

## 2024年【科學探究競賽－這樣教我就懂】

教師組 教案表單與學習單

### 教案設計者：

蔡旺璋(臺中市立臺中女子高級中學)、李依澄(臺中市立臺中女子高級中學 實習老師)

### 課程領域：

物理 化學 生物 地球科學 科技領域 自然科學探究與實作  
數學 其他\_\_\_\_\_ (可複選)

### 一、教案題目

大象的含碘牙膏

### 二、授課時數

800分鐘(一週2節，共8週16節)

### 三、教案設計理念與動機

#### 教案設計理念

希望透過大象牙膏這樣有趣的實驗，帶領同學思考牙膏為何是黃色其背後的化學概念。透過每節課的觀察討論及實驗學習計量化學、反應速率、化學反應平衡等概念。在7、8週讓學生能透過之前所學，自行決定變因設計實驗並自由研究大象牙膏，探討大象牙膏中雙氧水的主反應(分解成氧氣)、副反應(將碘化鉀氧化成碘)比例、速率、平衡狀態或其它相關主題，最後進行發表及討論。

#### 教案特色

- 1.用「一個塑膠盆就裝得下」的實驗器材，完成8~9週的課程，可減少老師們的備課負擔，老師們也可以擴充課程，豐富教學內容。
- 2.以探究與實作的素養能力為基礎，讓學生在教師設定的題目及情境中，培養「觀察與發現」、「規劃與研究」、「論證與建模」、「表達與分享」四項能力。
- 3.以資訊融入教學，提昇同學資訊能力並深化數位學習。(1)使用手機及平板進行實驗錄製或連接感應器，並用app或電腦進行影像分析。(2)以excel進行繪圖及數據分析。(3)以google互評表單讓同學間互相評量。(4)用word做實驗報告。(5)使用投影片呈現實驗結果。
- 4.以多種化學面向觀察同一反應，讓同學以計量、速率、平衡等不同觀點了解同一個反應，並使學生在過程中學會化學基礎實驗操作及相關的化學知識，提昇科學素養。
- 5.為符合SDGs所提倡的「綠色化學」，實驗中將滴定濃度及用量減少，減少藥品的使用量。
- 6.採用多元評量方式，含(1)實驗書面報告。(2)學習單。(3)上台投影片報告。(4)Google表單互評表。學生在課程結束後可以整理出完整且豐富的學習歷程檔案。

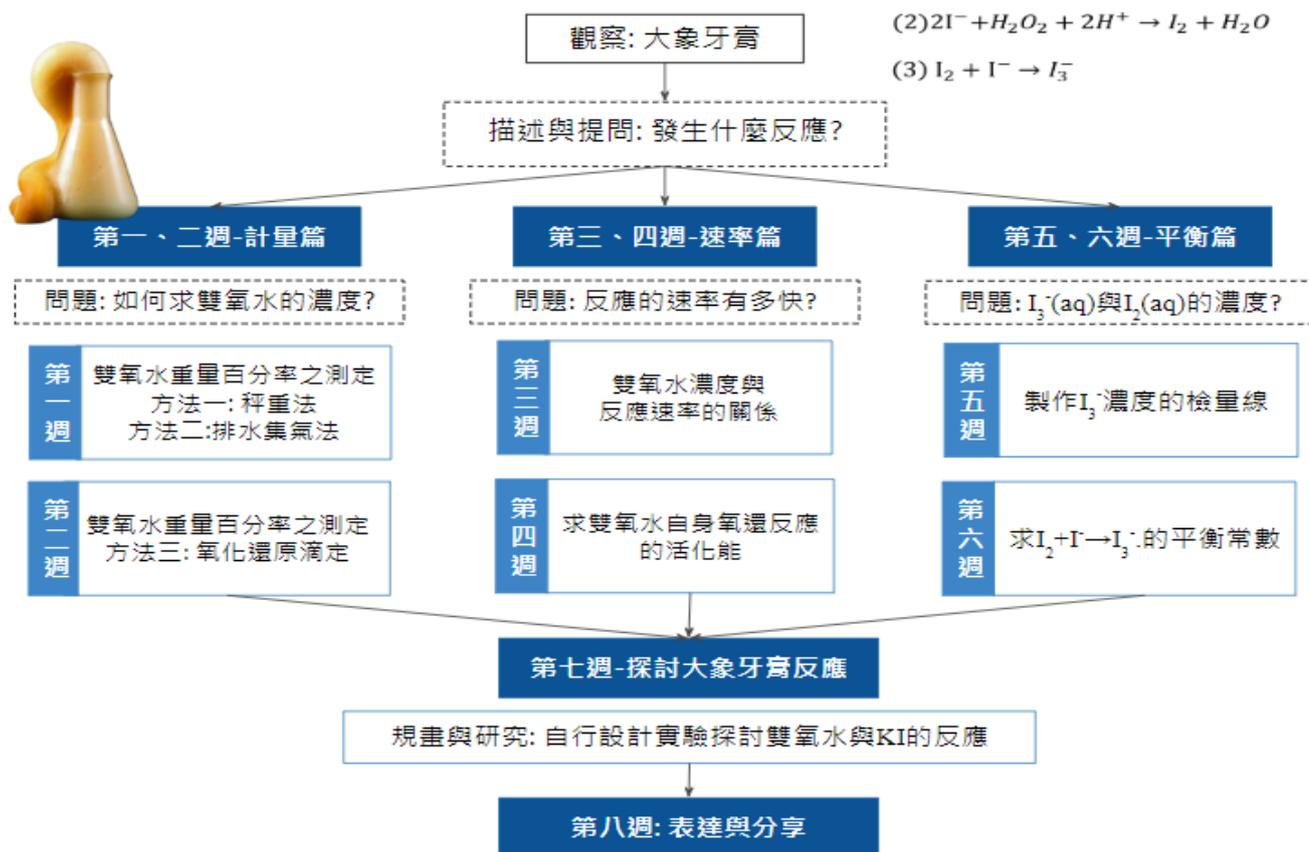
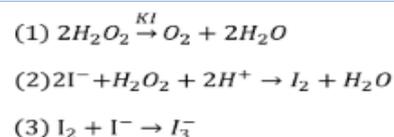
#### 四、教學目標

- 1、學習基礎化學實驗操作及相關的基礎化學理論。
- 2、學習探究實作「觀察與發現」、「規劃與研究」、「論證與建模」、「表達與分享」的四個重要能力。
- 3、學習以資訊設備及軟體輔助實驗進行以及進行數據分析，並製作書面報告及成果分享的投影片。
- 4、學習在團隊中溝通協調、討論、小組分工等團隊合作能力。
- 5、學習討論失敗及誤差的成因，討論後要能修正觀念及改善實驗裝置及步驟，培養學生面對挫折後的反思及耐挫力。

#### 五、教育對象

高二、高三學生。

#### 六、課程設計（方法與步驟）



順序	時間	活動
1	10 min	示範實驗-觀察與發現
2	5 min	實驗前說明
3	70 min	規畫與研究
4	10 min	總結-論證與建模
5	5 min	整理器材及桌面

▲ 探究與實作 課程規劃流程圖



篇幅有限，欲了解更多課程資訊請掃QR Code(實驗數據、講義學習單、投影片、教學影片)

## 第一週

### 一、引起動機

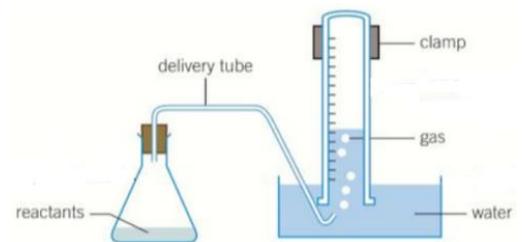
#### 示範實驗-大象牙膏

取10 mL量筒，裝入4 mL 17.5% 雙氧水及適量洗碗精，混合均勻後，倒入2 mL 1M碘化鉀溶液觀察反應。

### 二、觀察與發現

讓學生描述反應的現象，並以問題引導讓同學思考如何量測雙氧水的重量百分率。

1. 生成的氣體為何?如何證明?
2. 大象牙膏的顏色為何為黃色?碘化鉀在反應中扮演的角色為何?
3. 可用來代替KI的物質?
4. 雙氧水濃度如何測量?可以用氣體生成量計算出雙氧水濃度嗎?
5. 生成氣泡的速率有多快?如何測量?
6. 濃度、溫度、pH會影響氣體生成的速率嗎?
7. 生成的黃色物質中含有多少的 $I_3^-$ 及 $I_2$ ?



### 三、規劃與研究(詳細步驟及數據請掃QR code，"化學探究雙氧水篇教師用")

\*\*使用碘化鉀當催化劑會有副反應發生( $2I^- + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow I_2 + H_2O$ )，故改用 $MnO_2$ 為催化劑。

<方法一>秤重法:以反應瓶損失的重量換算氧氣的莫耳數，藉以推算雙氧水的重量百分率。

<方法二>排水集氣法:利用氧氣的體積換算莫耳數，藉以推算雙氧水的重量百分率。

### 四、論證與建模

1. 驗證秤重法與排水集氣法的計算結果是否相等。
2. 以兩種方法計算出來的雙氧水濃度是否為10%?誤差的可能原因為何?

\*\*分析時需注意壓力計的讀取方法與排水集氣法的壓力校正。

## 第二週

### 一、引起動機

#### 示範實驗-過錳酸鉀的反應

配製過錳酸鉀溶液，並在三種不同條件下(酸、中、鹼性)，加入 $NaHSO_3$ ，讓同學觀察顏色變化



### 二、觀察與發現

讓學生描述反應的現象，以問題引導同學如何利用過錳酸鉀測量雙氧水的重量百分率。

1. 步驟1中的過錳酸鉀是否有全部溶解?如何確定溶液的濃度?
2. 若過錳酸鉀與雙氧水反應會有氣體生成嗎?
3. 過錳酸鉀與雙氧水的反應方程式?
4. 過錳酸鉀在反應中扮演的角色?
5. 在酸性、中性、鹼性三個環境中，哪一個環境較易觀察反應已經完成?

### 三、規劃與研究(詳細步驟及數據請掃QR code，“化學探究雙氧水篇教師用”)

\*\*因過錳酸鉀因含不溶水的雜質，不適合以秤取重量計算其濃度，故使用前需先以草酸鈉標定。

<方法三>氧化還原滴定：利用過錳酸鉀與雙氧水的反應，推算雙氧水的重量百分率。

(一)標定過錳酸鉀溶液: 以錐形瓶取定量草酸鈉加入適量水及硫酸並加熱，再以過錳酸鉀溶液滴定至淡紫色

(二)滴定雙氧水溶液: 以錐形瓶取定量雙氧水加入適量水及硫酸，再以過錳酸鉀溶液滴定至淡紫色

### 四、論證與建模

- 1.比較秤重法、排水集氣法與氧化還原滴定法何者計算出來的雙氧水濃度誤差較小。
- 2.為何過錳酸鉀需要標定?用草酸鈉標定過錳酸鉀為何要加熱?



### 第三週

#### 一、引起動機:

#### 示範實驗-大象牙膏實驗

取2支10 mL量筒，第一支裝入4 mL 35% 雙氧水，第二支裝入4 mL 17.5% 雙氧水，在2支試管中同時加入適量洗碗精混合均均後，同時倒入2 mL 1M碘化鉀溶液。

#### 二、觀察與發現

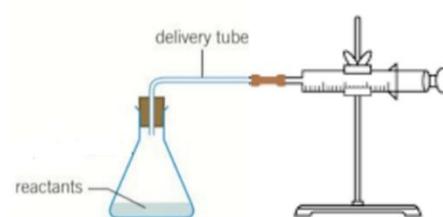
讓學生描述反應的現象，以問題引導同學如何測量雙氧水與二氧化錳的反應速率。

- 1.何者生成泡沫的速率比較快?如何測量?
- 2.濃度2倍，生成的速率會變2倍嗎?
- 3.除了觀察泡沫高度，還可以如何測量反應速率呢?

#### 三、規劃與研究

1. 取10 mL 3.5% 雙氧水置於250 mL錐形瓶中，加入0.5 g二氧化錳後蓋上橡皮塞，架設手機錄影，記錄氣體體積隨時間變化。
2. 將雙氧水濃度分別換成 5.25%、7%，重覆步驟1。
3. 以 VidAnalysis APP 分析時間與氫氣體積變化。

\*\*可以用Vernier 氣壓感應器代替針筒進行更精密的測量。



#### ★學生實驗結果與紀錄

## (一)起始速率法

### (一)起始速率法

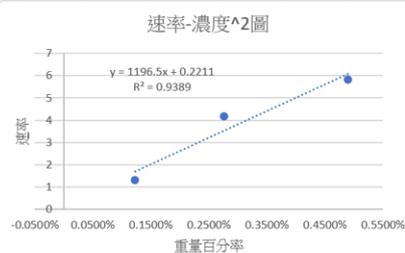
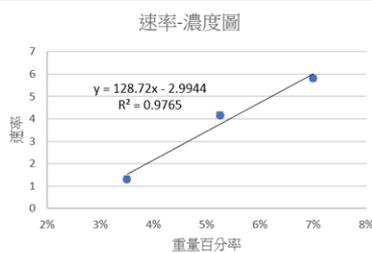
以收集 10 mL 氧氣需要時間做為初速度

雙氧水濃度	10 mL 氧氣所需秒數(s)	初速度 $\frac{\Delta V}{\Delta t}$
7% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.53	6.536
5.25% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2.12	4.717
3.5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5.69	1.758

(只看 7% 及 5.25%)

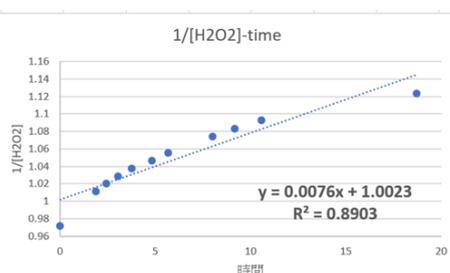
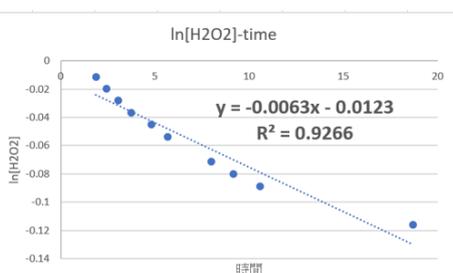
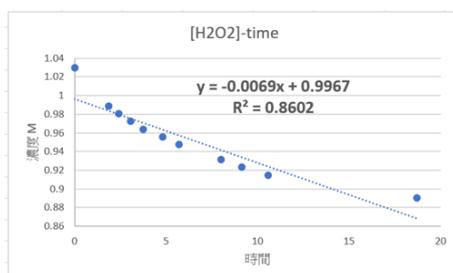
雙氧水濃度變1.33倍，速率變為1.38倍，故速率定律式為 $r=k[H_2O_2]^1$

速率-濃度圖較接近直線=>故速率定律式為 $r=k[H_2O_2]^1$



### (二)做圖法:利用[H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]-time圖求級數

以VidAnalysis APP找出氧氣體積5、10、15、20、25、30、35、40、45、50 mL所經過時間。



實驗數據顯示ln[H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]-time圖較接近直線，表示雙氧水分解反應應較接近一級反應

## 四、論證與建模

1. 驗證是否能以起始速率法、做圖法，推算反應級數？
2. 透過以上兩種方法算出此反應是否為一級反應？並討論可能誤差。

## 第四週

### 一、引起動機

#### 示範實驗 - 過氧化錳的氧化還原

取2根試管，各加入適量的Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>及數滴0.01M KMnO<sub>4</sub>，第一支試管置於室溫，另一支試管泡入熱水中，觀察反應。

### 二、觀察與發現

讓學生描述反應的現象，以問題引導同學如何測量雙氧水在不同溫度下反應的速率。

1. 溫度升高，速率應變快還是變慢？放熱反應的溫度升高，速率也會變快嗎？
2. 如何固定反應的溫度？用針筒收集氣體可以定溫嗎？
3. 如何用阿瑞尼士方程式測量雙氧水反應的活化能？

### 三、規劃與研究

1. 在室溫、冰水中、熱水中(不要超過45度)，測量氣體生成的速率

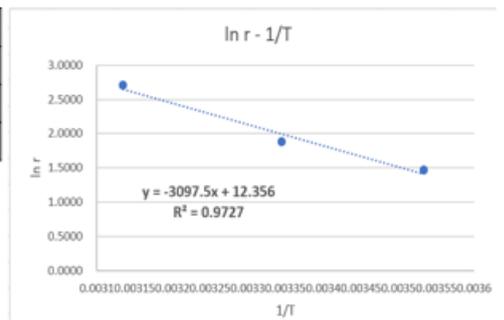
## ★實驗結果與記錄

(一)起始速度法-以收集10mL氧氣所需時間做為初速，分析反應活化能

濃度	10mL需秒數	速率r	溫度	1/T	ln r
7%	1.53	6.53594771	299	0.003344482	1.8773
7%	0.67	14.9253731	319	0.003134796	2.7031
7%	2.29	4.36681223	283	0.003533569	1.4740

可得過錳酸鉀催化雙氧水分解反應

$$\text{活化能} = 3097.5 \times 8.314 \text{ J} = 25752 \text{ J} = 25.75 \text{ KJ}$$

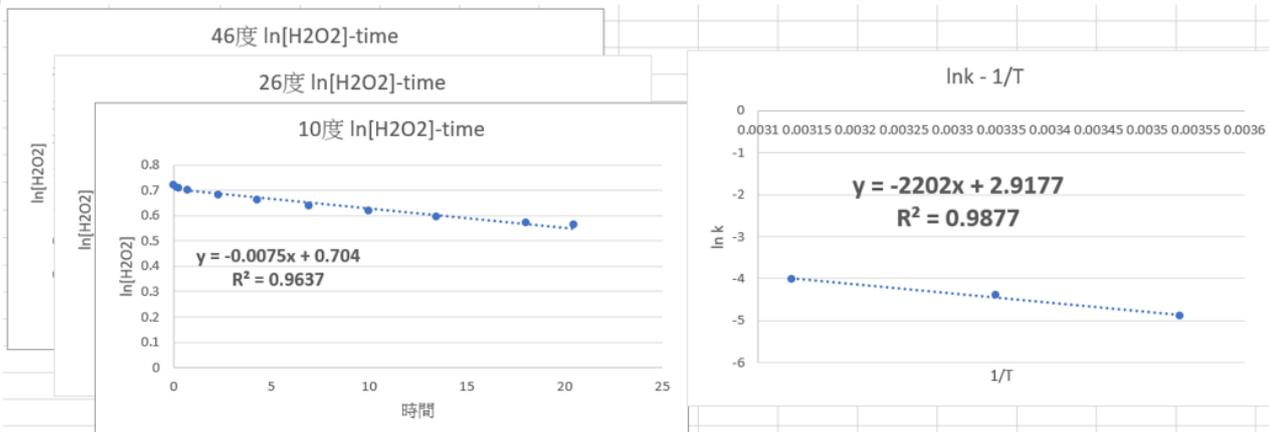


(二)做圖法- $\ln[H_2O_2]$ -time圖斜率求活化能

已知雙氧水與二氧化錳反應為一級反應，一級反應 $\ln[H_2O_2]$ -time為一直線

一級反應公式為 $\ln[A]_0 - \ln[A] = kt$ ，先做出室溫、低溫、高溫共3張 $\ln[H_2O_2]$ -time圖，並由趨勢線找到k

做出 $\ln k$ 對 $\frac{1}{T}$ 圖，並加上趨勢線找到斜率 $-\frac{Ea}{R} = -\frac{Ea}{8.314 \text{ J}}$



可得過錳酸鉀催化雙氧水分解反應活化能 $= 2202 \times 8.314 \text{ J} = 18307 \text{ J} = 18.30 \text{ KJ}$

## 四、論證與建模

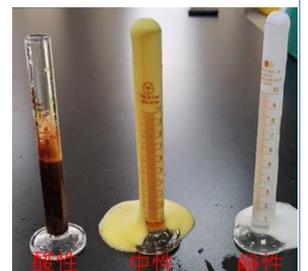
1.利用起始速率法及做圖法推算反應活化能並與文獻數據比較，討論可能誤差。

### 第五、六週

#### 一、引起動機

#### 示範實驗-大象牙膏

取三支10 mL量筒，各裝入4 mL 17.5% 雙氧水適量洗碗精，混合均均後，在第一支量筒倒入2 mL 1M碘化鉀溶液觀察反應。在第二支量筒加入數滴 1M硫酸再倒入2 mL 1M碘化鉀溶液觀察反應，在第三支量筒加入數滴 1M氫氧化鈉再倒入2 mL 1M碘化鉀溶液觀察反應，比較三支反應有何不同。



#### 二、觀察與發現

讓學生描述反應現象，以問題引導同學如何測量生成的副反應 $H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \rightarrow 2H_2O + I_2$ 的量。

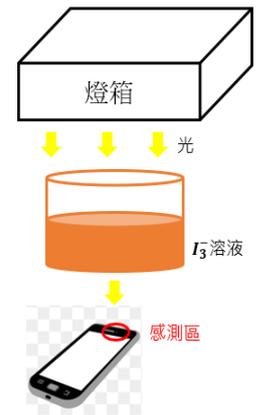
- 1.二次反應的顏色有何不同?氣體的生成速率有何不同? 1M 硫酸的功能為何?
- 2.顏色深淺與濃度的關係是? 顏色愈深則濃度會愈大或愈小? 如何量化顏色深淺?

### 三、規劃與研究(實驗一在第五週完成，實驗二、三在第六週完成)

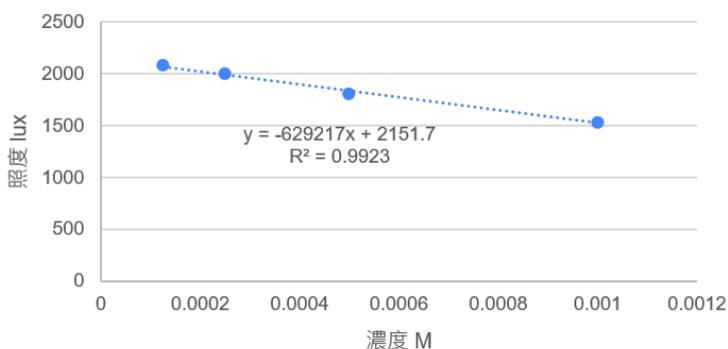
#### 第五週-平衡篇1(以比色法畫出 $I_3^-$ 檢量線)

(一)製作 $I_3^-$ 檢量線 (假設碘化鉀過量， $I_2$ 幾乎完全反應生成 $I_3^-$ )

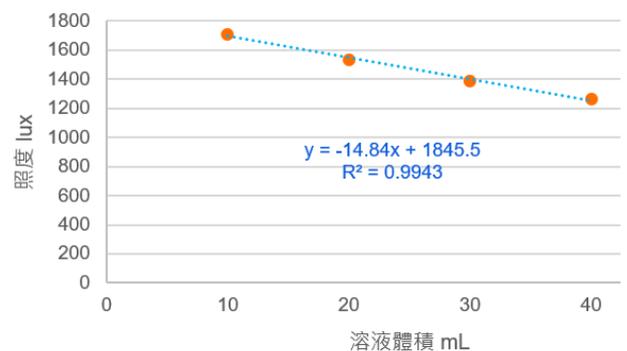
- 1.甲溶液: 取0.127克碘與1.66克碘化鉀溶於100mL水中，此溶液的 $[I_3^-]=0.005\text{ M}$ 。
2. 以0.1MKI稀釋甲溶液得到乙( $[I_3^-]=0.001\text{M}$ )、丙(0.0005M)、丁(0.00025M)、戊(0.0001M)溶液
- 3.以android手機或平板下載phyphox，打開光感測器，以50mL燒杯裝20mL 不同溶液，量測照度，並繪製成檢量線
- 4.以光感測器量測10mL、20mL、30mL、40mL乙溶液的照度，並繪製趨勢線



不同濃度碘溶液(0.1M KI)20 mL的溶液照度



溶液乙 溶液體積對照度的影響



#### 第六週-平衡篇2(以比色法求平衡常數)

(二)以比色法求 $I_3^- \rightarrow I_2 + I^-$ 的平衡常數

1. A溶液:取0.05克碘加入20mL水，超音波50 min後，過濾備用。
2. B溶液:取0.05克碘加入20mL 0.01 M KI(aq)，超音波50 min後，過濾後稀釋至60mL備用。
3. C溶液:取0.05克碘加入20mL 0.02 M KI(aq)，超音波50 min後，過濾後稀釋至60mL備用。
4. 分別取10mL A、B、C溶液，以微量滴管加 5 M KI 200 $\mu$ L(使[KI]=0.1M)混合均勻後，量測照度。
5. 以檢量線換算 $[I_3^-]+[I_2]$ ，並推算平衡常數K

	照度	檢量線換算濃度	I <sub>2</sub> +I <sub>3</sub> -濃度	初始KI	平衡I <sub>3</sub> -	平衡I <sub>2</sub>	平衡KI	K
A	1685	0.001182013	0.00118013					
1/3B	1409	0.002106194	0.006318581	0.01	0.005125271	0.00118013	0.004874729	890.9156273
1/3C	1156	0.002953359	0.008860077	0.02	0.007666767	0.00118013	0.012333233	526.7511815
							平均平衡常數	708.8334044

(三)以滴定法求 $I_2 + I^- \rightarrow I_3^-$ 的平衡常數

分別取A、B、C溶液(未稀釋) 加入適量水後以0.005 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>溶液滴定，紀錄用量並計算平衡常數

溶液		A	B	C
溶液體積		5	2	2
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 溶液的用量 (mL)	1	6.1	11.5	18.2
	2	5.9	11.1	17.8
	平均	6.0	11.3	18.0
[I <sub>2</sub> ]和[I <sub>3</sub> ]的總濃度 (M)		0.0012	0.00565	0.009
水溶液中碘的平衡濃度 (M)		0.0012	0.0012	0.0012
[I <sub>3</sub> ] (M)			0.00445	0.0078
碘化鉀溶液的初始濃度 (M)			0.01	0.02
[I <sup>-</sup> ] (M)			0.00555	0.0122
平衡常數 K			668.17	532.79

#### 四、論證與建模

- 1.以照度-濃度圖及照度-體積圖驗證比爾定律，並比較高低濃度、體積大小對相關係數有何影響。
- 2.以A、B、C三種溶液的顏色驗證勒沙特列原理。
- 3.計算 $I_2 + I^- \rightarrow I_3^-$ 的平衡常數並與文獻數值比較，討論誤差成因及實驗改良方法。

#### 第七週-自主探究大象牙膏

##### 一引起動機

- 1.回顧大象牙膏實驗，比較催化劑是MnO<sub>2</sub>或是KI的差別
- 2.回顧前六週實驗，讓同學了解可使用的科學方法及工具

##### 二、進入課程

- 1.各組討論自主探究的主題並規劃執行，只選1個主題及1個變因操作(例催化劑只做種類或只用)
- 2.策略說明與評量:
  - (1)可探討a.雙氧水自身氧還反應及氧化KI的反應比例 b.反應速率 c.反應熱 d.泡沫生成 e.催化劑 f.酵素動力學 g.其它
  - (2)定量方法 a.以比色法定量[I<sub>2</sub>] b.排水集氣法定量O<sub>2</sub> c.滴定法定量[H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] or [I<sub>2</sub>]。
  - (3)提醒同學整理實驗結果，拍照或錄影紀錄並做好報告投影片(需含小組分工表)，並在第8週上台報告

#### 第八週-發表與溝通

##### 一、進入課程

- 1.請同學聯結至google表單互評表，針對各組上台報告的
  - (1)探究內容 (2)投影片製作 (3)報告人員口條 給予評分及回饋
- 2.各組在課前先將投影片存在教室電腦，輪流上台報告，各組在報告最後敘說9週化學探究心得與反思。

二、結語:教師給予各組報告鼓勵與建議

#### 七、學習評量內容(共100%)

計量篇學習單20% + 速率篇實驗報告20% + 平衡篇實驗報告20% + 上台報告ppt(需附上小組分工表)40%

#### 參考資料

高中選修化學課本