號 比色管 | ④號 比色管 | ⑤號 比色管 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 混合後 $[\text{Fe}^{3+}]$ 初始濃度(M_1) | | | | | |
| 混合後 $[\text{SCN}^-]$ 初始濃度(M_2) | | | | | |
| 標準管(1號)與他管溶液 高度比值(h / h_1) | | | | | |
| $[\text{FeSCN}^{2+}]$ 平衡濃度(M_3) | | | | | |
| $[\text{Fe}^{3+}]$ 平衡濃度($M_1 - M_3$) | | | | | |
| $[\text{SCN}^-]$ 平衡濃度($M_2 - M_3$) | | | | | |
| 平衡常數 $K_C = \frac{[\text{FeSCN}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]}$ | 視為完全反應 | | | | |

平衡常數 K_C 的平均值＝

B、用手機 App 觀測

| 項目 | ①號 比色管 | ②號 比色管 | ③號 比色管 | ④號 比色管 | ⑤號 比色管 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 混合後 $[\text{Fe}^{3+}]$ 初始濃度(M_1) | | | | | |
| 混合後 $[\text{SCN}^-]$ 初始濃度(M_2) | | | | | |
| 標準管(1號)與他管溶液 高度比值(h / h_1) | | | | | |
| $[\text{FeSCN}^{2+}]$ 平衡濃度(M_3) | | | | | |
| $[\text{Fe}^{3+}]$ 平衡濃度($M_1 - M_3$) | | | | | |
| $[\text{SCN}^-]$ 平衡濃度($M_2 - M_3$) | | | | | |
| 平衡常數 $K_C = \frac{[\text{FeSCN}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]}$ | 視為完全反應 | | | | |

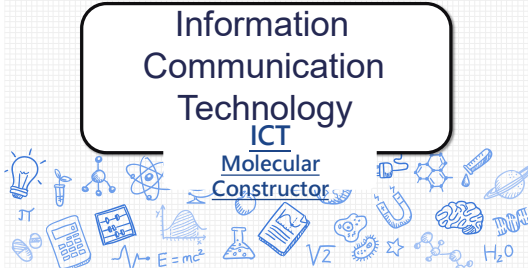

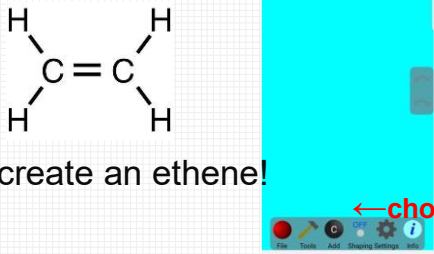

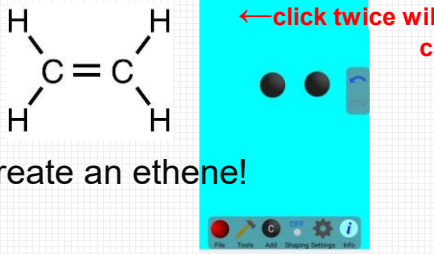
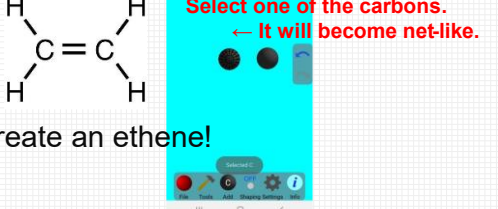
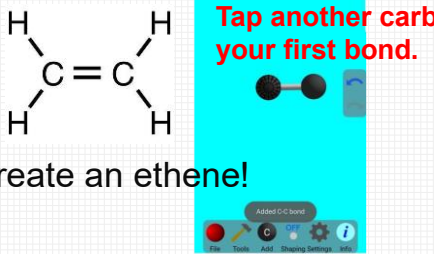
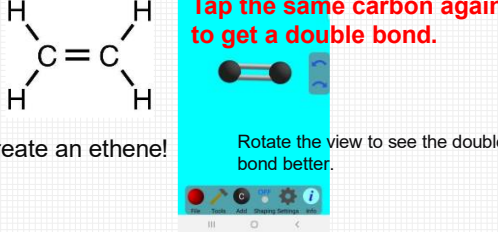
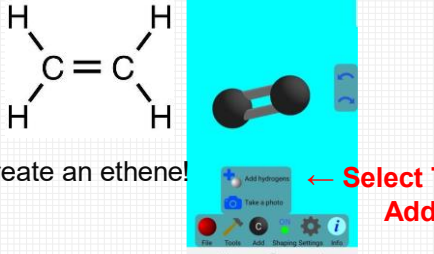
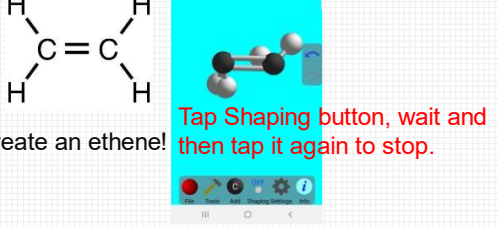
平衡常數 K_C 的平均值＝

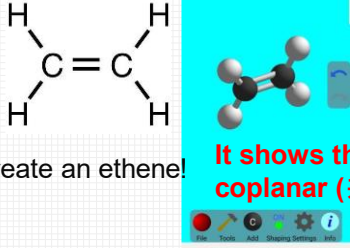
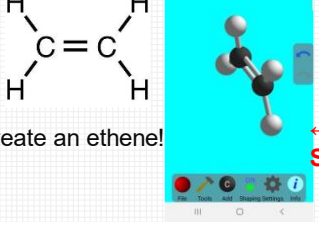
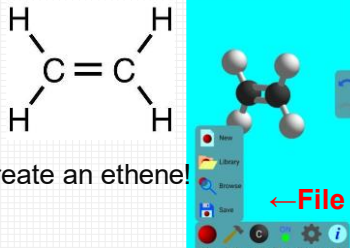
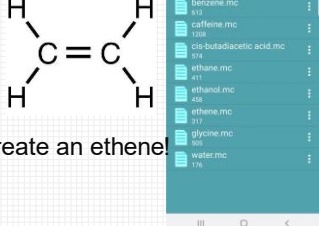
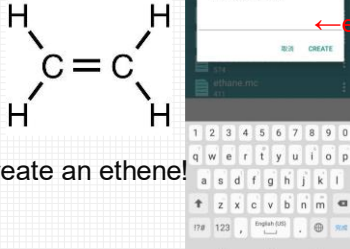


● 問題與討論

1. 比色法測量平衡常數有何優缺點？不同同學的比色結果差異如何？
2. 為何比色管為平底？又為何比色時須以黑紙包覆比色管呢？
3. 為何可將一號試管視為完全反應呢？若不這樣操作，有辦法求出平衡常數嗎？為什麼？
4. 若欲利用本實驗藥品與原理，嘗試設計「溫度高低是否影響平衡常數」，請分別列出控制變因、操縱變因與應變變因？
5. 請說明使用傳統比色法與 APP 輔助法的優缺點與心得

附件四：實驗(五)：以電腦模擬或實體模型觀察有機分子的結構。

Molecular Constructor app 介紹與應用

| | | |
|---|--|---|
| 1 |  | 2 <div data-bbox="1002 338 1501 376">1.1 安裝APP Molecular Constructor</div>  |
| 3 | <div data-bbox="268 645 438 683">1.2 起始畫面</div>  <p>create an ethene!</p> <p>← choose atoms</p> | 4 <div data-bbox="1002 645 1150 683">1.3 操作畫面</div>  <p>← choose a carbon</p> <p>create an ethene!</p> |
| 5 | <div data-bbox="268 996 438 1034">1.4 操作畫面</div>  <p>← click twice will show 2 carbon atoms</p> <p>create an ethene!</p> | 6 <div data-bbox="1002 996 1150 1034">1.5 操作畫面</div>  <p>Select one of the carbons. It will become net-like.</p> <p>create an ethene!</p> |
| 7 | <div data-bbox="268 1348 438 1386">1.6 操作畫面</div>  <p>Tap another carbon to add your first bond.</p> <p>create an ethene!</p> | 8 <div data-bbox="1002 1348 1150 1386">1.7 操作畫面</div>  <p>Tap the same carbon again to get a double bond.</p> <p>create an ethene!</p> <p>Rotate the view to see the double bond better.</p> |
| 9 | <div data-bbox="268 1700 438 1738">1.8 操作畫面</div>  <p>← Select Tools Add hydrogens</p> <p>create an ethene!</p> | 10 <div data-bbox="1002 1700 1150 1738">1.9 操作畫面</div>  <p>Tap Shaping button, wait and then tap it again to stop.</p> <p>create an ethene!</p> |

| | | |
|-----------|--|---|
| <p>11</p> | <p>1.10 操作畫面</p>  <p>create an ethene!</p> <p>It shows that ethene is coplanar (共平面).</p> | <p>12</p> <p>1.10 操作畫面</p>  <p>create an ethene!</p> <p>← pull or rotate it, See what happen</p> |
| <p>13</p> | <p>1.11 存檔畫面</p>  <p>create an ethene!</p> <p>← File Save</p> | <p>14</p> <p>1.12 存檔畫面</p>  <p>create an ethene!</p> <p>← create folders</p> |
| <p>15</p> | <p>1.13 存檔畫面</p>  <p>create an ethene!</p> <p>← enter new folder name</p> | <p>16</p> <p>1.14 存檔畫面</p>  <p>create an ethene!</p> <p>← enter molecules (可打中文)</p> |
| <p>17</p> | <p>1.16 Quiz</p> <p>下列物質哪些所有原子均位於同一平面上？</p> <p>(A) 甲烷 (B) 乙烯 (C) 三氟化硼 (D) 氮 (E) 苯 (F) $\text{CH}_2=\text{CHCN}$</p> <p>求詳解!</p> | <p>18</p> <p>1.17 bonus</p> <p>結構如圖，□可為 H 原子或孤電子對，X 滿足八隅體，下列哪些正確？</p> <p>(A) X 為 C 此結構為四面體 (B) X 為 N 時，則 N 有 1 對孤電子對 (C) X 為 O 的鍵角 > X 為 C 的鍵角</p> <p>考古區!</p>  <p>【101指研】</p> |

附件五：氧化還原滴定

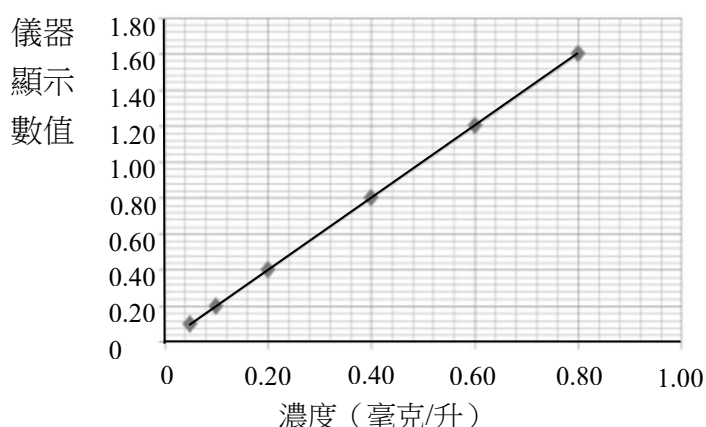
過錳酸鉀褪色~不褪色？—氧化還原滴定

氧化還原反應是日常生活中很常見的化學反應，包括了大部分的燃燒反應、金屬的生鏽、生物的呼吸作用、光合作用、雙氧水消毒、食物包裝中用小包的鐵粉防止食物氧化以及漂白水的使用等等。

2019年《道路交通管理處罰條例》修正案，從拒測、拒檢到同車共責，酒駕不只是一個人的錯，同車人都有責任。此外，從加重累犯者罰金的經濟負擔，並以酒精鎖限制用車權，酒駕零容忍從宣示口號，逐步落實為政策。但要如何確認酒駕的證明呢？

想要測量人體內酒精的殘量，可由血液、尿液、唾液與吹氣進行測量，但因執法上不易採取血液、尿液、汗液、唾液檢體，因此較可行的方法是以吹氣方式，測量酒精氣體濃度換算血液中酒精濃度來檢測。二鉻酸鉀（ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ）可用於檢測氣體中的酒精濃度。酒精與 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的反應式： $3\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 16\text{H}^+ \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COOH} + 4\text{Cr}^{3+} + 11\text{H}_2\text{O}$

反應後，顏色由橘紅變為綠，經由儀器測得的數據可換算成酒精濃度。在常溫、常壓下，目前公認的血液中與吹出的氣體中酒精濃度比例為2100：1。法令規定每升氣體中的酒精濃度不得超過0.25毫克。已知吹出的氣體中酒精濃度與儀器所測得的變化量之關係如下圖所示：



想一想：當某人吹氣造成的儀器數值為0.80時，血液中的酒精濃度為多少(毫克/升)，體積莫耳濃度為(M)？此人吹出的氣體中酒精濃度是否超標？為什麼？(參考來源105學測)

● 活動與探究

實驗名稱：氧化還原滴定

實驗目的：氧化還原滴定是以氧化還原反應為基礎，使用已知濃度的氧化劑或還原劑為標準溶液，以滴定法來分析未知物的濃度。

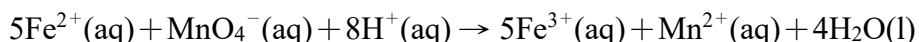
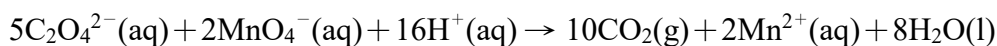
實驗原理：1. 氧化還原滴定時所使用氧化劑或還原劑的量與得失電子數有關，而且必須保持

電量守恒。所以在氧化還原滴定时，可由已知浓度的氧化剂或还原剂之当量数，求得待测还原剂或氧化剂溶液浓度。

$$C_{\text{氧化剂}} \times V_{\text{氧化剂}} \times a = C_{\text{还原剂}} \times V_{\text{还原剂}} \times b$$

(a 为每莫耳氧化剂所得到电子的莫耳数，b 为每莫耳还原剂失去电子的莫耳数)

2. 本实验先以性质稳定的草酸钠溶液来标定过锰酸钾溶液，再以标定过的过锰酸钾溶液来滴定待测溶液中亚铁离子的浓度，方程式分别如下：



3. 氧化还原滴定与酸碱滴定相同，必须藉由溶液颜色的变化，来判定滴定终点。但以过锰酸钾为主的氧化还原滴定通常不需要加入指示剂，而是利用过锰酸钾反应前后，明显的颜色变化直接来判定滴定终点。例如紫色的过锰酸钾(KMnO_4)在酸性环境下，可被还原剂还原成淡粉红色的亚锰离子(Mn^{2+})，故以过锰酸钾溶液滴定还原剂时，当溶液的紫色不再褪去，滴定即达终点。

实验器材及药品：

器材 (每组)

| | | | |
|-----------------------|-----|------------------------|-----|
| 滴定管 (50 mL) | 1 支 | 烧杯 (100 mL) | 3 个 |
| 本生灯(或加热装置) | 1 组 | 量筒 (100 mL) | 1 支 |
| 锥形瓶 (250 mL) | 2 个 | 玻棒 | 1 支 |
| 漏斗 | 2 个 | 温度计 | 1 支 |
| 分度吸量管 (10 mL) 安全吸球 | 1 组 | 铁架 (含滴定管夹、铁环、陶瓷纤维网) | 1 组 |

试药 (每组)

| | | | |
|-------------------|--------|------------|--------|
| 过锰酸钾溶液 (约 0.02 M) | 200 mL | 硫酸溶液 (2 M) | 150 mL |
| 草酸钠 | 0.4 克 | 硫酸亚铁 | 6.0 克 |
| 发泡剂 | 1 管 | | |

配法 (全班用量)：

3. 0.02 M 过锰酸钾溶液：

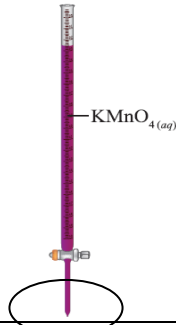
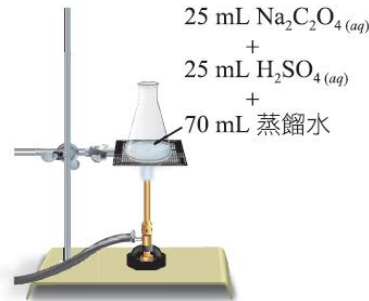
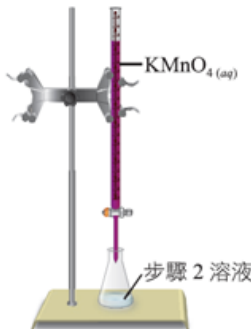
取 3.16 克的过锰酸钾 (KMnO_4 , 0.02 莫耳) 溶于适量蒸馏水中，并以容量瓶加水配製 1 L 的溶液。

4. 2 M 硫酸溶液：

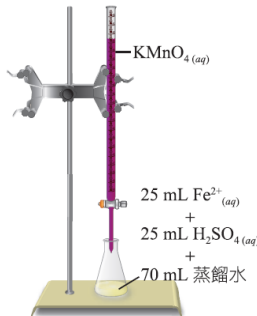
以分度吸量管吸取 18 M 111.1 mL 的浓硫酸 (H_2SO_4 , 2 莫耳) 溶于适量蒸馏水中，并以容量瓶加水配製 1 L 的溶液，注意稀释时硫酸会放出大量热，请务必徐徐加入，容量瓶外可放置冰水浴降温，以免发生危险。

实验步骤：

B. 標定過錳酸鉀溶液的濃度：

| | |
|---|---|
| <p>6. 取一支清洗完畢之滴定管，關閉活栓開關，再取過錳酸鉀溶液約 5 mL 並利用滴管潤洗滴定管壁，然後打開活栓，排出溶液，將 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 倒入滴定管中，務必確保滴定管下方無氣泡殘留</p>  | <p>7. 於錐形瓶中加入 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0.2 克、2.0 M 的硫酸 25 mL $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$，再加入約 70 mL 的蒸餾水稀釋此溶液，並加熱至 70°C (注意：溫度不可超過 90°C)</p>  |
| <p>8. 趁熱將錐形瓶移至滴定管下方，以過錳酸鉀溶液滴定，並於滴定期間不時搖晃錐形瓶使溶液混合均勻，直到溶液呈淡紫色不再消失為止，記錄滴定管中的刻度</p>  | <p>9. 重複步驟 3~4，再做第二次滴定，並求出過錳酸鉀溶液的平均濃度。(若兩次結果數據差異太大，請操作第三次，並捨棄差異較大那組實驗數據)</p> |

C. 測定發泡錠中亞鐵離子的含量百分比：(傳統法)

| | |
|---|---|
| <p>1. 將一錠發泡錠置於 250 mL 錐形瓶中，然後加入 2.00 M 的硫酸 25 mL，再加入約 70 mL 的蒸餾水稀釋後，以過錳酸鉀溶液滴定</p>  | <p>2. 重複步驟 1，再做第二次滴定，記錄滴定所需體積。並計算兩次待測試樣中亞鐵離子的含量百分比，並求出其平均值。</p> |
|---|---|

D. 測定發泡錠中亞鐵離子的含量百分比：(ICT 融入光電比色法)

| | |
|----------|------------------------------|
| 1. 檢量線製作 | 2. 在比色管中加入 1 mL 0.02 M 過錳酸鉀溶 |
|----------|------------------------------|

| | |
|--|---|
| (1) 配 100ppm、200 ppm、300 ppm、400 ppm、500 ppm 的 Fe^{2+} 標準溶液 (2) 在比色管中加入 1mL 0.02 M 過錳酸鉀溶液，3mL Fe^{2+} 標準溶液，放入比色計中，測吸收度 (3) 將吸收度與 Fe^{2+} 標準溶液濃度作圖 | 液，3mL 發泡錠溶液，放入比色計中，測吸收度，並用內插法求出 Fe^{2+} 含量 |
|--|---|

● 探究與結果

A. 標定過錳酸鉀溶液的濃度：

每莫耳 KMnO_4 所得到的電子莫耳數 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

每莫耳 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 所失去的電子莫耳數 $b = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

| | | 第一次 | 第二次 |
|-----------------------------------|---|-----|-----|
| 氧化劑 KMnO_4 溶液 | 滴定前的刻度 (mL) | | |
| | 滴定後的刻度 (mL) | | |
| | 滴定 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液 所需體積 $V_{\text{氧化劑}}$ (mL) | | |
| | 精秤 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 克數 (W) | | |
| KMnO ₄ 溶液體積莫耳濃度 (M) | | | |
| KMnO ₄ 溶液的平均體積莫耳濃度 (M) | | | |

B. 測定發泡錠中亞鐵離子的含量百分比：(傳統法)

每莫耳 KMnO_4 所得到的電子莫耳數 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

每莫耳 FeSO_4 所失去的電子莫耳數 $b = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

| | | 第一次 | 第二次 |
|-----------------------------|---|-----|-----|
| 氧化劑 KMnO_4 溶液 | 滴定前的刻度 (mL) | | |
| | 滴定後的刻度 (mL) | | |
| | 滴定 FeSO_4 溶液 所需體積 $V_{\text{氧化劑}}$ (mL) | | |
| | 精秤發泡錠克數 (W) | | |
| Fe^{2+} 莫耳數 (mole) | | | |
| Fe^{2+} 含量百分比 (%) | | | |

C. 測定發泡錠中亞鐵離子的含量百分比：(ICT 融入光電比色法)

1.實驗數據

| | | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Fe ²⁺ 標準溶液濃度 (ppm) | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 吸收度 | | | | | |

2.檢量線作圖



3.未知發泡錠吸收度:_____ 發泡錠中 Fe²⁺的含量:

D. 請比較兩種方法準確度:

- 1. 傳統含量:_____ 誤差:
- 2. 光電比色法的含量:_____ 誤差:
- 3.

● 問題與討論

1. 為何在過錳酸鉀滴定草酸鈉溶液時需要加熱至 70°C ，才進行滴定，但為何不可超過 90°C 呢？；而在滴定硫酸亞鐵溶液時則不需要加熱，即可進行滴定？
2. 為何本實驗以過錳酸鉀溶液，滴定草酸鈉或硫酸亞鐵溶液時，不需滴加指示劑？
3. 若兩次滴定的過錳酸鉀用量差異太大，則需操作第三次滴定，但若第三次滴定仍與前兩次用量有差異該如何處理呢？
4. 以草酸鈉溶液標定過錳酸鉀溶液的實驗中，若改以 HNO_3 來取代 H_2SO_4 ，則對滴定結果造成何種影響？若另改以 HCl 來取代 H_2SO_4 ，則對滴定結果又造成何種影響？

附件六:秒表反應

秒錶反應

藉由觀察碘酸鉀與亞硫酸氫鈉的澱粉溶液變色來設計特殊的化學計時器，同學可先觀看以下影片：



◇ 由於肉眼判斷顏色差異較不準確，因此本實驗可利用手機 App 程式來幫

助判斷顏色

| | Android | ios |
|--------|--|--|
| 色彩分析程式 |  |  |
| 手機光源程式 |  |  |

實驗名稱：秒錶反應

實驗目的：1.由溶液變色時間測定碘酸根與亞硫酸氫根的化學反應速率

2.探討濃度與溫度對反應速率的影響

實驗原理：反應速率的定義為單位時間內反應物或生成物的改變量（濃度、壓力、莫耳數等），改變愈多則反應速率愈快，反之，改變愈少則反應速率愈慢。影響反應速率的因素有濃度、溫度、催化劑、反應物的本質等。本實驗將以消耗固定量的反應物（亞硫酸氫鈉）所需的時間作為反應速率的依據，探討濃度或溫度對反應速率的影響。

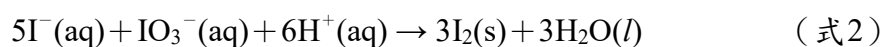
反應試劑：溶液 A——碘酸鉀(KIO_3)溶液

溶液 B——含有澱粉、硫酸及亞硫酸氫鈉(NaHSO_3)水溶液。

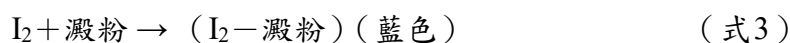
化學反應：

(1) 溶液 A 中的碘酸根(IO_3^-)離子與溶液 B 中的亞硫酸氫根(HSO_3^-)離子反應生成碘離子： $\text{IO}_3^-(\text{aq}) + 3\text{HSO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}^-(\text{aq}) + 3\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 3\text{H}^+(\text{aq})$ (式 1)

(2) 當溶液中的亞硫酸氫根(HSO_3^-)離子完全用完時，所生成的碘離子(I^-)被剩餘的碘酸根(IO_3^-)離子氧化，生成碘分子(I_2)。



(3) 碘分子與澱粉結合成澱粉錯合物而呈現藍色。



(4) 當溶液呈現藍色時，表示亞硫酸氫根(HSO_3^-)離子完全用盡，溶液由無色變成藍色。

所需的時間愈短，表示反應速率愈快，反之，則反應越慢，因此藍色的錯合物可作為反應完成的指示劑。

當 IO_3^- 和 HSO_3^- 混合後，首先產生 I^- (式1)， I^- 再與 IO_3^- 作用產生 I_2 (式2)， I_2 與澱粉結合所產生的藍色才會顯現出來(式3)。若是溶液中還有 HSO_3^- ，會將 I_2 再還原成 I^- ，溶液不會變藍色。所以，溶液中 HSO_3^- 全部耗盡，溶液才會變藍色。由式1看出， IO_3^- 與 HSO_3^- 的係數比為1:3，因此溶液 A、B 混合後，兩者的初濃度應有 $[\text{IO}_3^-] > \frac{1}{3}[\text{HSO}_3^-]$ 的關係，實驗結果才有可能出現藍色。而且 H^+ 在式2中是反應物，因此反應必須在酸性溶液中進行。

本實驗第一部分固定亞硫酸氫根(HSO_3^-)的初濃度，改變碘酸根(IO_3^-)的初濃度，可由藍色出現的時間判定碘酸根(IO_3^-)濃度對反應速率的影響。實驗第二部分，固定亞硫酸氫根(HSO_3^-)和碘酸根(IO_3^-)的初濃度，改變溫度進行實驗，可觀察溫度對反應速率的影響。不過，溫度若高於50℃， I_2 與澱粉反應形成的藍色會消失，故實驗溫度應不超過40℃為宜。

實驗器材及藥品：

器材（每組）

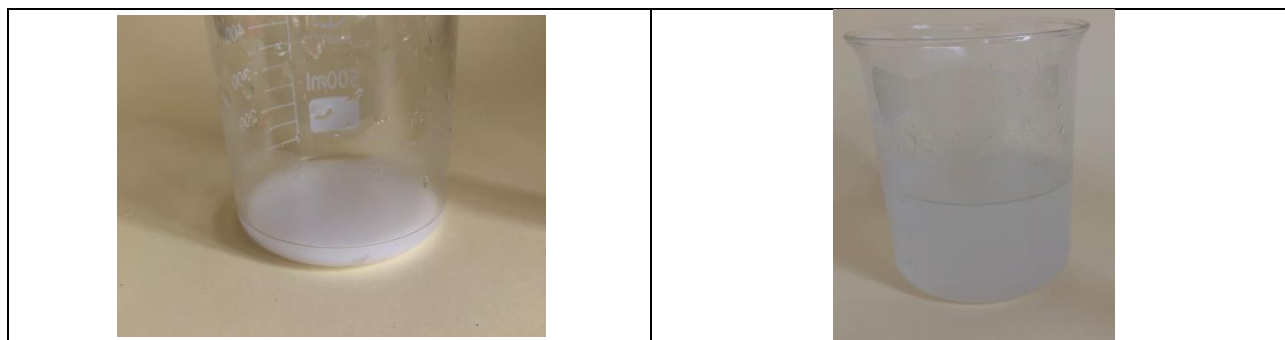
| | | | |
|-------------|----|-----------------|----|
| 量筒(10 mL) | 2支 | 滴管 | 2支 |
| 燒杯(50 mL) | 3個 | 燒杯(250 mL) | 2個 |
| 計時器（碼錶或手機） | 1個 | 溫度計(−10~110 °C) | 1支 |
| 恆溫水浴槽（全班共用） | 2組 | | |

試藥（每組）

| | |
|--|--------|
| 溶液A(0.02 M的KIO ₃) | 100 mL |
| 溶液B(0.006 M的NaHSO ₃ 、可溶性澱粉、H ₂ SO ₄) | 100 mL |
| 蒸餾水 | 40 mL |

註：溶液 B 應於實驗當天配製，配法如下：

- (1) 將可溶性澱粉 4 g 置於約 20 mL 的水中，攪拌均勻後，慢慢倒入熱水，直到溶液變澄清，若無法澄清，可再加熱使其溶解



- (2) 冷卻過濾，加入亞硫酸氫鈉 0.624 g 及 5 ml 的 1 M 硫酸（硫酸的量可視情況調整），最後加水使溶液成為 1 L。若無法當天配製，可先配置(1)的澱粉液，直到實驗當天才加入(2)的藥品。溶液 B 中因含可溶性澱粉，當天未使用完畢，應密封或放入冰箱中貯存，以免澱粉失效。
- (3) 硫酸的量可以視情況調整，如反應太快，可減少硫酸的量；反應太慢，可增加硫酸的量。

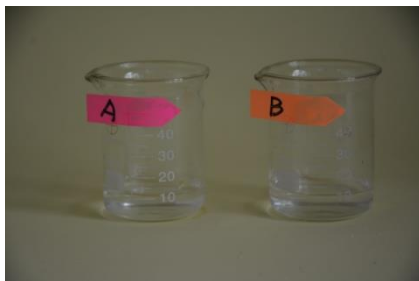
實驗步驟：

A. 濃度對反應速率的影響


1. 依下表配製不同濃度的 KIO_3 溶液：

| 編號 | 溶液 A (mL) | 蒸餾水 (mL) |
|----------------|--------------|-------------|
| A ₀ | 10.0 | 0 |
| A ₁ | 8.0 | 2.0 |
| A ₂ | 6.0 | 4.0 |
| A ₃ | 4.0 | 6.0 |
| A ₄ | 2.0 | 8.0 |

2. 用量筒量取 10.0 mL 的溶液 A₀ 及溶液 B，分別將溶液倒入 50 mL 燒杯中。

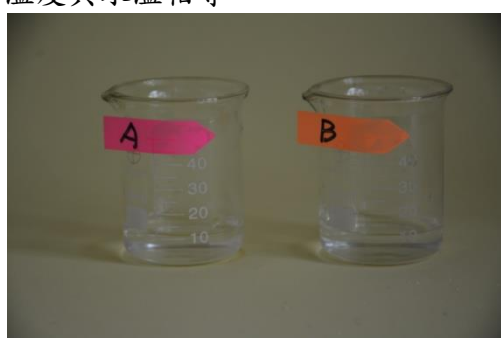
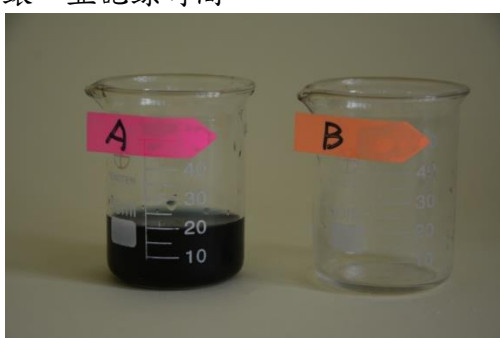


3. 將溶液 B 快速倒入溶液 A₀ 中，立即按下碼錶（可輕輕搖晃燒杯使溶液混合），當溶液變藍色時，立即按停碼錶，並記錄時間。



4. 將 A₁、A₂、A₃、A₄ 等溶液，在相同條件下各與 10.0 mL 的溶液 B 混合，依步驟 2 操作，分別記錄溶液變藍所需的時間。

B. 溫度對反應速率的影響

| | |
|---|---|
| <p>1. 以量筒分別量取 10.0 mL 的溶液 A 與溶液 B 倒入 50 mL 燒杯中。將兩燒杯放於 25 °C 水浴槽中，靜置數分鐘，使溶液的溫度與水溫相等。</p>  | <p>2. 恆溫後，將溶液 B 快速倒入溶液 A 中，立即按下碼錶（可輕輕搖晃燒杯使溶液混合，當溶液變藍色時，立即按停碼錶，並記錄時間。</p>  |
| <p>3. 選擇另外兩個與室溫不同的溫度，如 15 °C 和 35 °C，重複步驟 1~2。若沒有水浴槽，可利用冰塊或是加熱板來調整溫度。</p> | |

● 探究與結果

A. 濃度對反應速率的影響

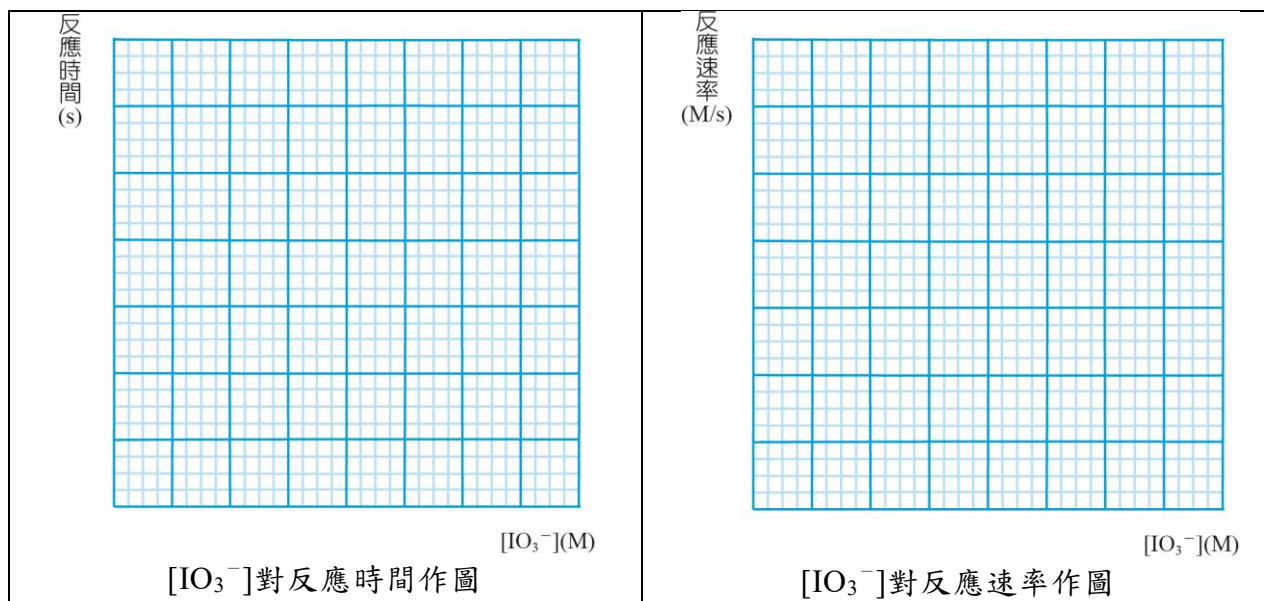
(1) 室溫（或溶液溫度）：_____°C

混合前 A 溶液： $[\text{IO}_3^-]$ = _____ M；混合前 B 溶液： $[\text{HSO}_3^-]$ = _____ M

(2) 實驗數據：

| 溶液編號 | A 溶液 (mL) | 蒸餾水 (mL) | B 溶液 (mL) | 混合後 IO_3^- 初始濃度(M) | 混合後 HSO_3^- 初始濃度(M) | 反應時間(s) | HSO_3^- 反應速率(M/s) |
|----------------|-----------|----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|---------|----------------------------|
| A ₀ | 10 | 0 | 10 | | | | |
| A ₁ | 8 | 2 | 10 | | | | |
| A ₂ | 6 | 4 | 10 | | | | |
| A ₃ | 4 | 6 | 10 | | | | |
| A ₄ | 2 | 8 | 10 | | | | |

(3) 根據上表的實驗數據，以 $[\text{IO}_3^-]$ (M) 為橫坐標，分別以反應時間及反應速率為縱坐標，在方格紙上作圖。



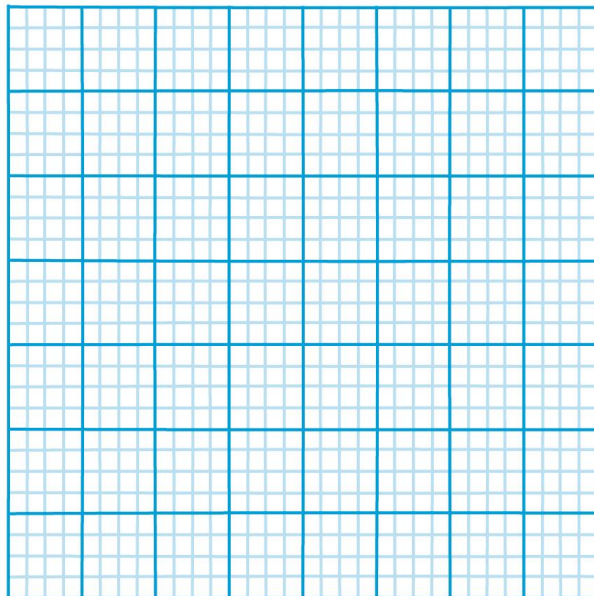
B. 溫度對反應速率的影響

(1) 實驗數據

混合前 A 溶液： $[\text{IO}_3^-]$ = _____ M；混合前 B 溶液： $[\text{HSO}_3^-]$ = _____ M

| 編號 | 混合後 A 溶液 $[\text{IO}_3^-]$ | 混合後 B 溶液 $[\text{HSO}_3^-]$ | 反應溫度(°C) | 反應時間(s) |
|----|----------------------------|-----------------------------|----------|---------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

(2)根據上表的實驗數據，以溫度 ($^{\circ}\text{C}$)為橫坐標，反應時間為縱坐標，在方格紙上作圖。



● 問題與討論

1. 根據 $\text{KIO}_3(\text{aq})$ 的體積莫耳濃度與反應時間的作圖結果，濃度與反應時間的關係為何？
2. 根據反應溫度與反應時間的作圖結果，溫度與反應時間的關係為何？
3. 參考本實驗的主要反應式，若要自行改變所加入的 A、B 兩溶液體積，且必須使實驗中的 A、B 兩溶液混合後產生深藍色的現象，則碘酸鉀與亞硫酸氫鈉兩種反應物的莫耳數應遵循何種比例關係？
4. 本實驗的反應速率以亞硫酸氫鈉的消耗速率表示，其原因為何？
5. 本實驗為何會從無色變成藍色？且在溫度效應的實驗步驟中，溫度為何不宜高於 40°C ？

附件七:水質檢測

水汙染的檢測

實驗名稱：水汙染的檢測（濁度、酸鹼度、導電度及溶氧量等）

實驗目的：1.學習操作濁度計、酸鹼度計、導電度計及溶氧量計

2.藉由不同水質檢驗結果，推測水質的汙染程度與來源

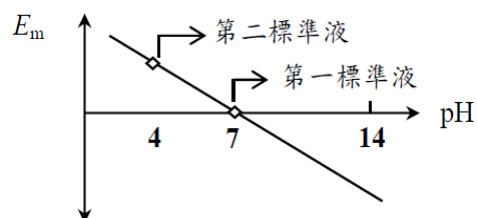
實驗原理：

1.濁度計：

在特定條件下，比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度。散射光強度愈大者，其濁度亦愈大。本方法適用於飲用水水質、飲用水水源水質之濁度測定，濁度單位（Nephelometric turbidity unit，簡稱 NTU）。

2.酸鹼度計(pH-meter)：

是用來量測溶液pH值的儀器。它的測量原理，是利用由參考電極與指示電極所組成的組合式pH電極，將此電極浸在待測溶液中，當待測溶液的氫離子濃度不同時，電極的電位（ E_m ）即隨之變化，利用 E_m 與pH值之間的線性關係，測量待測溶液的酸鹼度，如右圖。



3.導電度計：

電導是指物質讓電流通過之能力，固體中電流係藉電子傳導，溶液則由陰陽離子之移動而產生電流，因離子移動速率隨溫度升高而變快，故電導隨溫度升高而增加。水溫度愈高時，水中之離子運動速率愈快，導電度隨之增加，故水之導電度為溫度之函數。溶液所測之電導與電極之面積成正比，與電極距離成反比，故一般將其換算為面積 1cm^2 ，距離 1cm 之值，此即為導電度，單位為姆歐／公分。

4.溶氧量計：

係利用選擇性薄膜讓水中之溶解氧通過，使其與液體、離子及其他干擾物質隔離，透過薄膜之分子態氧於電極陰極端還原。由於在穩定狀態下產生之電流強度正比於溶氧濃度，故由電流值可換算為水中溶解氧之濃度。本方法適用於飲用水水質、飲用水水源水質、地面水體、地下水、放流水及廢（污）水中溶氧檢測，若使用於海水或含鹽度較高的水體測定時，應進行鹽度校正。

實驗器材及藥品：

器材(每組)

| | | | |
|--------|----|-----------|------|
| 濁度計 | 1台 | 50 mL 燒杯 | 3~5個 |
| 酸鹼度計 | 1台 | 10 mL 小藥杯 | 3個 |
| 導電度計 | 1台 | | |
| 光學溶氧度計 | 1台 | | |

試藥 (每組)

| | | | |
|-------------------------------|------|--------|------|
| 濁度計校正液 | 儀器內附 | 導電度校正液 | 儀器內附 |
| 標準 pH 值緩衝溶液 (4.0、7.0、10.0) | 儀器內附 | 溶氧度校正液 | 儀器內附 |

實驗步驟：

C. 檢測儀器操作：

| | |
|--|--|
| 1. 依照各種廠牌儀器的操作步驟，對濁度器、酸鹼度計、導電度計及光學溶氧度計，先以標準品進行校正 | 2. 從日常生活中，採集至少 3 種不同的水樣(如：湖水、河水、池塘水、魚缸水、水溝水、自來水、雨水、蒸餾水等)，帶至實驗室中檢測 |
| 3. 使用各種感測器，依次測量水樣的溫度、濁度、pH 值、導電度及溶氧量，並記錄 | <p>注意：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 標準品校正後之液體，不可再倒回標準液中，以免汙染 ● 每次水樣檢測完畢後，需先以蒸餾水沖洗感測器約 3~5 秒，再以擦拭紙擦乾後，再量測下一個水樣。 ● 感測器進行水樣測量時，需等儀器顯示數據穩定後，再記錄數值 |

● 探究與結果

不同水樣來源與檢測紀錄 (待數值穩定後再紀錄，或是測量多次取平均值)

| 實驗 | 溫度 (°C) | 濁度 (NTU) | 酸鹼值 (pH) | 導電度 (μS/cm) | 溶氧值 (mg/L) |
|------|------------|-------------|-------------|----------------|---------------|
| 水樣 1 | | | | | |
| 水樣 2 | | | | | |
| 水樣 3 | | | | | |
| 水樣 4 | | | | | |
| 水樣 5 | | | | | |

● 問題與討論

6. 濁度計是利用散射光源來轉換成數值，你覺得有那些因素可能影響實驗結果呢？

7. pH 儀是實驗室中很常接觸到的儀器，請你查閱資料，說明正確使用 pH 儀的注意事項 (至少三項)？

8. 導電度計之數值是與電極面積成正比，與電極距離成反比，你覺得有那些因素可能影響實驗結果呢？

附件八：多元評量規準

多元評量規準表

| 評分項目 (並非全部皆使用，教師可視各實驗採取合適評量方式) | | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 1.實驗報告 學生需撰寫有組織性的實驗報告，內容包括實驗目的、方法、結果、討論和結論。 評估項目可能包括實驗的進行是否符合標準、數據的正確性、結論的合理性等 | | | | |
| <input type="checkbox"/> 卓越 | <input type="checkbox"/> 良好 | <input type="checkbox"/> 適中 | <input type="checkbox"/> 需要改進 | <input type="checkbox"/> 很差 |
| 質性說明： | | | | |
| 2.口頭報告 學生進行實驗後，向班上或小組成員進行口頭報告。 評估項目可能包括表達清晰度、專業術語的使用、對實驗的理解等 | | | | |
| <input type="checkbox"/> 卓越 | <input type="checkbox"/> 良好 | <input type="checkbox"/> 適中 | <input type="checkbox"/> 需要改進 | <input type="checkbox"/> 很差 |
| 質性說明： | | | | |
| 3.實驗室筆記 評估學生在實驗室中記錄的筆記，包括觀察、實驗步驟、數據和結果。 可以展示學生的實驗過程管理和觀察能力 | | | | |
| <input type="checkbox"/> 卓越 | <input type="checkbox"/> 良好 | <input type="checkbox"/> 適中 | <input type="checkbox"/> 需要改進 | <input type="checkbox"/> 很差 |
| 質性說明： | | | | |
| 4.實驗技能評估 評估學生的實驗技能，包括操作儀器、標定、實驗室安全和實驗室清潔等。 這有助於確保學生在實驗室中能夠安全而有效地工作 | | | | |
| <input type="checkbox"/> 卓越 | <input type="checkbox"/> 良好 | <input type="checkbox"/> 適中 | <input type="checkbox"/> 需要改進 | <input type="checkbox"/> 很差 |
| 質性說明： | | | | |
| 5.小組合作評估 如果實驗是以小組形式進行， 評估學生在小組中的合作能力，包括分工、溝通、協作和解決問題的能力 | | | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 卓越 | <input type="checkbox"/> 良好 | <input type="checkbox"/> 適中 | <input type="checkbox"/> 需要改進 | <input type="checkbox"/> 很差 |
| 質性說明： | | | | |
| 6.自評和同儕評估 學生對自己的工作進行評估，同時也評估同儕的工作。 這有助於培養學生對自己和他人的評估能力 | | | | |
| <input type="checkbox"/> 卓越 | <input type="checkbox"/> 良好 | <input type="checkbox"/> 適中 | <input type="checkbox"/> 需要改進 | <input type="checkbox"/> 很差 |
| 質性說明： | | | | |
| 7.實驗設計和改進 評估學生能否獨立設計實驗，以及在實驗過程中是否能夠進行改進。 這有助於培養科學思維和解決問題的能力 | | | | |
| <input type="checkbox"/> 卓越 | <input type="checkbox"/> 良好 | <input type="checkbox"/> 適中 | <input type="checkbox"/> 需要改進 | <input type="checkbox"/> 很差 |
| 質性說明： | | | | |

附件九：態度量表

親愛的同學們，

感謝你們參與本次化學科實驗教學。本問卷旨在了解你們對資訊與通訊技術（ICT）融入化學科實驗教學的體驗與看法。你的回饋對於改進教學方法和提升學習效果具有重要意義。

問卷分為六個面向：學習動機、學習態度、合作和溝通、數位素養、解決問題能力和科學學習體驗。每個面向包含若干問題，請根據你的實際體驗和感受，使用李克特5點量表進行評分（1表示非常不同意，5表示非常同意）。

此問卷為匿名填寫，所有數據僅用於學術研究，請你如實回答。感謝你的合作！

| | | | | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 學習動機共 6 題： 學習動機指的是你在學習過程中所展現的興趣以及不因為作業要求而自發想學習的動力，可以包括對學科內容的好奇心、學習投入度和自主學習的願望。 | | 非常同意 | 同意 | 普通 | 不同意 | 非常不同意 |
| 學習動機 | 1. 在課堂使用科技工具和多媒體資源能提升我學習意願。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 2. 在課堂使用科技工具和多媒體資源能激發我學科探索興趣。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 3. 在課堂使用數位教材後，我對學習的興趣有所提升。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 4. 資訊融入教學提高我克服學習困難的意願。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 5. 資訊融入教學激發了我主動尋求知識的意欲。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 6. 我認為資訊融入教學有助於我對學習目標清晰認識。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 學習態度共 6 題： 學習態度指的是你對於學習活動和學習環境，抱有的情感或情感，以及外顯行為反應，可能與你對學科的喜愛程度有關，可能影響學習時認真投入程度。 | | 非常同意 | 同意 | 普通 | 不同意 | 非常不同意 |
| 學習態度 | 1. 資訊融入教學的方式提升了我認真投入學習的意願。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 2. 課堂使用的數位學習工具提高我對科學的喜愛程度。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 3. 學習過程中資訊融入實例應用，增強我對學科學習的信心。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 4. 課堂上的數位工具提高我克服學習困難的意願。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 5. 學習過程中的使用數位工具，我享受學習 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 6. 資訊融入教學激發了我主動迎接挑戰的勇氣。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 合作和溝通共 6 題： 合作和溝通指的是在學習過程中你與他人進行意見、想法等之交流，藉此合作以便解決課堂遭遇的問題，結合組學間想法完成任務過程中，交流狀況及感受。 | | 非常同意 | 同意 | 普通 | 不同意 | 非常不同意 |

| | | | | | | |
|---|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 合作和溝通 | 1. 我在數位學習中更願意參與討論和分享觀點。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 2. 資訊融入教學增進了我在小組合作中的溝通能力。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 3. 在資訊融入學習過程中，自己團隊合作技能有所成長。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 4. 資訊融入教學提高我與同學合作完成任務的效率。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 5. 透過數位工具搭配，讓我能輕易與同儕合作並分享資訊。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 6. 透過資訊融入學習，我能運用科技工具進行合作溝通。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 科學學習體驗共 6 題： 科學學習體驗想了解你在整段應用資訊通訊技術與數位工具搭配的科學學習過程中，對學科內容、學習方法和實際應用感受。 | | 非常同意 | 同意 | 普通 | 不同意 | 非常不同意 |
| 科學學習體驗 | 1. 相較於講述教學，資訊融入學習讓我的學習更有效率。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 2. 我覺得透過多媒體資源學習，能確實提高我的學習成績。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 3. 使用數位工具學習時我較容易理解學科中複雜抽象內容。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 4. 我認為資訊融入教學能使我的學科成績產生積極影響。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 5. 我認為資訊融入教學對我的學科學業有實際助益。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 6. 資訊融入教學使我的學科學習更容易找到實際應用機會。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 數位素養共 6 題： 數位素養指的是你對於數位工具及資源使用時所具備的技能 and 能力，可能包括資訊搜尋、工具使用操作、資料分析與利用工具呈現等能力。 | | 非常同意 | 同意 | 普通 | 不同意 | 非常不同意 |
| 數位素養 | 1. 資訊融入教學使我對電腦和數位工具的使用更熟練。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 2. 我的資訊搜尋技能在學習過程中提高了。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 3. 我能選用合適工具使學科學習更加有效率。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 4. 資訊融入教學強化了我的資料分析和處理能力。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 5. 我能使用這些數位工具幫助進行學科知識整合能力。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 6. 未來在不同領域學習中，我也能使用這些數位相關工具。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 解決問題能力共 6 題： 解決問題能力指的是你在面對學習上或實際生活中遭遇的問題時，能夠有效分析、評估，並運用各種策略解決問題的能力。 | | 非常同意 | 同意 | 普通 | 不同意 | 非常不同意 |
| 解決問題能力 | 1. 經過資訊融入學習後，我更能夠有系統地整理思路。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 2. 經過資訊融入學習後，我的分析和整合資訊能力提高了。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 3. 資訊融入教學培養了我的邏輯思維和推理能力。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 4. 資訊融入教學，讓我學會運用不同方法來解決學科問題。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 5. 學習過程中的案例分析，幫助我應對實際生活挑戰。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 6. 整體來說透過資訊融入教學，可提升我的解決問題的能力。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |