

學習歷程

化學探究-秒錶實驗的實作與探索

國立新竹女子高級中學
二年十五班 19 號 張旻嫻

研究動機

在選修化學的課程中，老師為了讓我們更加了解各種變因，例如：濃度、溫度等，對於反應速率的影響，而設計了本次的秒表實驗。但是在最初的秒表實驗中，皆是以一級反應作為假設，這樣的假設可能會造成實驗的誤差，因此在延伸實驗中，將原本的計算式子取 \log 這樣就能計算出本次實驗真正的反應級數。

研究心得

這次因為實驗當天有事，所以在之後自己又補做了實驗並完成了報告，沒有人能夠分工，就必須從實驗的流程、做實驗，到最後的分析數據等，都必須清楚明白自己在做什麼。尤其是在分析數據的時候，不太熟悉 Excel 的我，需要一個一個在網路上查找，在實踐在我的報告上。一個人計算數據也讓我更加清楚每一筆數據從何而來，如何計算。在每一個實驗步驟都在自己的掌控之下，此次的實驗數據異常漂亮，也很謝謝老師願意給我一個補做的機會。

以下為繳交的報告

高二實驗—秒錶反應的探究 實驗報告

二年 15 班 第 9 組 座號姓名：19 張綺嫻

► 實驗所需之 A、B 與 C 液之成份分別如下表所示，已配製好並置於公用桌。請回答下列問題：

溶液	A	B	C
成份	$2 \times 10^{-2} \text{M}$ 碘酸根溶液	$8 \times 10^{-3} \text{M}$ 亞硫酸氫根溶液	硫酸與澱粉混合液

1. 分別取 A、B 與 C 液之體積以下列比例均勻混合，並記錄其變色時間

A 溶液體積 (mL)	B 溶液體積 (mL)	C 溶液體積 (mL)	水 (mL)	混合後 [HSO ₃ ⁻]	反應時間 (s)	$-\frac{\Delta[\text{HSO}_3^-]}{\Delta t}$ (M/s)
10	5	5	0	0.002	12.22	0.0001637
8	5	5	2		15.05	0.0001329
4	5	5	6		28.42	0.00007037

(1) 根據上述表格的實驗設計，其操縱變因為何：A 液的濃度

(2) 根據實驗數據，寫出反應速率對操縱變因之反應級數應為何？ 一級

(需列出計算過程，可用 Excel 進行運算)

$$y = 0.0156x + 8 \times 10^{-6}$$

$$R^2 = 1$$

(3) 根據運算結果，若取 A 液 6 mL、B 液 5 ml、C 液 5 mL 與水 4 mL 均勻混合反應，預測反應時間應為何？（需寫下你推測的過程）

$$[\text{A}] = 0.006$$

$$r = 0.0156 \times 0.006 + 8 \times 10^{-6} = 0.0001016$$

$$[\text{B}] = 0.002$$

$$0.002 / 0.0001016 = 19.7 \text{ (s)}$$

(4) 按照第(3)小題之比例，其變色時間 **19.9** 秒，與預期 **是** 相符。(請圈選)

可能的原因是：

量筒燒杯等有洗乾淨

計時精準

溶液調配比例精準等

2. 分別取 A、B 與 C 液之體積以下列比例均勻混合，並記錄其變色時間

A 溶液體積 (mL)	B 溶液體積 (mL)	C 溶液體積 (mL)	水 (mL)	混合後 [HSO ₃ ⁻]	反應時間 (s)	$-\frac{\Delta[HSO_3^-]}{\Delta t}$ (M/s)
10	5	5	0	0.002	12.32	0.00016
10	4	5	1	0.0016	14.17	0.00011
10	2	5	3	0.0008	22.6	0.000035

(1) 根據上述表格的實驗設計，其操縱變因為何：B 液的濃度

(2) 根據實驗數據，寫出反應速率對操縱變因之反應級數應為何？一級

(需列出計算過程，可用 Excel 進行運算)

$$y = 0.1045x - 5E-05$$

$$R^2 = 0.996$$

(3) 根據運算結果，若取 A 液 10 mL、B 液 3 mL、C 液 5 mL 與水 2 mL 均勻混合反應，預測反應時間應為何？（需寫下你推測的過程）

$$[B]=0.0012$$

$$r=0.1045*0.0012 - 0.00005=0.0000745$$

$$0.0012/0.0000745=16.1 \text{ (s)}$$

(4) 按照第(3)小題之比例，其變色時間 **17** 秒，與預期 **不是** 相符。(請圈選)

可能的原因是：

量筒燒杯等沒有洗乾淨

計時不精準

溶液調配比例有誤差

前面假設地此反應為一級，假設錯誤等

➤ 反應級數推定

假設某一反應的化學反應式為 $A \rightarrow P$ ，則速率定律式可以式一表示：

$$r = k [A]^n \quad \text{式一}$$

$$\log \log r = \log \log k + n \log \log [A] \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{式二}$$

根據式二，將反應速率的對數值對反應物 A 濃度的對數值作圖，即可從斜率中推得反應級數。

(1) 請根據反應級數推定的方法，計算第一部分與第二部分的反應級數。

第一部分、碘酸根濃度對反應速率的影響

反應速率(M/s)

反應速率對A濃度(取log)

$y = 0.9202x - 1.9462$
 $R^2 = 1$

logA

logA	反應速率(M/s)
-2.4	-4.15
-2.25	-4.0
-2.1	-3.85
-2.05	-3.75

碘酸根的反應級數為： 0.9202

第二部分、亞硫酸氫根濃度對反應速率的影響

反應速率(M/s)

反應速率對B濃度(log)

$y = 1.6648x + 0.7054$
 $R^2 = 1$

logB

logB	反應速率(M/s)
-3.1	-4.5
-2.95	-4.2
-2.8	-4.0
-2.7	-3.8

亞硫酸氫根的反應級數為：1.6648

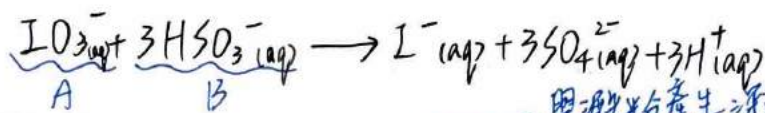
(2) 根據上圖再次預測變色時間，並解釋你的結果是否符合預期

第一部分、碘酸根濃度對反應速率的影響	第二部分、亞硫酸氫根濃度對反應速率的影響
<p>計算</p> <p>$\log[A]=-2.222$</p> <p>帶入函數</p> <p>$0.9202*(-2.222) - 1.9462=-3.990884$</p> <p>$r=10^{-3.990884}=0.000102$</p> <p>$[B]=0.002$</p> <p>$0.002/0.000102=19.6$</p> <p>預測時間：19.6s</p> <p>實際實驗結果:19.9s</p> <p>是否符合預期？<input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否</p> <p>可能的原因：</p> <p>量筒燒杯等有洗乾淨</p> <p>計時精準</p> <p>溶液調配比例精準等</p>	<p>計算</p> <p>$\log[B]=-2.921$</p> <p>$1.6648*(-2.921)+ 0.7054=-4.15748$</p> <p>$r=10^{-4.15748}=0.0000696$</p> <p>$[B]=0.0012$</p> <p>$0.0012/0.0000696=17.2$</p> <p>預測時間：17.2s</p> <p>實際實驗結果:17s</p> <p>是否符合預期？<input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否</p> <p>可能的原因：</p> <p>量筒燒杯等有洗乾淨</p> <p>計時精準</p> <p>溶液調配比例精準等</p>

高二實驗—秒錶反應 實驗報告

組別：9 215班19號 姓名：張瑞燦

- 實驗目的：利用顏色出現時間來測量反應速率，並觀察「濃度」、「溫度」對反應速率的影響。
- 請寫出本次實驗相關的化學反應式，並指出若要使反應順利進行，其反應物間的化學計量關係為何？



要過量： $\therefore \text{HSO}_3^-$ 為限量試劑 $\Rightarrow \frac{\text{IO}_3^- \text{ mol 數}}{\text{HSO}_3^- \text{ mol 數}} > \frac{1}{3}$

* A from



B from



三、請以流程圖簡述本次的實驗步驟：

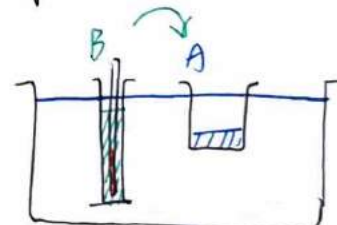
反應濃度對速率影響

- 使用量筒取10ml的A(n=1,2,3,4,5)，將此溶液倒入50ml燒杯
- 打開加熱板攪拌功能，開始攪拌A，使用量筒取10ml B，將此溶液倒入裝有A的50ml燒杯中，立即按下碼錶。當溶液變藍時，立即將碼錶按停，並記錄時間



溫度對速率之影響

- 以量筒量取10ml的溶液的A倒入50ml燒杯及以量筒量取10ml的溶液B，倒入乾淨的試管中。將燒杯及試管放管放入冰浴中靜置數分鐘。
- 待溶液的溫度到達適當溫度。開啟加熱板攪拌功能，將試管中的溶液倒入燒杯，並立即按下碼錶，使混合均勻，記錄溶液變藍所需時間



四、請寫出本次實驗操作的注意事項：

- 廢液需倒回收筒
- 攪拌子實驗結束後需繳回
- 離開實驗室前需讓老師檢查實驗數據



五、請以其他顏色的筆在上流程圖標示實際實驗與預習報告撰寫之不同處：

我用 色標示。(填寫顏色)

六、請寫下你的實驗觀察與心得：

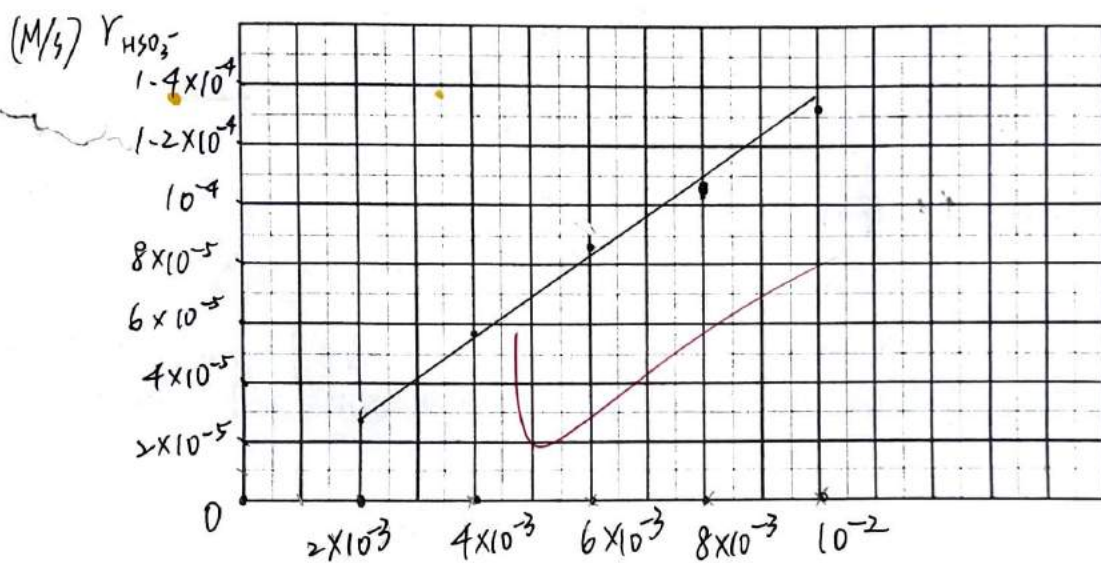
在反應濃度對速率的影響中，可以明顯發現隨著反應濃度愈低，反應時間便愈長，反應速率愈低。而在溫度對速率之影響變因中溫度較低的一組反應時間較溫度高的來的長，反應速率也較低。而當我們畫出反應濃度對速率影響的關係圖時可以發現呈現近斜直線，相當的漂亮。

七、實驗結果：

1. A 溶液($[\text{IO}_3^-]$)初濃度： 2×10^{-2} M, B 溶液($[\text{HSO}_3^-]$)初濃度： 4×10^{-3} M。

2. 濃度對反應速率的影響：請完成下列表格，並以反應物濃度為橫軸，反應速率為縱軸進行繪圖。

A 試管編號	$V_{\text{IO}_3^-}$ (mL)	V_* (mL)	A+B 混合後 $[\text{IO}_3^-]$ (M)	B 試管編號	A+B 混合後 $[\text{HSO}_3^-]$ (M)	反應時間 ^② (s)	HSO_3^- 反應速率 ^① (M/s)
A1	10	0	10^{-2}	B	2×10^{-3}	15	1.33×10^{-4}
A2	8	2	$2 \times 10^{-2} \times \frac{8}{10} = 1.6 \times 10^{-2}$	B	2×10^{-3}	19	1.05×10^{-4}
A3	6	4	6×10^{-3}	B	2×10^{-3}	24.5	8.6×10^{-5}
A4	4	6	4×10^{-3}	B	2×10^{-3}	35	5.71×10^{-5}
A5	2	8	2×10^{-3}	B	2×10^{-3}	75	2.66×10^{-5}



大概什麼倒入廢液中會從藍色變成透明？
因為碘和澱粉的錯離子加入 NaOH(aq) 中會被還原回透明。
 $\text{I}_2 + 6\text{NaOH} \rightarrow 3\text{NaI} + 3\text{NaIO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

$$R^2 = 0.998$$

A+B 混合後
反應物 A 之濃度

3. 溫度對反應速率的影響：請完成下列表格。

A 試管編號	A+B 混合後 $[\text{IO}_3^-]$ (M)	B 試管編號	A+B 混合後 $[\text{HSO}_3^-]$ (M)	溫度 (°C)	反應時間 (s)	HSO_3^- 反應速率 (M/s)
A1	10^{-2}	B	2×10^{-3}	26.9	15	1.33×10^{-4}
A1	10^{-2}	B	2×10^{-3}	5.5	26	7.69×10^{-5}

→ 用上面的

實驗紀錄

八、問題討論：

1. 依據你的實驗結果，試著分析濃度與溫度分別對於反應速率的影響。(可以定性或定量分析)

在探討濃度對速率影響的實驗中由上表可以推測 $\gamma_{\text{HSO}_3^-}$ 應與 A+B 混合後 A 的濃度一次方成正比。而在探討溫度對速率影響的實驗中，因為實驗組數不足所以僅能看出溫度較高者反應速率較快。

2. 假設本次實驗對碘酸鉀為一級反應，請評估你的實驗結果是否誤差很大？寫出至少三個造成誤差的因素，並判斷哪個因素可能造成最大的影響？為什麼？

我覺得我們這組的實驗誤差算小，而產生誤差的原因可能有量筒內殘留的溶液的濃度配製有誤差，還有攪拌速度的不同、反應容器沒洗乾淨，都可能造成誤差，而我認為造成我們這組誤差最大的原因應該是攪拌速度，因為我們的攪拌器無法調節一定的速率，不攪拌會導致液體噴濺，所以只能盡量每次調得一樣。