高教深耕計畫教學活動記錄表

1.授課教師姓名：張玉珍　　職稱：教授　　單位：化學系

2.課程名稱：分析化學實驗　開課年級：二年級　　■必修　□選修

3.任教學期：□111 學年度第二學期　■112 學年度第一學期

4.課程類別：□問題導向的教學 ■探究導向的教學 □開發新的教學方法及評量工具

5.修課人數：41 人

6.教學概述及成效

（1）教學目標

透過同學實際操作實驗的過程，了解實驗原理及學科知識，並且融會貫通於日常生活，實驗設計成由簡入深，從最基本的校正到滴定再拓展至日常生活中水質的硬度測定。

（2）教學過程

藉由每周在分析化學課堂上學習的內容，搭配特定的實驗，結合上課所學，讓學生能實時與知識、實作作連結，並搭配實驗手冊，讓學生了解在實際應用的情況下可用於何處。此活動設計是根據探究導向設計的，必須引導學生進行探究與問題解決，從實驗結果中主動地積極探索，使創新能力根植於扎實的跨域知識和思考。

（3）評量方式

同學在閱讀完實驗手冊後首先會對其內容進行統整並製作出一份實驗預報，待實際操作實驗結束後，針對實驗結果與預期結果及理論結果作探討，並回答實驗的問題與討論，製作出一份實驗結果報告，由內容可知個別學生的學習情況，並可針對不足的部分做滾動式調整。

（4）學生學習成效

本學期的分析化學實驗課程內容相當扎實，是將分析化學課堂中所學到的理論實際應用在探究的問題上。本活動訓練學生能夠對於分析設備進行正確的操作與操作完實驗後需要針對實驗數據進行整理與分析，是一套相當完整的訓練。在此活動中，不僅使化學系的學生具備化學專業能力更培養出學生具有獨立操作實驗的能力。

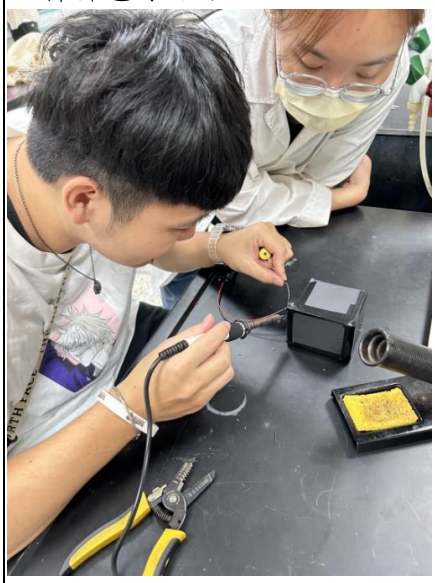
7.教學反思和評估

本學期的實驗課程讓學生打下實驗操作基礎，能夠從分析化學課堂中所學到的知識，實際應用到分析化學實驗課堂中，以課程進度搭配實驗的操作，使學生能夠徹底了解實驗的原理。在實驗過程中會有與實驗理論不符的情況，此時藉由問題討論及實驗結果探討，引導學生進行思考，並能夠將理論與誤差的來源做統整，也強化了學生搜尋資訊及統整知識的能力。

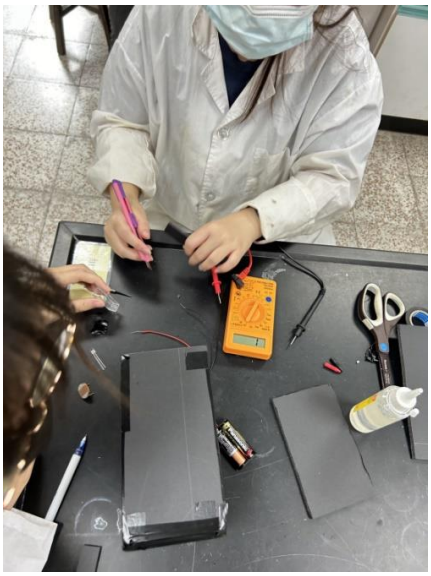
8.教學照片（4-6 張，附圖說）

▲稀釋色素溶液

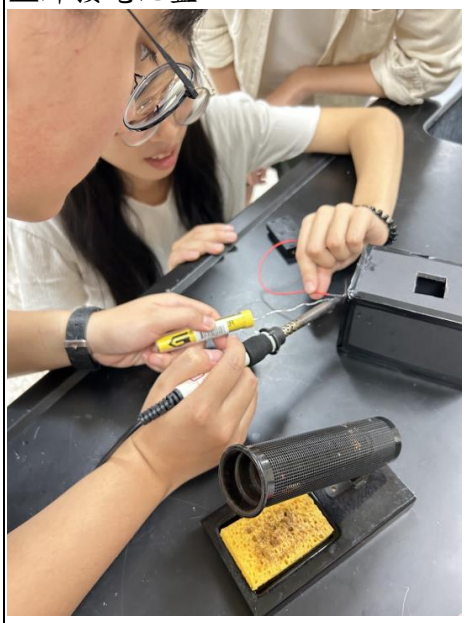
▲測試自製光譜儀



▲焊接電池盒



▲自製光譜儀製作



▲焊接電池盒

分析化學- 問題導向學習單

年級	物理四	學號	410933004	姓名	陳怡達

問題

1.實驗的目的為何？ 1.學習重量分析法 2.利用沉澱反應測定溶液中某離子的含量
2.你想要回答的問題是什麼？ 在一溶液中硫酸根離子的含量有多少?

解決問題的方法

利用沉澱反應，使溶液中的硫酸根離子沉澱，過濾取得固體，推算大概有多少硫酸根離子在溶液中。

器材

列出所需用到的器材、工具
1.500ml 燒杯兩個 2.100ml 量筒 3. 側管錐形瓶 4. 抽氣過濾裝置 5. 玻璃棒 6. 溫度計與夾 7. 蒸發皿兩個 8. 250ml 燒杯一個 9. 安全吸球 10. 布式漏斗 11. 濾紙數片 12. 加熱攪拌器 13. 棉質手套 14. 玻璃滴管與乳帽 1 組

變因

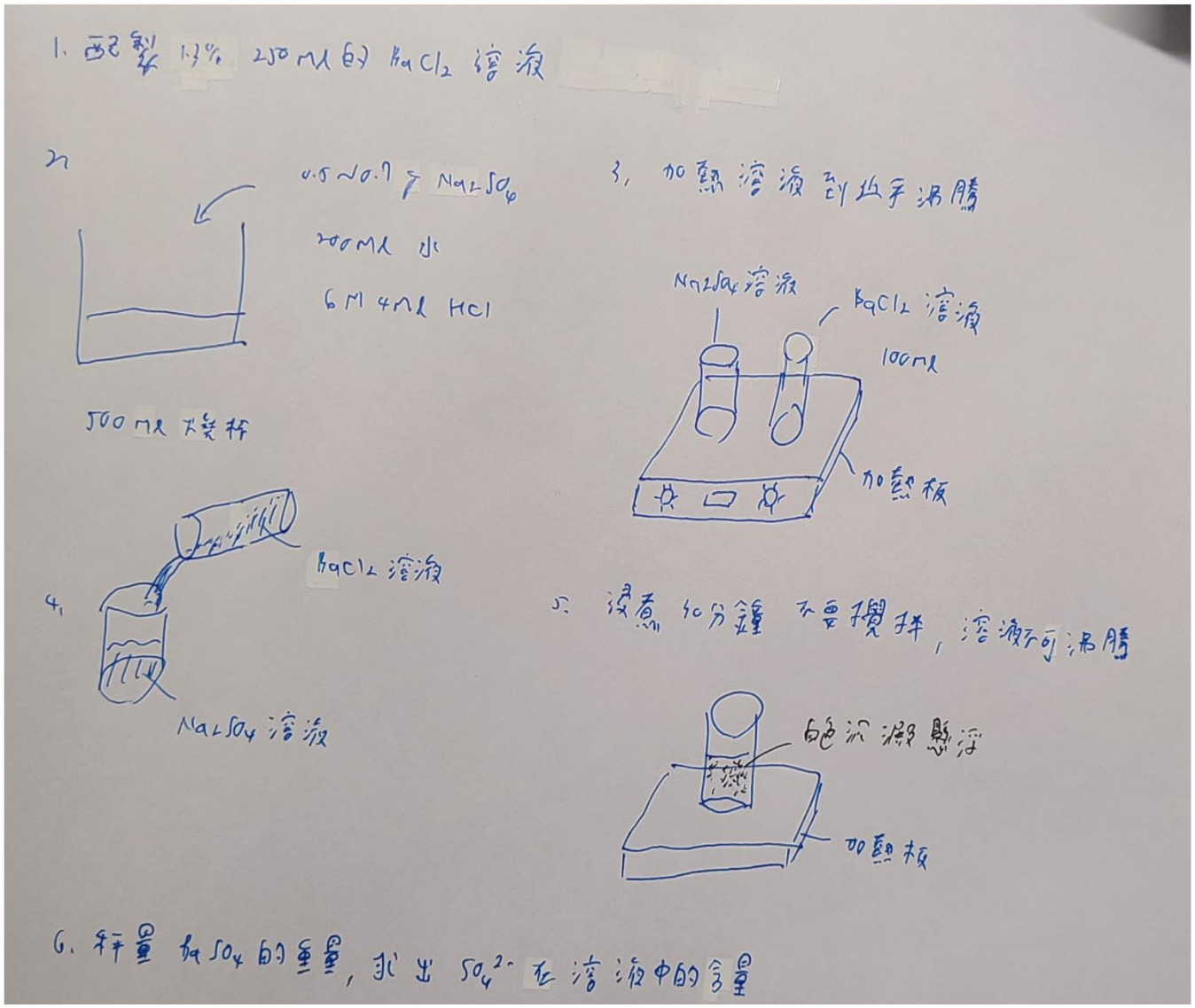
1.列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？
操縱變因:浸煮時間的長短 應變變因:收集到結晶的多寡(形成結晶的大小)
控制變因: 秤取的硫酸鈉的多寡、加入的氯化鋇溶液的濃度、
2.列出相關變因的操縱型定義。
收集到的固體重量
利用天平先記錄蒸發皿與濾紙的重量，濾紙過濾固體後再秤量，質量差為收集到的固體重量

研究方法

請描述實驗原理
重量分析法是將溶液中想分析的物質轉變為一已知的物體，秤其重量來推算分析物含量。常見使用沉澱法來分析一溶液中的某離子多寡，讓分析物與某些金屬反應生成難溶固體，此固體的 Ksp 要很小，秤其重量來反推離子在某溶液中的含量，例如:若要知道某溶液中氯離子、溴離子、碘離子的含量，可以加入鉛、銀形成沉澱；若想知道某溶液中硫酸根離子的含量，可以加入鈣、鍶、鋇、鉛形成沉澱，本實驗是讓硫酸根跟鋇反應產生硫酸鋇沉澱。
Relative supersaturation= Q-S/S， Q 為在任意時候的溶液濃度，S 為平衡時的溶解度，在 Relative supersaturation 的數值是大的時，容易產生膠體沉澱，顆粒很小無法被過濾，如果數值是小的時候則產生晶狀沉澱，在實驗時傾向讓數值是小的，透過增加溫度讓 S 變大，以及使用稀釋溶液讓 Q 變小，慢慢加入沉澱劑並攪拌讓 Q 變小有助於 形成大的顆粒沉澱。

鋇離子容易與其他離子產生共沉澱，且預防其他離子進入硫酸鋇晶格，使用浸煮法來能產生大顆的固體沉澱和預防上面所述情況發生。

研究步驟



實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)

實驗結果與討論

如何處理數據

第一次數據

秤量 0.371g 的硫酸鈉 硫酸鈉莫爾數= 0.371/142.024=2.61x 10^{-3} mol

硫酸鈉中的硫酸根離子有 2.61x 10^{-3} mol ，有 2.61x 10^{-3} x (142.024-46) = 0.251 g

理論硫酸根離子的含量百分比為 0.251/0.371 x 100% = 67.7%

產物紀錄

沉澱物重量 0.32g 硫酸鋇莫爾數= 0.32/233.38 = 1.37x 10^{-3} mol

硫酸鋇中的硫酸根離子莫爾數為 1.37x 10^{-3} mol，重量為 1.37x 10^{-3} x 96.04 = 0.132g

硫酸根離子占硫酸鋇的含量= 0.132/0.32 x100%=41.3%

第二次數據

秤量 0.347g 的硫酸鈉 硫酸鈉莫爾數= 0.347/142.024=2.44x 10^{-3} mol

硫酸鈉中的硫酸根離子有 2.44x 10^{-3} mol ，有 2.44x 10^{-3} x (142.024-46) = 0.234 g

理論硫酸根離子的含量百分比為 0.234/0.347 x 100% = 67.4%

產物紀錄

沉澱物重量 0.579g 硫酸鋇莫爾數= 0.579/233.38 = 2.48x 10^{-3} mol

硫酸鋇中的硫酸根離子莫爾數為 2.48x 10^{-3} mol，重量為 2.48x 10^{-3} x 96.04 = 0.238g

硫酸根離子占硫酸鋇的含量= 0.238/0.579 x100%=41.1%

平均含量百分比為 (41.1+41.3)/2 = 41.2%

硫酸鈉平均重量= (0.371+0.347)/2 = 0.359 硫酸鋇平均重量= (0.132+0.238)/2 = 0.185

未知硫酸鈉樣品的純度為 0.185/0.359 x 100% = 51.5%

兩次實驗有發現到收集到的固體的量有些差距，可能與固體的大小有關，第一次實驗時無法完全過濾固體，過濾多次溶液內依舊有白色懸浮的固體顆粒，第二次時大部分的固體都有過濾出來，第二次實驗時有多讓浸煮的時間增加一些，看來有所差別。

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

這次的實驗結果能支持原先的假設。第二次的實驗浸煮比較久的時間，獲得的固體的量也比第一次多，第一次的實驗時，過濾固體時過濾好幾次依舊發現有白色沉澱在液體裡無法過濾出來，第二次實驗時幾乎所有的固體都有過濾出來，可以發現浸煮較久越能讓固體形成。

反思

由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等

在這次實驗中學到了如何用沉澱法來檢測溶液內的某個離子的含量，此方法很實用，在日常生活中可以測定在某地區水樣中重金屬的含量。

在這次實驗中也了解到浸煮的重要性，能減少成核效應，增加形成大顆固體的機會，也了解到增加溫度並不要攪拌能夠產生大的固體，更能透過抽氣過濾裝置將固體過濾出來，如果固體太小，固體會穿過濾紙無法被過濾掉。

年級	化二	學號	411132028 411132031	姓名	游宇倫 陳士庭

問題

測定溶液中硫酸根離子的含量

以重量分析法描述之

解決問題的方法

用重量分析法分析,詳細分析結果如下

1. 找到一可與硫酸根離子產生沉澱的沉澱劑，本實驗為鋇離子
2. 將氯化鋇固體溶於水產生鋇離子
3. 硫酸鋇屬於晶體狀，沉澱但顆粒較小，不易過濾改用澄清的氯液洗滌直到沒有氯離子的存在
4. 另外硫酸鋇容易和其他離子產生共沉澱，因此將使用於稀薄溶液中浸煮處理
5. 將樣品放入烘箱中烘乾後，等待稱重透過沉澱物重量分析

器材

1. 500ml 燒杯 2 個
2. 100ml 量筒
3. 測管錐形瓶
4. 抽氣過濾裝置
5. 玻璃棒
6. 溫度計及夾
7. 蒸發皿兩個
8. 250 燒杯 1 個
9. 安全吸球
10. 布氏漏斗
11. 濾紙數片
12. 加熱攪拌器
13. 棉質手套
14. 玻璃滴管和乳帽 1 組

變因

操作變因:溶液中硫酸根的濃度 加入氯化鋇溶液的量

因變變因:硫酸鹽類的沉澱量

控制變因:樣品預熱溫度 加入氯化鋇溶液的濃度

操縱型定義:改變取硫酸納樣品的質量(範圍:0.5~0.7 克

研究方法

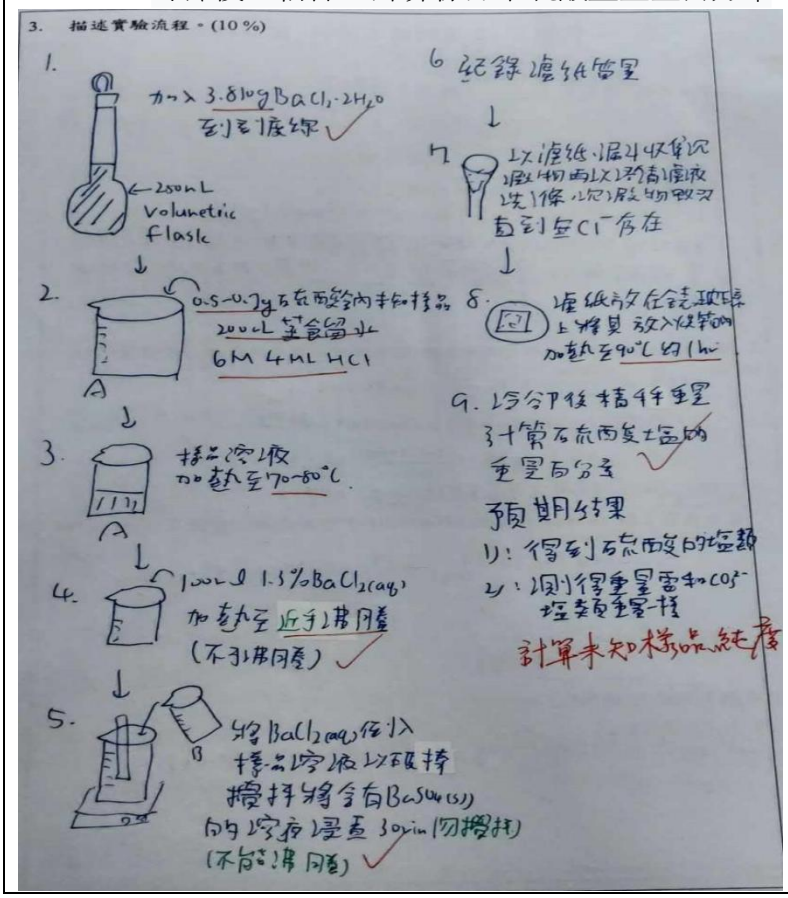
本實驗用重量分析法,因為實驗中溶液含有硫酸根離子,可以用鋇離作為沉澱劑與樣品中硫酸根離子產生硫酸鋇沉澱

研究步驟

A. 配置藥品:1.1.3%250 ml 氯化鋇溶液 2. 硫酸鈉溶液

B. 硫酸根離子定量

1. 精秤並記錄約 0.5-0.7 硫酸鈉重量(實取)
2. 樣品+200 ml 蒸餾水+6M 4ml 鹽酸置入 500 ml 燒杯
3. 步驟 2 預熱 70-80 度
4. 加熱至近沸騰(1.3%250 ml 氯化鋇溶液)
5. 氯化鋇溶液倒入樣品溶液，玻棒攪拌
6. 含硫酸鋇沉澱溶液浸煮 30 分鐘(勿攪拌，注意不能沸騰)
7. 記錄濾紙重量，將步驟 6 溶液過濾(濾紙+漏斗)。收集沉澱物，以過濾後之澄清濾液洗滌沉澱物數次(至濾液澄清)
8. 濾紙摺放蒸發皿上，其放入烘箱(緩慢加熱至 90 度，約一小時)
9. 冷卻後，精秤並計算樣品中硫酸鹽重量百分率



實驗結果與討論

產物紀錄		第一次	第二次
(~~錶玻璃~~ 蒸發皿+濾紙)重（克）		55.253	77.814
(錶玻璃+濾紙)及沉澱物的重量（克）		55.992	78.637
沉澱物的重量（克）		0.739	0.823
硫酸鋇	莫耳數（莫耳）	0.0032	0.0035
	計算過程	$\frac{0.739}{233.38}=0.0032$	$\frac{0.823}{233.38}=0.0035$
硫酸鋇中硫酸根離子	莫耳數	0.0032	0.0035
	計算過程	$Ba^{2+}+SO_4^{2-}\rightarrow BaSO_4(s)$ 0.0032 0.0032 0.0032	$Ba^{2+}+SO_4^{2-}\rightarrow BaSO_4(s)$ 0.0035 0.0035 0.0035
	重量（克）	0.307	0.336
	計算過程	$0.0032\times96.062=0.307$	$0.0035\times96.062=0.336$
	含量百分比（百分率）	61.4%	67.2%
	計算過程	$\frac{0.307}{0.500}\times100\%=61.4\%$	$\frac{0.336}{0.500}\times100\%=67.2\%$
	平均含量百分比（百分率）	64.3%	
	計算過程	$(61.4\%+67.2\%)/2=64.3\%$	
硫酸根離子	硫酸鈉中重量	0.338	0.338
	平均重量	0.338	
	硫酸鋇中重量	0.307	0.336
	平均重量	0.322	
	未知硫酸鈉樣品的純度（以重量百分率表示）	$\frac{0.322}{0.338}\times100\%=95.2\%$	

紀錄項目		數據與觀察紀錄	
反應物紀錄		第一次	第二次
取用硫酸鈉的重量（克）		0.500	0.500
硫酸鈉	莫耳數（莫耳）	0.0035	0.0035
	計算過程	$\frac{0.500}{142.04}$	$\frac{0.500}{142.04}$
硫酸鈉中硫酸根離子	莫耳數（莫耳）	0.0035	0.0035
	重量（克）	0.338	0.338
	計算過程	0.0035×96.602	0.0035×96.602
理論硫酸根離子含量百分比（百分率）		67.3%	67.3%
計算過程		$\frac{0.338}{0.500}\times100\%$	$\frac{0.338}{0.500}\times100\%$

1. 沉澱物的重量

→ (錶玻璃+濾紙)+沉澱物的重量 − (錶玻璃+濾紙)

= 沉澱物的重量 令為 x

$\frac{x}{233.38}$ = 硫酸鋇的mole數

= 硫酸根的mole數

$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons BaSO_4$

$-\frac{x}{233.38}$ $-\frac{x}{233.38}$ $+\frac{x}{233.38}$

重量為 $\frac{x}{233.38} \times 96.06 = \frac{96.06x}{233.38}$ (g)

$\frac{\frac{96.06}{233.38}x}{x} \times 100\%$ → 硫酸根離子含量 (在 $BaSO_4$ 中)

→ 硫酸根離子

$\frac{\text{硫酸鋇重}}{\text{硫酸鈉重}} \times 100\%$ → 純度

結論

支持

在此實驗中理論上硫酸根離子純度含量百分率為百分之百,而我們實驗做出來的結果為百分之 95.2 誤差為 4.8 個百分點,是可以支持此實驗方法的,而少的重量原因推測如下

1. 在取出布氏漏斗時濾紙不慎將一些沉澱物漏出
2. 在將硫酸鈉溶液與氯化鋇溶液進行混合時，沒有攪拌均勻，導致沉澱不完全，而讓秤重時重量變輕
3. 在進行抽風過濾時，無法完全將燒杯溶液倒入布氏漏斗進行抽氣過濾，因為其杯壁尚有殘餘的溶液

反思

對於此實驗最後加熱的部分,當時我們組在做的時候到了過濾的環節,為了避免掉會因為沉澱物跑出濾紙而無法秤重,而我們的想法是把沉澱物和溶液完全倒入不鏽鋼當中直接拿去加熱,會這麼做的原因是因為我們每次拿去烘箱烤(不限定這次實驗)結果烤完的結果是東西拿出來,熱的而且去定重,連續幾次重量也沒有變,但是濾紙摸起來就是九水分的感覺,而如果直接拿不鏽鋼加熱可以加熱到水份完全整個蒸乾,會覺得這樣子比起拿去烘箱來的準確

那此實驗也讓我學以致用分析課本裡面的重量分析法,對於這個方法會了解更多,而且親自做實驗才知道,原文書幾行字,感覺簡單的方法,原來就要花不少時間

年級	二年級	學號	411132017 411132032 411132033	姓名	柯咏妤 郭敍翎 曹乙芳

問題

1.實驗的目的為何？利用重量分析法測定溶液中硫酸根離子的含量。

2.你想要回答的問題是什麼？本實驗結果若誤差為正，請說明可能是哪些原因造成？

解決問題的方法

1. 在進行抽氣過濾，濾液倒進布氏漏斗時一次倒入太多、太快，對濾紙衝擊力太大，造成濾紙有破洞的情形，進而導致我們想要的沉澱物流入濾紙中，讓秤得的重量減少。

2. 在浸煮溶液時，可能煮的時間不夠長，導致化合物沈澱不夠完全，或者是沈澱的顆粒不夠大，造成我們想要的沉澱物還停留在溶液中未形成固體，因而流失重量。

3. 沉澱物可能停留在布氏漏斗、錐形瓶壁、燒杯底部等等，因肉眼無法分辨而忽略了這些殘留。

4. 用濾液回沖沉澱物的次數不夠多濾液，雖然可能大部分有沉澱出來，但因少部分沈澱物顆粒太小而通過濾紙空隙，未被完全過濾出來，以致濾液最後的顏色不夠澄清。

器材

列出所需用到的器材、工具

器材

一、100 毫升定量瓶
二、125 毫升錐形瓶四個
三、50 毫升量筒
四、2 毫升吸量管
五、安全吸球
六、滴定管
七、滴定管架（滴定管夾、鐵架）
八、玻璃漏斗

藥品

一、氫氧化鈉
二、鄰苯二甲酸氫鉀 KHP
三、酚酞指示劑
四、食醋

注意事項:KHP110 度烘箱中乾燥兩小時 氫氧化鈉 50 度烘箱乾燥兩小時

變因

1.列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？

操縱變因：為了知道不同因素對實驗結果的影響，設定只有一個變數，在本實驗的操縱變因硫酸鈉取用克數。

應變變因：指隨著操縱變因而改變的實驗結果，在本實驗的應變變因是隨著浸煮時間不同，沉澱物顆粒大小影響過濾效率及收集到的沉澱物重量

控制變因：實驗中要控制不變的條件。

在本實驗的控制變因是使用相同的樣品，操作程序方面是加入氯化鋇要加到完全反應。

2.列出相關變因的操縱型定義。

有用到的是質量(g)、分子量(g/mole)、體積(ml) 等單位。

我們可以透過改變硫酸鈉取用克數來改變操縱便因，進而得到不同的實驗結果。

研究方法

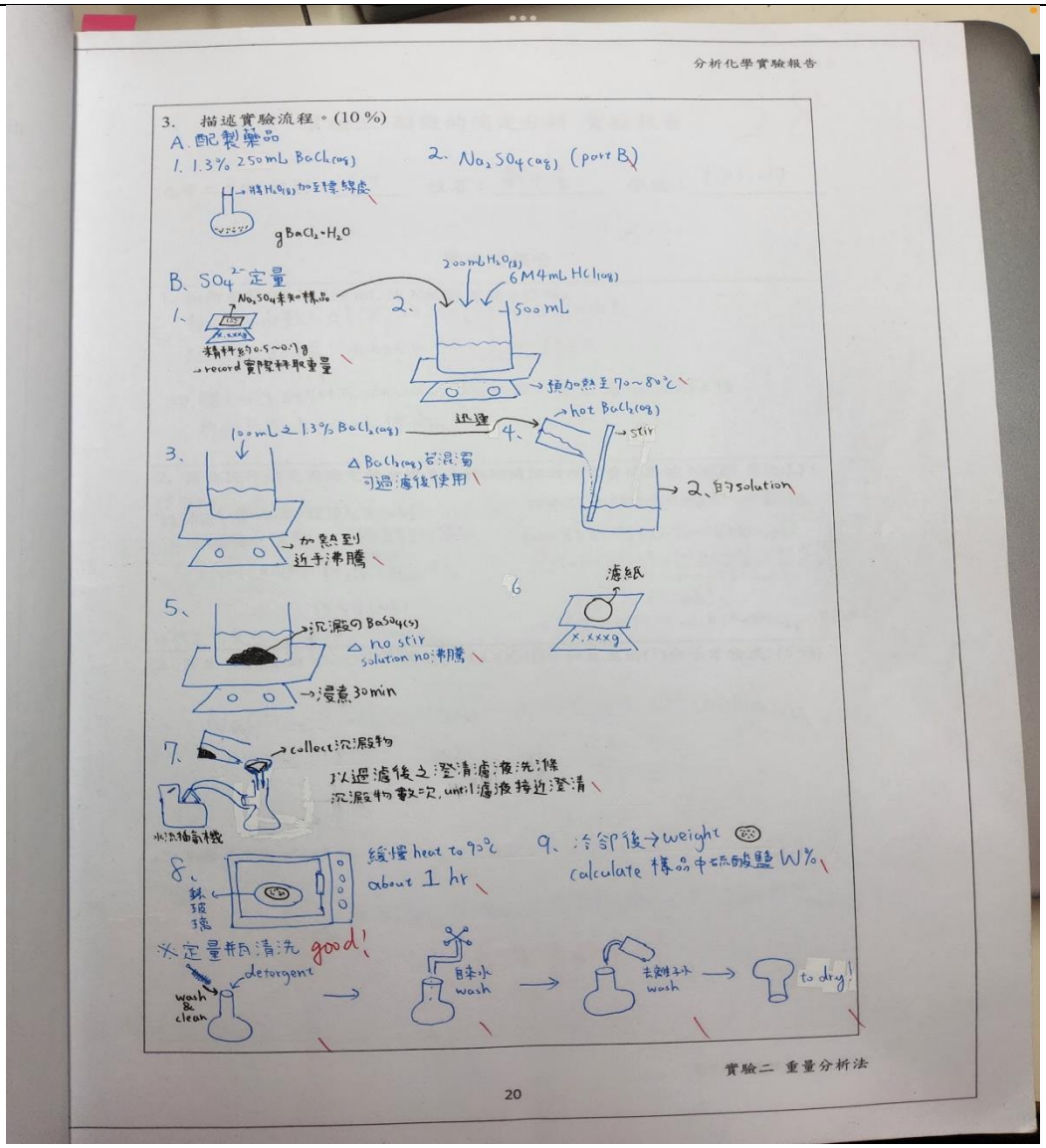
請描述實驗原理

重量分析法是將溶液中的分析物轉變為一已知組成的固體，將分析物和沉澱劑混合，會得到難溶性的化合物，，藉沉澱物種可以反推原始分析物重。形成沉澱的要素是此化合物的溶解度積要很小。若分析樣品為硫酸根離子，可用鋇離子作為沉澱劑。

$Ba^{2+}+SO_4 \rightarrow BaSO_{4(aq)}$

研究步驟

實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)



實驗結果與討論

如何處理數據

一、 實驗步驟與紀錄

（一）進行內容與執行

項次	進行內容	自己	組員	共同
1	精秤硫酸鈉。			✓
2	以鹽酸溶解樣品。			✓
3	將樣品溶液加熱。			✓
4	加入氯化鋇溶液。			✓

（二）紀錄 (10 %)

紀錄項目		數據與觀察紀錄	
反應物紀錄		第一次	第二次
取用硫酸鈉的重量（克）		0.678	0.590
硫酸鈉	莫耳數（莫耳）	0.005	0.004
	計算過程	$\frac{0.678}{142.04}=0.005$	$\frac{0.590}{142.04}=0.004$
硫酸鈉中硫酸根離子	莫耳數（莫耳）	0.005	0.004
	重量（克）	0.480	0.384
	計算過程	$0.005\times96.06=0.480$	$0.004\times96.06=0.384$
理論硫酸根離子含量百分比（百分率）		70.796	65.085
計算過程		$\frac{0.480}{0.678}\times100\%=70.796\%$	$\frac{0.384}{0.590}\times100\%=65.085\%$

—2

產物紀錄		第一次	第二次
(錶玻璃+濾紙)重（克）		65.967	67.815
(錶玻璃+濾紙)及沉澱物的重量（克）		67.646	69.037
沉澱物的重量 （克）		1.679	1.222
硫酸鋇	莫耳數（莫耳）	0.007	0.005
	計算過程	$1.679\div233.38=0.007$	$1.222\div233.38=0.005$
硫酸鋇中硫酸根離子	莫耳數(莫耳)	0.007	0.005
	計算過程	$n_{BaSO_4}=n_{SO_4^{2-}}=0.007$	$n_{BaSO_4}=n_{SO_4^{2-}}=0.005$
	重量（克）	0.672	0.480
	計算過程	$0.007\times96.06=0.672$	$0.005\times96.06=0.480$
	含量百分比（百分率）	40.024	39.280
	計算過程	$\frac{0.672}{1.679}\times100\%=40.024\%$	$\frac{0.480}{1.222}\times100\%=39.280\%$
	平均含量百分比（百分率）	39.652	
	計算過程	$(40.024\%+39.280\%)\div2=39.652\%$	
硫酸根離子	硫酸鈉中重量(克)	0.480	0.384
	平均重量(克)	0.432	
	硫酸鋇中重量(克)	0.672	0.480
	平均重量(克)	0.576	
	未知硫酸鈉樣品的純度(以重量百分率表示)	$1Ba^{2+}_{(aq)}+1SO_4^{2-}{}_{(aq)}\rightarrow1BaSO_{4(s)}$ $2Na^{+}_{(aq)}+1SO_4^{2-}{}_{(aq)}\rightarrow1Na_2SO_4$ $\rightarrow n_{BaSO_4}=n_{SO_4^{2-}}=n_{Na_2SO_4}$	$0.576\times\frac{142.04}{96.06}=0.852$ $\frac{0.678+0.590}{2}=0.634$ $\frac{0.852}{0.634}\times100\%=134.385\%$

7

先取適量硫酸鈉配置為溶液，可計算裡面含的硫酸根離子含量；在使其與氯化鋇溶液反應會得到硫酸鋇的沉澱；在氯化鋇過量的條件下，理論上所有的硫酸根會被消耗殆盡，所以會有一個理論產量，但實驗結果往往存在誤差，將實驗產量除以理論產量再乘以 100%即為產率。

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

我們的實驗結果誤差為正，誤差原因可能如下:

1. 可能是在進行抽氣過濾時有些不溶於水或顆粒較大的雜質未通過濾紙，反而跟著 BaS04 一起停留在濾紙上。
2. 硫酸跟離子可能跟雜質中其他離子結合，產生其他沉澱物而停留在濾紙上。
3. 濾紙放置在烘箱的時間可能還需要更久，才可讓濾紙上的水分完全蒸發，所以在秤重時可能還有水的重量。

反思

由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等

用鋇離子和硫酸根反應形成硫酸鋇沉澱是重量分析法中一個很經典的實驗，其實驗結果有一定的參考值。這個實驗不會用到太複雜的儀器設備，所以成本相對不會太高。但是操作需要一些技術才能讓實驗結果比較準確。

在我們試圖抽氣過濾的時候，我們因為不夠熟練、有點著急著把水流抽氣機打開，結果發現沒有潤濕的壓平的濾紙破掉了，可能造成部分沈澱物流失之錐形瓶；而我們在要關掉水流抽氣機時忘記先拔橡皮管，導致水差點要從側管倒流進下面的錐形瓶，雖然那個錐形瓶那時時候沒有收集任何東西，但這件事情還是讓我們膽戰心驚了一下。這次的驚魂記留下了深刻的印象，讓我們後來在有機實驗用到抽氣過濾收集錐形瓶裡的濾液時，順利操作抽氣過濾並把濾液成功收集起來。

我認為在分析實驗的失敗，讓我們有機會思考並且了解到自己對於抽氣過濾之認識不足，得以改善我對此技術之技巧和認知。我們學習到處理濾紙時，應該要有沖水把它壓緊，還有操作水流抽氣機之順序，以此提高產率以及實驗流暢度。這個經驗讓我成功運用到了另一個實驗上，是一個我認為很成功的「從失敗中學習」。

年級	二	學號	411132015 411132034	姓名	林延宇 陳佳輝

問題

1.實驗的目的為何？

利用重量分析法，測定溶液中硫酸根離子的含量。

2.你想要回答的問題是什麼？

請描述如何用重量分析法分析溶液中的硫酸根離子。

解決問題的方法

1. 找到可與硫酸根離子產生沉澱的沉澱劑，例如本次實驗的鋇離子。
2. 將氯化鋇溶液加入樣品中產生硫酸鋇沉澱。

3. 雖然硫酸鋇為晶狀沉澱，但其顆粒較小，不易過濾，故使用濾液洗滌沉澱物數次，直到濾液變得澄清。
4. 另外，硫酸鋇固體容易與其他離子產生共沉澱，因此將使用在稀薄溶液中以浸煮方式處理。
5. 將樣品放入烘箱烘乾後，等待其冷卻並秤重，透過沉澱物的質量及組成成分，計算出原溶液中硫酸根離子的含量。

本次實驗所應用之反應式:

$Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow 2\ NaCl + BaSO_4\downarrow$

器材

列出所需用到的器材、工具

1.500mL 燒杯 2 個　5.玻璃棒　9.安全吸球　13.棉質手套
2.100mL 量筒　6.溫度計及夾　10.布氏漏斗　14.玻璃滴管及乳帽一組
3.側管錐形瓶　7.蒸發皿兩個　11.濾紙數片
4.抽氣過濾裝置　8.250ml 燒杯一個　12.加熱攪拌器

變因

1.列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？

1. 操縱變因：硫酸納樣品的質量。
2. 應變變因：硫酸鋇的沉澱重量、硫酸鹽的重量百分率。
3. 控制變因：浸煮的時間、加入的水量、加入的鹽酸、氯化鋇溶液的濃度還有量、在烘箱裡的時間還有烘箱的溫度。

2.列出相關變因的操縱型定義。

改變取硫酸納樣品的質量(範圍:0.5~0.7 克)，取樣的重量不同會影響最終沉澱結果。

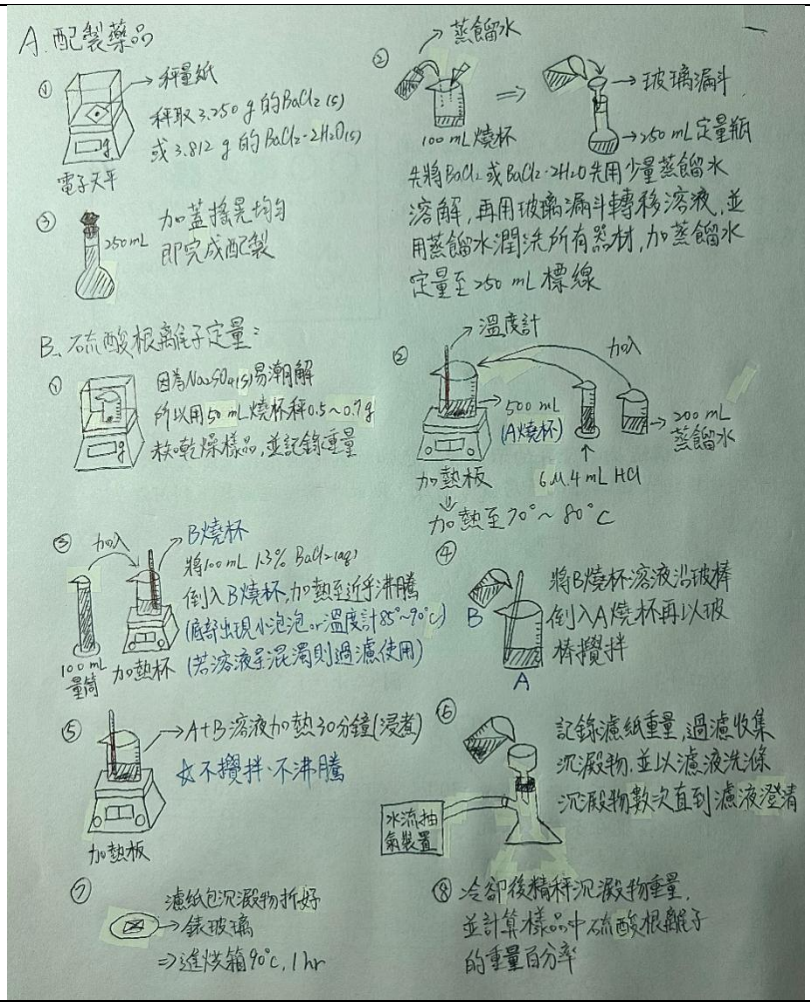
研究方法

請描述實驗原理

重量分析法是將溶液中的分析物轉變為一已知組成之固體，秤其重量，來推算溶液中此分析物之含量。常用的重量分析法為沉澱法，乃將分析物和沉澱劑混合，反應形成難溶性的化合物後，藉由所得沉澱物的重量，來反推求原始分析物的量。

研究步驟

實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)



實驗結果與討論

如何處理數據

紀錄項目		數據與觀察記錄	
反應物紀錄		第一次	第二次
取用的硫酸鈉重量（g）		0.603	0.607
硫酸鈉	莫耳數（莫耳）	0.00425	0.00427
	計算過程	$\frac{0.603}{142.04}=0.00425$	$\frac{0.607}{142.04}=0.00427$
硫酸鈉中的硫酸根離子	莫耳數（莫耳）	0.00425	0.00427
	重量（g）	0.408	0.410
	計算過程	$Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$ 0.00425×96.06 $=0.408$	$Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$ 0.00427×96.06 $=0.410$
理論硫酸根離子含量百分比（百分率）		67.6	67.6
計算過程		$\frac{96.06}{142.04} \times 100\% = 67.6\%$	$\frac{96.06}{142.04} \times 100\% = 67.6\%$

表一：反應物紀錄

本次實驗之目的為測定溶液中硫酸根離子的含量，因此本次利用硫酸鈉與氯化鋇反應形成硫酸鋇沉澱確認是否符合理論，硫酸鈉及硫酸鋇中的硫酸根離子的含量百分比算法如下：

$$\frac{\text{硫酸根離子的分子量}}{\text{硫酸鈉的分子量}}\times 100\% = \text{硫酸根離子含量}\% \cdots\cdots \text{式（1）}$$

$$\frac{\text{硫酸根離子的分子量}}{\text{硫酸鋇的分子量}}\times 100\% = \text{硫酸根離子含量}\% \cdots\cdots \text{式（2）}$$

硫酸根離子含量%×硫酸鈉重量＝硫酸根離子重量（g）……式（3）

由上方表格可得知硫酸鈉中硫酸根離子含量理論為 67.6%，硫酸鋇中硫酸根離子含量理論為 41.2%

假設本次秤了 0.6 g 的硫酸鈉，換算成重量則是 0.407 g ，

再由反應式可得知硫酸鋇中硫酸根的理論重量，算法如下：

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow 2\,NaCl + BaSO_4\downarrow \cdots\cdots \text{式（4）}$$

硫酸根離子含量%×硫酸鋇重量＝硫酸根離子重量（g）……式（5）

根據實際秤量之結果，本次的硫酸鈉重量平均為 0.605 g，因此硫酸根離子真實重量為 0.409 g，

而最後沉澱的硫酸鋇理論重量為 0.994 g，其最後所得的硫酸根離子理論重量為 0.409 g。

紀錄項目		數據與觀察記錄	
產物紀錄		第一次	第二次
（錶玻璃＋濾紙）重量（g）		44.213	44.226
（錶玻璃＋濾紙＋沉澱物）重量（g）		45.111	45.150
沉澱物重量（g）		0.898	0.924
硫酸鋇	莫耳數（莫耳）	0.00385	0.00396
	計算過程	$\frac{0.898}{233.38}=0.00385$	$\frac{0.924}{233.38}=0.00396$
硫酸鋇中的硫酸根離子	莫耳數（莫耳）	0.00385	0.00396
	計算過程	$BaSO_4 \rightarrow Ba^{2+}+SO_4^{2-}$ $\frac{0.898}{233.38}=0.00385$	$BaSO_4 \rightarrow Ba^{2+}+SO_4^{2-}$ $\frac{0.924}{233.38}=0.00396$
	重量（g）	0.370	0.380
	計算過程	0.00385×96.06 ＝0.370	0.00396×96.06 ＝0.380
	含量百分比（百分率）	41.20	41.10
	計算過程	$\frac{0.370}{0.898}\times100\%=41.20\%$	$\frac{0.380}{0.924}\times100\%=41.10\%$
	平均含量百分比（百分率）	41.15	
	計算過程	$\frac{41.2+41.1}{2}=41.15$	
硫酸根離子	硫酸鈉中重量（g）	0.408	0.410
	平均重量（g）	0.409	
	硫酸鋇中重量（g）	0.370	0.380
	平均重量（g）	0.375	
	未知硫酸鈉樣品的純度（百分率）	$\frac{0.375}{0.409}\times100\%=91.7\%$	

表二：產物紀錄

經過秤重後得到兩次實驗的沉澱物重量，由式（5）可得硫酸鋇中的硫酸根離子重量分別為 0.370 g
及 0.380 g，取平均重量為 0.375 g，即可計算硫酸鈉樣品的純度，其公式如下：

$$\frac{\text{硫酸鋇中硫酸根離子重量}}{\text{硫酸鈉中的硫酸根離子重量}}\times100\%=\text{硫酸鈉樣品之純度}\%\cdots\cdots\text{式（6）}$$

最後由表二可知，硫酸鈉樣品純度為 91.7%。

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

由上述計算及實驗結果，我們回收的硫酸根離子為 91.7%，與理論值 100%有所差距，並不符合理論，以下是我們推測可能的誤差：

1. 樣品誤差：我們起初取得的硫酸鈉可能含有小部分雜質，因此實際的碳酸根離子含量可能比理論
   值 0.409 g 還少，導致了計算上出現誤差。
2. 理論與實際的差別：因硫酸鋇形成沉澱的顆粒較小，即使透過浸煮增加顆粒大小仍然有部分沉澱物無法被過濾出來，因此會看到濾液仍然呈現混濁狀，將造成誤差。
3. 實驗手法： 藉由浸煮增加顆粒大小的其中一個條件為溫度，若溶液浸煮完成後放太久使其溫度降低則沉澱顆粒可能會回復原狀，使濾得的產物減少。

改善方法：

1. 可利用溫熱的濾液進行多次過濾，將沉澱物確實留在濾紙上，使產率提高。
2. 浸煮完後必須迅速過濾以免影響結果。

反思

由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等

藉由本實驗我學到了一個新的實驗技巧—浸煮（digestion），這是過去高中實驗及普化實驗均未提過的東西，因為在過去所做的實驗中我們的沉澱物均是明顯的大顆粒，而本次實驗的硫酸鋇沉澱則是小顆粒，因此必須透過浸煮將其吸附，但由於是第一次操作這項方法，因此不知道溫度對於沉澱效果的影響這麼大，在實驗中我們將浸煮完成的溶液閒置太久才進行過濾，因此過濾後發現有許多小顆粒無法被濾紙攔下，因此經過這次的實驗認為我得到最大的收穫就是：並非所有的實驗都是慢慢做就可以做得好，有時候也要快、狠、準才行。

年級	化學二	學號	411132019 411132013	姓名	余家萱 陳佑媜

問題

一、實驗目的：透過重量沉澱法，找出硫酸根離子在硫酸鈉中的含量，並計算出硫酸那樣品的純度。

二、問題：

(一)如果實驗誤差為正，請說明可能是那些原因造成的？

(二)如果實驗誤差為負，請說明可能是那些原因造成的？

(三)樣品溶液中，若含有其他易與硫酸根離子產生沉澱的陽離子，對硫酸根離子定量分析結果有何影響？

(四)重量分析法中分析硫酸根離子含量時，常以銀離子或鋇離子作為沉澱試劑，說明個別方式之優缺點。

解決問題的方法

(一)若誤差為正，可能原因如下：

1. 在 digestion 時加以攪拌，使得沉澱物含有雜質。
2. 沉澱速度過快，發生 Occlusion&Mechanical entrapment。
3. 未沖洗掉所有吸附的雜質

(二)若誤差為負，可能原因如下：

1. Digestion 時長不夠，仍有許多膠體粒子存在，無法被抽氣過濾出來。
2. Diegestion 時溫度太低，導致溶解度 S 下降，Relative Supersaturation 上升。因此溶液中多發生 Nucleation 而非 Particle Growth，不易形成大分子沉澱。

(三)若同時有數種陽離子與硫酸根離子形成沉澱，若單純使用重量分析法，在數據分析時我們將無法判定個沉澱物形成的比例，故無法透過秤產物重直接判定硫酸根離子的含量。

需透過再結晶等其他方式先將不同的沉澱物分離才能計算。若以此方法，隨步驟增加，器材使用量也隨之提高，易使為量分析物在個器材中殘留產生更多誤差，此外過程中 Adsorpation 的左用也會使純度下降。

或是也可以透過其他儀器分析判定各沉澱物的比例。

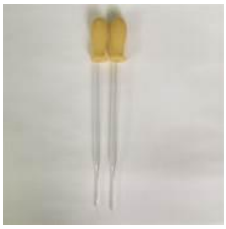
(四)鋇離子與銀離子作為沉澱試劑的優缺點分析。

	銀離子	鋇離子
原子量(g/mol)	107.868 (精密度較低)	137.327 **佳** (原子量較大，形成的硫酸鹽分子量也大，在秤量時精密度高)
硫酸鹽在水中溶解度(g/100mL H_2O)	0.31 (在水中有較高的溶解度，無法所有硫酸銀皆沉澱，分析時得誤差較大)	0.00025 **佳** (溶解度低，對誤差影響較小)
氯化物之價格(元/g)	215	2.2 **佳** (較為便宜)
毒性	高	低 **佳** (較為安全)

器材

項目名稱	數量	圖片

500 mL 燒杯	2 個	
100 mL 量筒	1 個	
側管錐形瓶	1 個	
抽氣過濾裝置	1 組	
玻璃棒	1 隻	
溫度計	1 隻	
溫度計夾	1 個	
蒸發皿	2 個	

250 mL 燒杯	1 個	
安全吸球	1 個	
布氏漏斗	1 個	
濾紙	數片	
加熱攪拌器	1 台	
棉質手套	1 雙	
玻璃滴管及乳帽	1 組	
變因		

1.實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？
操縱變因：硫酸鈉濃度
應變變因：硫酸根離子含量
控制變因：鹽酸濃度、氯化鋇濃度、浸煮時間、烘乾時間及溫度
2.相關變因的操縱型定義。
操縱變因：進行實驗操作時，只能改變一項的變因
應變變因：因應操縱變因的改變後，實驗結果也隨之改變的變因
控制變因：除操縱變因外，在刻意及經過控制下保持不變的因素

研究方法

重量分析法是將溶液中的分析物轉變為一已知組成之團體，秤其重量，來推算溶液中此分析物的含量。

常用的重量分析法為沉澱法，乃將分析物和沉澱劑混合，反應形成難溶性的化合物後，藉由所得沉澱物的重量，來反推求原始分析物的量。形成沉澱的要素是化合物的溶解度積(Ksp)須很小。以本實驗為例，若分析物樣品為硫酸根離子時，可用鋇離子作為沉澱劑，與樣品中硫酸根離子產生硫酸鋇沉澱，其反應和溶解度積表示如下：

$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4(s)$，$K_{sp}[Ba^{2+}][SO_4^{2-}]=1.1*10^{-10}$ (25°C)

硫酸鋇沉澱屬於晶狀沉澱，但因其顆粒細小，不易過濾，所以我們可以用浸煮（digestion） 使結晶顆粒變大。此外，由於硫酸鋇沉澱易受到其他離子影響而形成共沉澱，欲消除此誤差，我們需要在稀薄溶液中進行反應，並用浸煮法減少其他離子進入硫酸鋇晶格的機會；因為硫酸鋇為晶狀沉澱，故洗滌時用溫水即可，但由於硫酸鋇不易以其他溶劑溶解，所以不適用於再結晶的方式處理之。

沉澱物的大小不盡相同，有晶狀沉澱（如硫酸鋇）、凝乳狀沉澱(如氯化銀)、膠狀沉澱（如氫氧化鐵）等。一般來說，大的沉澱不易吸附雜質且較易過濾及洗滌，為了使沉澱易於過濾且避免共沉澱，可以用一些方法來得到較大或較純的沉澱物：

A.在較稀薄的溶液中形成沉澱，以減低不純物吸附，而影響實驗結果。
B.在溫液中形成沉澱，對某些沉澱物來說也可以降低雜質影響。
C.沉澱發生後，將反應溶液靜置一段時間，並略微加溫，此成為浸煮。
D.緩慢地加入沉澱劑，並加以攪拌，避免沉澱劑局部過飽和。
E.除了溶解度較大的沉澱物外，一般沉澱均需以溫水洗滌;但若沉澱物為凝乳狀，則應以電解質溶液洗滌。

研究步驟

A 配製 1.3% 250mL 之氯化鋇溶液

秤量固體氯化鋇

精秤 3.250 克氯化鋇固體。

配置溶液

(1)先將氯化鋇固體放入燒杯，以少量蒸餾水溶解。
(2)將上述溶液配合漏斗、玻璃棒倒入 250 mL 定量瓶。
(3)加蒸餾水至定量瓶刻度線。

B 配製硫酸鈉溶液

秤量硫酸鈉

精秤 0.500~0.700 克的硫酸鈉未知樣品。

溶解硫酸鈉未知樣品

將樣品放置在 500 mL 燒杯中，加入 200 mL 蒸餾水和 6M 4mL 鹽酸溶解。

C 硫酸根離子定量

預加熱

將硫酸鈉溶液(B 溶液)預加熱至 70~80°C。

加熱氯化鋇溶液

取 1.3%氯化鋇溶液放入另一燒杯。加熱到近乎沸騰

(此時氯化鋇溶液若混濁可過濾後使用)

將氯化鋇溶液加入樣品溶液

迅速將加熱好的氯化鋇溶液倒入已預熱的樣品溶液中，同時以玻璃棒攪拌。

浸煮

將含有硫酸被沉澱的溶液浸煮 30 分鐘。(勿攪拌、勿沸騰)

收集沉澱物

(1) 紀錄濾紙重量。

(2) 將含有沉澱物的溶液用濾紙和漏斗過濾，再以過濾後的澄清液洗滌沉澱物數次

，直至濾液澄清。

(3)將濾紙放於蒸發皿上，放入烘箱內，緩慢加熱至 90°C，約烘乾一個小時。

(4)冷卻後將其秤重。

計算樣品中含有硫酸鹽的重量百分率

實驗結果與討論

利用 $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4(s)$，並且 $K_{sp}[Ba^{2+}][SO_4^{2-}]=1.1*10^{-10}$。因為 K_{sp}很小，所以期會形成沉澱。Relative supersaturation=(Q-S)/S(Q:瞬間溶質濃度 S:溶解度)。相對過飽和度若下降，系統越傾向 Particle growth 發生，故此次實驗應讓 Q 下降；S 上升。利用緩慢加入濃度低的沉澱劑且不時攪拌，和加熱使 S 上升，即可得到顆粒較大的 $BaSO_4(s)$。將過濾、乾燥後的 $BaSO_4(s)$秤重，再將所秤得的值乘上 96.06/233.39，即可得到硫酸根離子的重量。

本次實驗結果如下:

反應物紀錄	第一次	第二次
取用硫酸鈉的重量(克)	0.545	0.630
硫酸鈉莫耳數(莫耳)	0.0038	0.0044
硫酸鈉中硫酸根離子(莫耳)	0.0038	0.0044

硫酸鈉中硫酸根離子(克)	0.37	0.42

產物紀錄	第一次	第二次
蒸發皿加濾紙重(克)	47.643	42.190
蒸發皿、濾紙及沉澱物重(克)	48.505	43.061
沉澱物重量	0.862	0.871
硫酸鋇莫耳數(莫耳)	0.0037	0.0051
硫酸鋇中硫酸根離子莫耳數(莫耳)	0.0037	0.0051
硫酸鋇中硫酸根離子重量(克)	0.360	0.360
硫酸鋇中硫酸根離子含量百分比(%)	41.76	41.33
硫酸鋇中硫酸根離子平均含量百分比(%)	41.55	
硫酸根離子在硫酸鈉中重量(克)	0.370	0.420
硫酸根離子在硫酸鋇中重量(克)	0.360	0.360
未知硫酸鈉樣品的純度(重量百分率)	90.00	

結論

硫酸鋇中硫酸根離子含量

1. 理論值：96.06/233.39=41.15%
2. 實驗值：41.55%
3. 誤差值：(41.15%-41.55%)/41.15%=-0.97%
4. 誤差可能原因：

   誤差值為負，可能原因如下：

   (1) Digestion 時長不夠，仍有許多膠體粒子存在，無法被抽氣過濾出來。

   (2) Diegestion 時溫度太低，導致溶解度 S 下降，Relative Supersaturation 上升。因此溶液中多發生 Nucleation 而非 Particle Growth，不易形成大分子沉澱。

反思

藉由此次實驗，可以學習到實驗技巧與實驗設計，像是實驗步驟的安排以及實驗的時間規劃、儀器使用和實驗條件的控制等等。透過預報的撰寫，了解到如何處理化學試劑，確保實驗的安全性和準確性。理解了重量分析法在測定硫酸根離子含量方面的應用。這種分析方法通常涉及溶劑溶解、沉澱反應、過濾、乾燥等步驟。了解如何操作天平和其他相關的實驗儀器，以確保取得精確的實驗結果。當中也學習了硫酸鋇法的化學反應機理，包括硫酸根離子和硫酸鋇之間的反應過程。跳脫課本的文字，藉由實驗的方式對於理解實驗的原理更加清楚。在數據分析與結果解釋中，學到如何分析實驗結果，計算硫酸根離子的含量。幫韓當中的數據處理、統計分析以及錯誤分析，加以確保實驗結果的可靠性。認識到這種實驗在實際應用中的重要性，例如在分析水質、環境監測或化學工業過程中的應用。

年級	二年級	學號	411132008、	姓名	賴柏宇、劉孟瑋

問題

1.實驗的目的為何？

2.你想要回答的問題是什麼？

1.以氫氧化鈉溶液滴定滴定醋酸溶液，並分析食醋中醋酸的含量。

2.是否市售的食醋的醋酸含量真的為 4~7%。

解決問題的方法

利用一級標準品 KHP 標定 NaOH 溶液，紀錄 NaOH 溶液的體積並求出濃度後，再以 NaOH 溶液滴定食醋，以求得醋酸的含量。

器材

一、實驗器材

1.100mL 定量瓶　　5. 125mL 錐形瓶 4 個

2.50mL 量筒　　6. 2mL 吸量管

3.安全吸球　　7. 滴定管

4.滴定管架　　8. 玻璃漏斗

二、實驗藥品

1.氫氧化鈉

2.磷苯二甲酸氫鉀(KHP)

3.酚酞指示劑

4.食醋

變因

1. 列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？
2. 列出相關變因的操縱型定義。

1. 操縱變因:被滴定物食醋)
   應變變因:滴定液的使用量
   控制變因:KHP 溶液濃度、酚酞使用量、HCl 溶液濃度、滴定終點顏色
2. 操縱變因:使用 KHP 標定 NaOH，再以 NaOH 滴定食醋
   控制變因:精秤 0.4g 的 KHP，加入 50mL 蒸餾水溶解，並加入 2 滴酚酞、滴定終點為溶液
   變成淡粉紅色。

研究方法

請描述實驗原理

為了測定溶液中的酸含量，我們必須使用標準鹼溶液來滴定，但常用的強鹼如氫氧化鈉和氫氧化鉀固體易吸收空氣中的水氣而潮解，其固體和溶液都會吸收大氣中的二氧化碳而發生中和反應形成碳酸鹽，因此強鹼溶液在配製後還需要對其濃度進行標定。此外強鹼溶液會和玻璃緩慢反應，所以強鹼溶液除了不可長久暴露於空氣中，長時間儲存則需使用聚乙烯（PE ）之類聚合物材質的容器或表面塗有石蠟的玻璃瓶。

標準鹼溶液的精確濃度則需藉由純度在 99.9% 以上純度的一級試劑滴定來決定，此一過程稱為標定，常用的試劑有鄰苯二甲酸氫鉀（KHP ）、碘酸氫鉀 KH(IO3)2 和苯甲酸等，這些試劑需具有高純度、在空氣中穩定、不易吸水潮解、分子量較大（稱量時的誤差影響較小）等特性。本實驗使用的鄰苯二甲酸氫鉀為單質子弱酸，以氫氧化鈉溶液滴定時選用酚酞為指示劑。滴定過程應盡量避免二氧化碳介入造成誤差。

食醋的總酸含量可藉標準鹼滴定來測定。食醋中的酸類分子絕大多數為醋酸，故分析結果通常用醋酸來代表。一般的食醋約含 5% 醋酸。

參考資料: https://pressbooks.pub/gchemlab1/chapter/chemlab1-1/

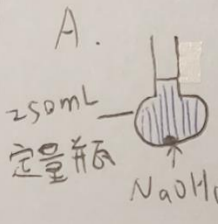
研究步驟

實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)

4. 描述實驗流程。(10 %)

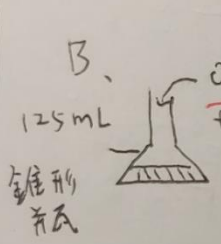
1、製備藥品

A.



以少量水溶解 NaOH，再加水至木素線

B.

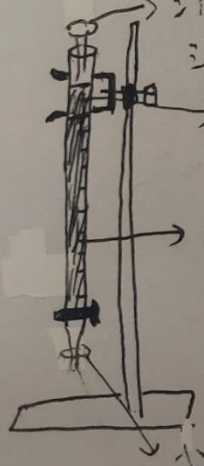


0.49 KHP
+50mL 蒸餾水
+2滴酚酞

C.

2mL 食醋
+50mL 蒸餾水
+2滴酚酞

D.



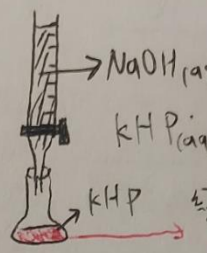
滴定前需將漏斗取下

加至50mL刻度 (NaOH)

徹底洗淨並以NaOH(aq)潤洗兩次

尖端處無氣泡

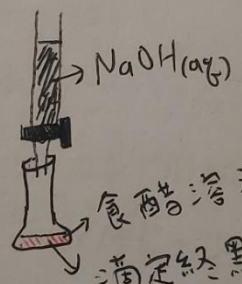
2、標定 $NaOH_{(aq)}$



$NaOH_{(aq)}$ 慢慢滴入 $KHP_{(aq)}$ 中，直到 KHP 變成淡紅色 (滴定終點)

記錄 $NaOH_{(aq)}$ 的用量，並重複一次

3、測定食醋中 CH_3COOH 含量



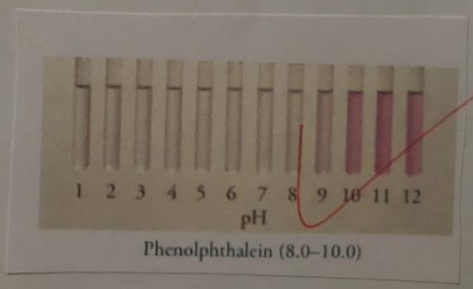
$NaOH_{(aq)}$

記錄 $NaOH_{(aq)}$ 用量並重複一次

食醋溶液

滴定終點(淡粉紅)

需15秒不褪色



實驗結果與討論

如何處理數據

1.標定氫氧化鈉標準溶液

紀錄項目			數據與觀察記錄			
實驗項目			第一次		第二次	
KHP 的重量(克)			0.398		0.401	
滴定管讀數(毫升)	初	末	0.00	19.85	0.00	19.92
加入的 NaOH 體積(毫升)			19.85		19.92	
NaOH 溶液的體積莫耳濃度(M)			0.098		0.099	
計算過程			1*(0.398/204.23)=M*(19.85/1000)*1 M=0.098		1*(0.401/204.23)=M*(19.92/1000)*1 M=0.099	
平均 NaOH 溶液的體積莫耳濃度(M)			0.099			
計算過程			(0.098+0.099)/2=0.099			

2.食醋中醋酸的含量

紀錄項目	數據觀察與紀錄	
分析醋酸含量滴定	第一次	第二次
未稀釋食醋的體積(毫升)	2.00	2.00

<table>
<tr><td rowspan="2">滴定管讀數(毫升)</td><td>初</td><td>末</td><td>0.00</td><td>15.82</td><td>0.00</td><td>15.63</td></tr>
<tr><td colspan="3">NaOH 平均濃度(M)</td><td colspan="4">0.099</td></tr>
<tr><td colspan="3">加入的 NaoH 體積(毫升)</td><td colspan="2">15.82</td><td colspan="2">15.63</td></tr>
<tr><td colspan="3">食醋中醋酸重量百分率</td><td colspan="2">4.65%</td><td colspan="2">4.60%</td></tr>
<tr><td colspan="3">計算過程</td><td colspan="2">(2*1.01*X%)/60*1=0.099*(15.82/1000)*1
X=4.65</td><td colspan="2">(2*1.01*X%)/60*1=0.099*(15.63/1000)*1
X=4.60</td></tr>
<tr><td colspan="3">平均醋酸重量百分率</td><td colspan="4">4.63%</td></tr>
<tr><td colspan="3">計算過程</td><td colspan="4">(4.65+4.60)/2=4.63</td></tr>
<tr><td colspan="3">理論醋酸重量百分率</td><td colspan="4">4.00%</td></tr>
<tr><td colspan="3">平均誤差</td><td colspan="4">15.75%</td></tr>
<tr><td colspan="3">計算過程</td><td colspan="4">[(4.65-4.00)/4.00]*100%=15.75%</td></tr>
</table>

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

我們此次實驗所得之數據與理論數據的誤差為 15.75%，雖然並非和理論完全相同，但是也已經算接近了，所以我們認為結果是能夠支持原先的假設的，其誤差原因可大致分為三點，第一是滴定終點顏色的判斷，有時候認為變色不明顯時，多滴一滴就太過頭了；第二是測量樣品和製備藥品時的用量上的小誤差；第三是實驗環境及器材的影響。

反思

由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等

在這次實驗中我們學到最多的是滴定這部分技術的精進，還有學到了標準化滴定劑。我們覺得滴定的部分非常的有趣，尤其是在等待它即將到達當量點的最後片刻滴下那一滴兩滴時，還有變色的瞬間，以及滴定出來顏色非常漂亮都非常有成就感。
希望能有更多有關滴定的不同實驗。

年級	二	學號	411132042 /411132044	姓名	陳孟奇 /李妍學

問題

1.實驗的目的為何？以氫氧化鈉溶液的定醋酸溶液，並分析食醋中醋酸的含量

2.你想要回答的問題是什麼？食醋中醋酸含量為多少

解決問題的方法

以氫氧化鈉滴定稀釋過的食醋溶液，當時醋中預先加入的酚酞指示劑從無色變為淡粉紅色即達滴定終點，此時計算 NaOH 用量，即可推算醋酸含量。未稀釋的食醋溶液醋酸含量為 4%

器材

列出所需用到的器材、工具

1. 100 mL 定量瓶 2. 50 mL 量筒 3. 安全吸球 4.滴定管架(滴定管架、鐵架)
5. 125 mL 錐形瓶 4 個 6. 2 mL 吸量管 7.滴定管 8. 玻璃漏斗

變因

操縱變因: 食醋取用的量
控制變因:相同溫度、指試劑的用量、NaOH 溶液的濃度、同一個人做滴定
應變變因:所需 NaOH 的溶液體積
2.列出相關變因的操縱型定義
1)相同溫度:25 度
2) 指試劑的用量:2 滴
3) NaOH 溶液的濃度:0.1M NaOH
4) 同一個人做滴定:搖晃程度以及對於指試劑變色的判斷

研究方法

在化學上,酸與鹼有幾種不同定義。若我們根據阿瑞尼士的定義則酸是指在水溶液中會解離而產生氫離子(H^+或H_3O^+)。而鹼則是在水溶液中會解離產生氫氧根離子(OH^-)。食醋中含有醋酸，在水溶液中會解離而產H^+是一種酸。
在水溶液中完全解離的酸和鹼稱為強酸和強鹼。而在水溶液中不會完全解離的酸和鹼稱為弱酸和弱鹼。各種弱酸和弱鹼的相對強度可用解離常數(dissociation constant)做比較。弱酸的解離及平衡常數可以下列通式表示:

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

$$K_c = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA][H_2O]}$$

由於弱酸溶液在低濃度下，水在酸解離前後濃度幾乎不變，所以可以被簡化成:

$$HA_{(aq)} \leftrightarrow H^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

K_a稱為酸的解離常數，不同弱酸在相同濃度下，K_a值愈大者$[H]^+$愈高。
弱酸與強鹼間的中和反應,淨離子方程式為:

$$HA_{(aq)} + OH^- \leftrightarrow H_2O_l + A^-_{(aq)}$$

$$K_n = \frac{[A^-]}{[HA][OH^-]} = \frac{K_a}{K_w}$$

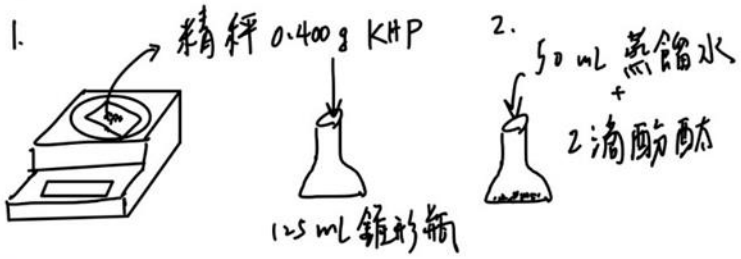
滴定方法(Titration)中，由一已知濃度的反應物測定另一反應物的已知濃度的反應物稱為滴定劑；而另一未知濃度的反應物則稱為被滴定液。在滴定過程中，可以將一定體積的被滴定液置於錐形瓶中，將滴定管內滴定劑逐滴加入錐形瓶中至達反應當量點(equivalencepoint)為止。在滴定溶液中加入適當的酸鹼指示劑，就可以觀察到滴定終點此時，錐形瓶中的OH^-的莫耳數= H^+的莫耳數。
此次實驗利用酸鹼中和原理，以已知濃度 NaOH 溶液，測定食醋中的醋酸含量。因為 NaOH 溶液非一級標準品，所以須先以鄰苯二甲酸氫鉀(KHP)作標定。KHP 為單質子酸，與 NaOH 進行 1:1 的中和反應，所以可利用化學計量關係求出 NaOH 溶液濃度。

要計算食醋中的醋酸重量百分比濃度(W/w)，即以達滴定終點時，OH^-的莫耳數=H^+的莫耳數關係即可求得。
研究步驟
實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)

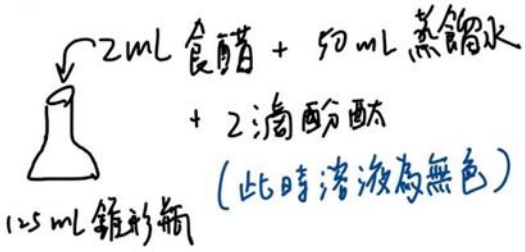
I. 製備藥品

A. 配製 0.1 M 250mL 的 NaOH 溶液

B. 配製KHP 溶液



C. 稀釋食醋溶液



D. 滴定前準備

1 .將滴定管徹底洗淨，以清水潤洗並測試是否會滲漏，再用約5mL的NaOH 溶液潤洗滴定管，至少重複二次。

2 .打開開關放出潤洗的NaOH 溶液，再關開關，然後以漏斗輔助，將溶液溶液加入滴定管至50mL高度，確定滴定管內及滴定管下方尖端處沒有任何氣泡。

3.滴定前，將漏斗取下

II. 標定氫氧化鈉溶液

1.

直至溶液呈淡粉紅色為止，且持續15秒不褪色，即為達滴定終點。

2.

記錄所使用 NaOH 溶液的體積。
重複上述步驟一次。

III. 測定食醋中醋酸的含量

1.

直至溶液呈淡粉紅色為止，且持續15秒不褪色，即為達滴定終點。

2.

記錄所使用 NaOH 溶液的體積。
重複上述步驟一次。

實驗結果與討論

如何處理數據

一、 以 KHP 標定氫氧化鈉溶液:

1.V(NaOH)× M ×1(當量數)=$\frac{KHP\,重量(g)}{KHP\,分子量}$

2.算出 NaOH 濃度

二、以氫氧化鈉滴定 2mL 稀釋的食醋:

$$1\times\frac{1.01(食醋密度)\times 2mL}{60(食醋分子量)}\times x\% = 1\times 標定之NaOH\ 溶液濃度\times 體積(NaOH)$$

(x%為食醋中醋酸百分率)

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

可以。因為我們所的的數據值與理論的平均誤差值為 1.1 %。這個誤差值不大，所以認為可以支持原假設。

反思

一開始配置 NaOH 以及 KHP。這次的滴定是強鹼滴定弱酸。因為是弱酸，它的解離常數很小，所以氫離子沒有辦法完全解離也就是氫氧化鈉為了作酸鹼中和所需使用的體積將會比滴定強酸時還要多。這個實驗讓我們看到課本中習題的實際體現，更加深了我們對滴定的概念。自這個實驗以後，我們應該不會在困惑為什麼強鹼滴定弱酸的 pH 值不是 7 這件事了吧?

判斷指試劑變色會因為每個人眼睛對顏色變化的敏感度不同，而有不同的判斷。這部分實驗我們總覺得是一整個實驗誤差的主要來源。而我們或許可以先大致估算 NaOH 會使用的體積，實驗操作時除了觀察溶液顏色變化同時比對我們的理論數據，這樣或許可以更準確!

年級	二	學號	411132005 411132011	姓名	楊子群 賴明欣

問題

食醋中醋酸的含量佔整體的比例是多少

解決問題的方法

透過酸鹼滴定，即可得知醋酸之濃度

器材

1. 100mL 定量瓶	5.125mL 錐形瓶 4 個
2. 50mL 量筒	6.2mL 吸量管
3. 安全吸球	7.滴定管
4. 滴定管架(滴定管夾、鐵架)	8.玻璃漏斗

變因

1.操縱變因:被滴定物食醋濃度
應變變因:滴定劑(NaOH)的滴入體積
控制變因:KHP 溶液濃度、酚酞使用量、滴定終點顏色、NaOH 濃度

操縱型:NaOH 濃度、KHP 溶液濃度、酚酞使用量、滴定劑(NaOH)的滴入體積

研究方法

滴定是將已知濃度的標準溶液滴入已知體積的被測溶液中，待反應達終點（指示劑變色）後，利用標準溶液消耗的體積，計算被測溶液的濃度。在滴定過程中，將滴定劑置於滴定管內，緩慢加入裝有一定體積的待滴定物之錐形瓶，當錐形瓶內的指示劑變色，即為滴定終點，此時錐形瓶中的 OH^- 莫耳數=H_3O^+ 莫耳數。
本實驗使用氫氧化鈉水溶液來滴定醋酸，氫氧化鈉為強鹼，醋酸為弱酸，弱酸與強鹼中和反應會幾乎完全向右，而氫氧化鈉並非一級標準品，因此需要先以磷苯二甲酸(KHP)標定之，即可確定清雅化鈉溶液之濃度。

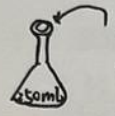
研究步驟

4. 描述實驗流程 (10%)

I. 制備藥品

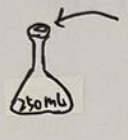
A 配置 0.1 M 250 mL NaOH 溶液

B. 配置 KHP 溶液



0.400 g KHP
加 50 mL 蒸餾水
2 滴酚酞

C. 稀釋醋酸 (食醋溶液)

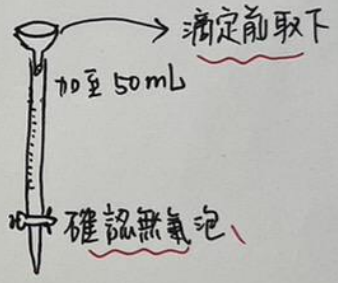


2 mL 食醋
加 50 mL 蒸餾水
2 滴酚酞

D 滴定前準備

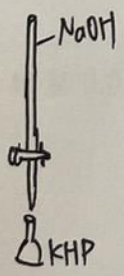
1. 徹底洗淨滴定管，以 5 mL NaOH 溶液潤洗至少二次

2. 放出潤洗用的 NaOH 溶液



II 滴定 NaOH 溶液

1.

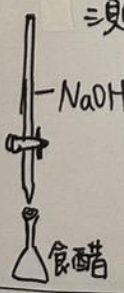


慢慢加入直至溶液呈淡粉紅色 15 秒不褪色

記錄所用 NaOH 体積

重覆一次

III 測定食醋中醋酸含量.



直至其呈淡粉紅為止 (15s 不褪色)

記錄所用 NaOH 溶液体積

重覆一次

實驗結果與討論

1.標定氫氧化鈉溶液

氫氧化鈉溶液之莫耳濃度(mol/L)

＝KHP 秤量之重量(g)÷KHP 分子量(g/mol)÷NaOH 溶液滴入體積(L)

＝0.412÷204.23÷0.0178

＝0.11M

2.測定食醋中的醋酸含量

食醋中醋酸重量百分率(%)

$$= \frac{\text{食醋當量數(1)}\times\text{NaOH 濃度(mol/L)}\times\text{NaOH 滴入體積(L)}\times\text{醋酸分子量(g/mol)}}{\text{NaOH 當量數(1)}\times\text{食醋體積(mL)}\times\text{食醋密度(1.01 g/mL)}}\times 100\%$$

＝(1×0.11×0.01465×60)/(1×2×1.01)

＝4.8%

3.實驗誤差

平均誤差(%)＝[平均重量百分率(%) － 理論重量百分率(%)]÷理論重量百分率(%)

＝(4.8-4.5%)/4.5%＝6.7%

結論

我們的實驗結果可以支持先假設。

本實驗第一部分的標定助教配好的預期濃度是 0.10M 的鹽酸，而本組實驗結果標定完的鹽酸為 0.11M，與實驗藥品預期濃度相近。

本實驗第二部分滴定並分析食醋中醋酸含量，分析物的預期醋酸重量百分率為 4.5%而本組實驗分析結果兩次均為 4.8%，與理論值誤差約為 6.7%，與實驗藥品預期濃度相近。

本實驗兩部分誤差均在 11%內，因此認定預期結果成立。

反思

本實驗透過滴定食醋分析醋酸含量運用了基礎的標定及滴定技巧，除了紙本上學習理論之內容，也把實驗貼近未來研究或工作可能會需要自己額外發想的，也是時隔許久，本學期第一次的滴定實驗，著實讓我們在後面更艱深的滴定分析實驗更加得心應手。

二年級

第九組組員:411132027 張芮茹

411132030 許珮琳

411132041 張育瑋

問題

1.實驗的目的為何？

2.你想要回答的問題是什麼？

1.目的：以氫氧化鈉溶液滴定醋酸溶液，並分析食醋中醋酸的含量。

2.問題：食醋中醋酸的含量。

解決問題的方法

先以 KHP 標定氫氧化鈉，確認氫氧化鈉的真實濃度，再以氫氧化鈉滴定食醋。經由計算求得食醋中醋酸的含量。

器材

列出所需用到的器材、工具

- 器材：
  1. 100 mL 定量瓶
  2. 125 mL 錐形瓶 4 個
  3. 50 mL 量筒
  4. 2 mL 吸量管
  5. 安全吸球
  6. 滴定管
  7. 滴定管架(滴定管夾、鐵架)
  8. 玻璃漏斗
- 藥品：
  1. 氫氧化鈉：(NaOH、Sodium hydroxide)

     MSDS：

     分子量：40.0 g/mol、密度：2.13 g/cm^3、熔點：318.4 ˚c、沸點：1390 ˚c。

     (1).白色片狀或顆粒，無氣味，高腐蝕性的強酸。

     (2).溶於水形成鹼性溶液，也能溶解於甲醇、乙醇。

     (3).具潮解性，會吸收空氣中的 H_2O 也會吸收 CO_2、SO_2 等酸性氣體。

     (4).急救措施：
     - 若不慎吸入，移除污染源並將患者移至空氣新鮮處。
     - 若不慎皮膚接觸，立即以大量緩和清水沖洗患部 30 分鐘以上。
     - 若不慎眼睛接觸，立即撐開眼皮，以大量緩和清水（亦可使用生理食鹽水）沖洗受污染的眼睛 30 分鐘以上。
  2. 鄰苯二甲酸氫鉀：(KHP、$C_8H_5KO_4$、Potassium hydrogen phthalate)

     MSDS：

     分子量：204.22 g/mol、密度：1.64 g/cm^3、熔點：295 ˚c、沸點：378.3 ˚c。

     (1).白色固體，無氣味，吸入、吞食有害，為一級標準品。

(2). 應避免加熱、接觸強氧化劑。

(3). 急救措施：

- 若不慎吸入，移除污染源並將患者移至空氣新鮮處。
- 若不慎皮膚接觸，立即出去受污染衣物，以大量清水及肥皂沖洗患部。
- 若不慎眼睛接觸，立即將眼皮撐開，以緩和流動溫水沖洗 15 分鐘以上。

3. 酚酞指示劑：($C_{20}H_{14}O_4$、Phenolphthalein)

MSDS：

分子量：318.31 g/mol、密度：1.3 g/cm^3、熔點：260 ˚c、沸點：557.8 ˚c。

(1). 溶於水為無色液體，無氣味。

(2). 應避免高溫、解除強氧化劑。

(3). 急救措施：

- 若不慎接觸，應以緩和清水清洗患部。

4. 食醋：(CH_3COOH、Acetic acid)

MSDS：

分子量：60.05 g/mol、密度：1.049 g/cm^3、熔點：16~17 ˚c、沸點：118~119 ˚c。

(1). 無色，低於 16 ˚c 純醋酸是固體；16 ˚c 以上則為無色液體。

(2). 強烈的醋味、催淚味，全溶於水，純醋酸具腐蝕性，其蒸氣對眼鼻有刺激作用。

(3). 急救措施：

- 若不慎吸入，移除污染源並將患者移至空氣流通處。
- 若不慎皮膚接觸，立即除去受污染衣物，以大量緩和清水沖洗患部。
- 若不慎眼睛接觸，立即將眼皮撐開，以大量清水沖洗 30 分鐘以上。

變因

1. 列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？
2. 列出相關變因的操縱型定義。

1. 變因

（1）操縱變因：KHP 的重量、稀釋的食醋濃度。

（2）應變變因：以 KHP 標定氫氧化鈉溶液所用的氫氧化鈉溶液體積、氫氧化鈉滴定稀釋過食醋溶液所用的體積。

（3）控制變因：溫度、壓力、濕度、NaOH 的濃度、酚酞指示劑體積、操作者、滴定管。

2. 操縱型定義

（1）KHP 重量：

- 第一次取的 KHP 重量為 0.404 g，加入 50 mL 蒸餾水與 2 滴酚酞。
- 第二次取的 KHP 重量為 0.402 g，加入 50 mL 蒸餾水與 2 滴酚酞。

（2）稀釋的食醋濃度：

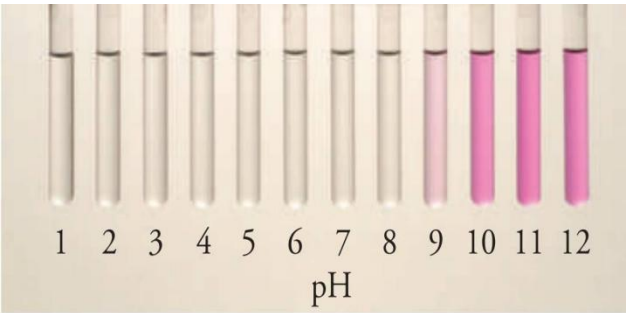
- 第一次取 2.00 mL 未知濃度食醋，加入 50 mL 蒸餾水與 2 滴酚酞。
- 第二次取 2.00 mL 未知濃度食醋，加入 50 mL 蒸餾水與 2 滴酚酞。

研究方法

請描述實驗原理

在滴定方法(Titration)中，由一已知濃度的反應物測定另一反應物的濃度。已知濃度的反應物稱為滴定劑，而另一未知濃度的反應物則稱為被滴定液。在滴定過程中，可以將一定體積的被滴定液置於錐形瓶中，將滴定劑置於滴定管內逐滴加入錐形瓶中至達反應當量點(equivalence point)為止。在滴定溶液中加入適當的酸鹼指示劑，就可以觀察到滴定終點。此時，錐形瓶中的 OH^- 的莫耳數= H^+ 的莫耳數。

本實驗利用酸鹼中和原理，以已知濃度 NaOH 溶液，來測定食醋中的醋酸含量。因為 NaOH 溶液非一級標準品，所以須先以鄰苯二甲酸氫鉀(KHP) 標定之。且 KHP 為單質子酸，與 NaOH 進行 1:1 的中和反應，故可利用化學計量關係求出 NaOH 溶液濃度。要計算食醋中的醋酸重量百分比濃度(W/W)，即以達滴定終點，OH^- 的莫耳數=H^+ 的莫耳數關係即可求得。



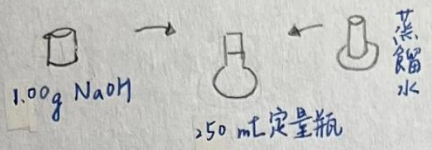
Phenolphthalein (8.0–10.0)

研究步驟

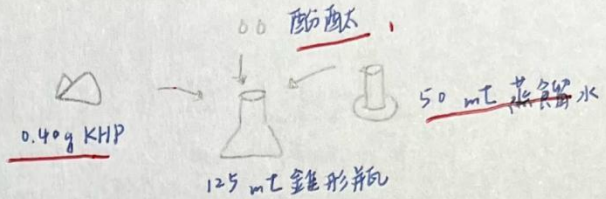
實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)

I、製備藥品

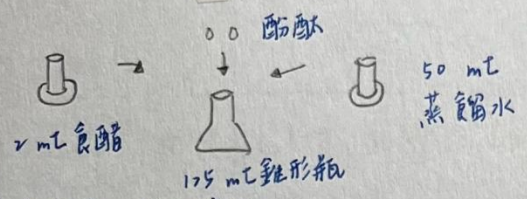
A、



B.



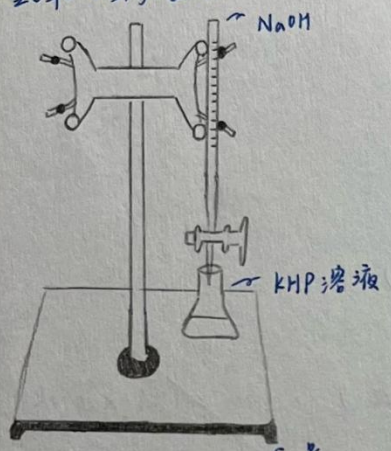
C.



⇒ 無色狀態

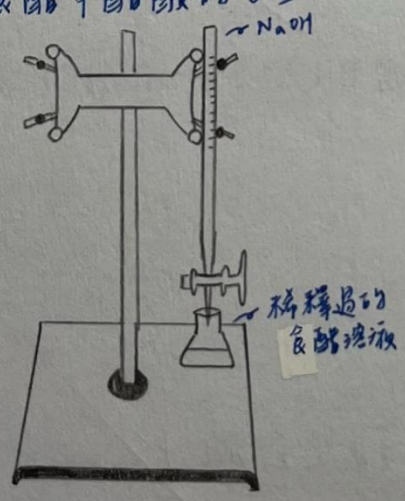
D、將滴定管徹底洗淨，並以NaOH潤洗
將NaOH加入滴定管至50 mL高度
⇒ 準備滴定

II、標定氫氧化鈉溶液



溶液呈淡粉色(維持15秒) ⇒ 滴定終點
記錄所使用NaOH溶液的體積
再重複1次

III、測定食醋中醋酸的含量



溶液呈淡粉色(維持15秒) ⇒ 滴定終點
記錄所使用NaOH溶液的體積
再重複1次

實驗結果與討論

如何處理數據

I、標定 NaOH 溶液

① KHP 重量：0.404 g

加入 NaOH 體積：19.65 mL

[NaOH]：

$$\underbrace{\frac{0.404}{203.23} \times 1}_{\text{KHP 的莫耳數}} = \underbrace{[NaOH] \times \frac{19.65}{1000} \times 1}_{\text{NaOH 的莫耳數}}$$

∴ [NaOH] = 0.10 M ※

② KHP 重量：0.402 g

加入 NaOH 體積：19.70 mL

[NaOH]：

$$\underbrace{\frac{0.402}{203.23} \times 1}_{\text{KHP 的莫耳數}} = \underbrace{[NaOH] \times \frac{19.70}{1000} \times 1}_{\text{NaOH 的莫耳數}}$$

∴ [NaOH] = 0.10 M ※

＊結合①、②可得其平均 [NaOH] = 0.10 M ※

五、食醋中醋酸的含量

① 未稀釋食醋的體積：2.00 mL

[NaOH]：0.10 M

加入 NaOH 體積：13.60 mL

食醋中醋酸重量百分率：

$$\frac{0.1 \times \frac{13.60}{1000} \times 60}{2.00 \times 1.01} \times 100\% = 4.04\% \ ※$$

NaOH的莫耳數

醋酸分子量

食醋的質量（體積×密度）

② 未稀釋食醋的體積：2.00 mL

[NaOH]：0.10 M

加入 NaOH 體積：14.05 mL

食醋中醋酸重量百分率：

$$\frac{0.1 \times \frac{14.05}{1000} \times 60}{2.00 \times 1.01} \times 100\% = 4.17\% \ ※$$

NaOH的莫耳數

醋酸分子量

食醋的質量（體積×密度）

＊結合①、②可得其平均醋酸重量百分率

$$= \frac{4.04\% + 4.17\%}{2} \doteqdot 4.11\%$$

理論醋酸重量百分率 = 4.00（市售通常3-5%取平均值）

＊平均誤差 = 4.11% − 4.00% = 0.11%

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

可以分為兩部分來探討：

一、標定氫氧化鈉溶液

理論上我們所用的氫氧化鈉的體積莫耳濃度應為 0.10 M；依據我們的實驗結果氫氧化鈉的體積莫耳濃度為 0.10 M，因此符合理論值。

二、測定食醋中醋酸的含量

理論上市售醋酸的含量約為 3.00～5.00 %，取其平均值為 4.00 %；依據我們的實驗結果，第一次測出的醋酸重量百分率為 4.04 %，第二次測出的醋酸重量百分率為 4.17 %，其平均值為 4.11 %，與理論值相差約 0.11 %。

因此可知我們使用的氫氧化鈉是符合理論值的，而醋酸含量雖然有些微誤差，但是它依舊介於市售醋酸含量的範圍中。

反思

由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等

在這次實驗中，我們採用了 KHP 溶液來標定 NaOH 溶液的濃度，接著使用已知濃度的 NaOH 溶液滴定醋酸溶液，以求得醋酸的濃度。整個實驗過程中，我們注意到實驗室技巧的關鍵性，特別是在 KHP 溶液的準確稱量和 NaOH 溶液的滴定過程中。

首先，進行 KHP 溶液的標定，我們追求最大的精確性，仔細稱取 KHP 溶液的重量並且注意溶解度的影響。這階段的誤差對後續實驗影響甚大，因為它直接影響了 NaOH 溶液標定的精確度。

接著，滴定醋酸溶液的過程中，我們緩慢的滴入 NaOH 溶液，來確保反應達到滴定終點。以上的實驗，滴定技巧還有我們對酚酞指示劑是否變色的觀察都對實驗結果影響甚大。而且我們注意到在接近滴定終點時要特別小心，這時候可以利用反手滴定的技巧來避免添加過多的 NaOH 溶液，以免影響濃度計算的精確性。

最終，透過計算滴定終點時所添加的 NaOH 溶液體積，我們成功推出醋酸的重量百分率。這項實驗不僅可以培養實驗技能，也可以加深我們對滴定方法還有反應平衡的了解。

這次實驗使我們更熟悉酸鹼反應的操作，並培養在實驗室中細心和精確工作的習慣。滴定實驗也顯示了實驗手法、實驗結果和計算的密切聯繫，亦對分析化學有更深入的理解。

年級	化二	學號	411132007 411132024 411132036	姓名	曾昭文 許宏裕 陳俊凱

問題

1. 實驗的目的為何？

以氫氧化鈉溶液滴定醋酸溶液，並分析食醋中醋酸的含量

2. 你想要回答的問題是什麼？

觀察食醋中所含醋酸之比例含量

解決問題的方法

利用分析化學中學到的酸鹼滴定，使用氫氧化鈉強鹼進行滴定食醋來觀察所需的量，並利用公式去得出食醋中的醋酸含量

預期結果：從食醋的包裝上標示，可發現食醋中醋酸比例是 4%

器材

列出所需用到的器材、工具

4. 100mL 定量瓶
5. 50mL 量筒
6. 安全吸球
7. 滴定管架(滴定管夾、鐵架)
8. 125mL 錐形瓶 4 個
9. 2mL 吸量管
10. 滴定管
11. 玻璃滴管

變因

1. 列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？

操縱變因:食醋中醋酸的濃度
應變變因:所需的氫氧化鈉溶液體積
控制變因:氫氧化鈉溶液的濃度、指示劑的用量

2. 列出相關變因的操縱型定義。

如何改變醋酸的濃度
先取 2mL 食醋加入 50mL 蒸餾水稀釋
再滴入酚酞
即為本次實驗的分析物

研究方法

請描述實驗原理

在化學上，酸與鹼有幾種不同定義。根據阿瑞尼士的定義，酸是指在水溶液中會解離而產生氫離子（H^+或寫成 H_3O^+）；鹼則是在水溶液中會解離而產生氫氧根離子（OH^-）。食醋中含有醋酸，在水溶液中會解離而產生 H^+，是一種酸。
在水溶液中完全解離的酸和鹼稱為強酸和強鹼；而在水溶液中不會完全解離的酸和鹼稱為弱酸和弱鹼。各種弱酸和弱鹼的相對強度可以解離常數（dissociation

constant）來做比較。弱酸的解離及平衡常數可以下列通式表示：

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

$$K_c = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA][H_2O]}$$

（式 3.1）

由於弱酸溶液在低濃度下，水在酸解離前後濃度幾乎不變，因此（式 3.1）可以被簡化成：

$$HA_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

（式 3.2）

Ka 稱為酸的解離常數，不同弱酸在相同濃度下，Ka 值愈大者，〔H 愈高。
弱酸與強鹼間的中和反應，淨離子方程式為：

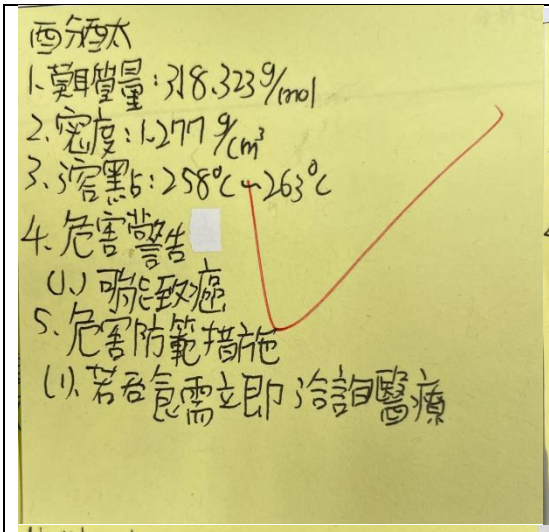
$$HA_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + A^-_{(aq)}$$

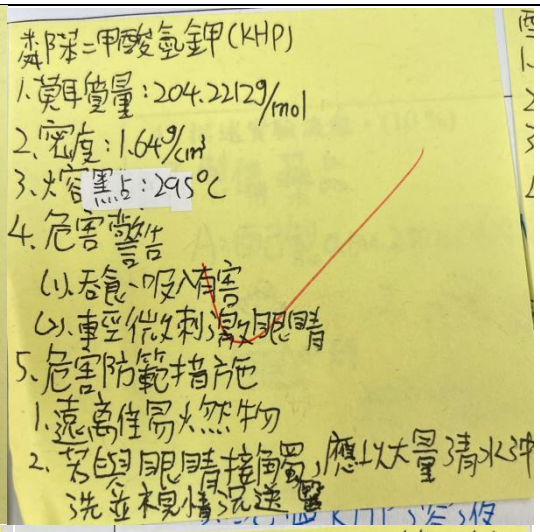
$$K_n = \frac{[A^-]}{[HA][OH^-]} = \frac{K_a}{K_w}$$

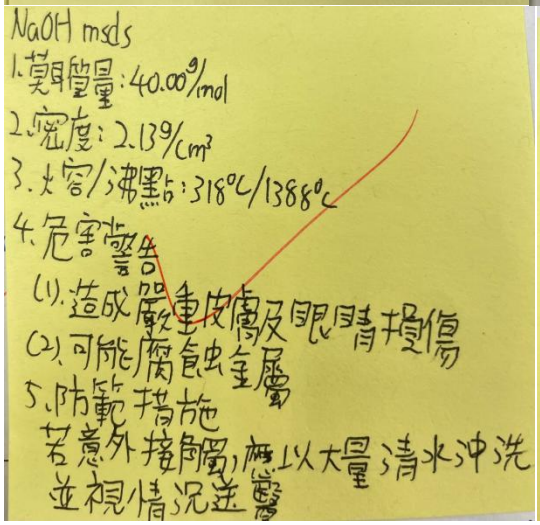
（式 3.3）

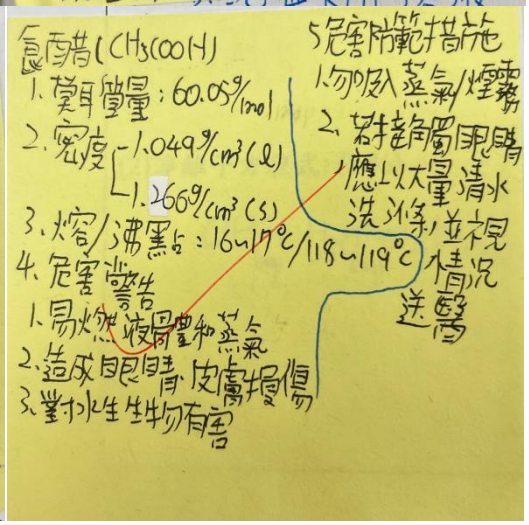
若一弱酸的 $K_a >> K_w$，則 $K_n >> 1$，與強鹼中和，反應也幾乎完全向右進行。
例如醋酸在 25°C 時，$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$，$K_n = 1.8 \times 10^{9} >> 1$。
在滴定方法（Titration）中，由一已知濃度的反應物測定另一反應物的濃度。已知濃度的反應物稱為滴定劑，而另一未知濃度的反應物則稱為被滴定液。在滴定過程中，可以將一定體積的被滴定液置於錐形瓶中，將滴定劑置於滴定管內逐滴加入錐形瓶中至達反應當量點（equivalence point）為止。在滴定溶液中加入適當的酸鹼指示劑，就可以觀察到滴定終點。此時，錐形瓶中的 OH^-的莫耳數=H^+的莫耳數。
本實驗利用酸鹼中和原理，以已知濃度 NaOH 溶液，來測定食醋中的醋酸含量。因為 NaOH 溶液非一級標準品，所以須先以鄰苯二甲酸氫鉀（KHP）標定之。且 KHP 為單質子酸，與 NaOH 進行 1:1 的中和反應，故可利用化學計量關係求出 NaOH 溶液濃度。要計算食醋中的醋酸重量百分比濃度（w/w），即以達滴定終點時，OH^-的莫耳數 =H^+的莫耳數關係即可求得。

MSDS









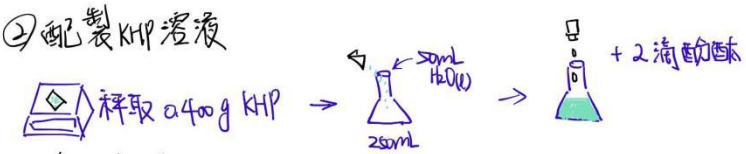
研究步驟

實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)

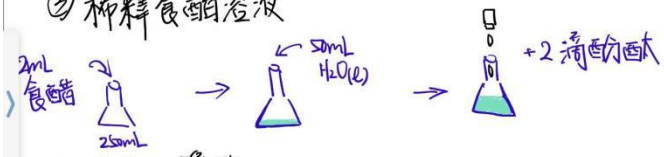
1、製備藥品

① 配製 0.1M 250mL NaOH(aq)

② 配製KHP溶液

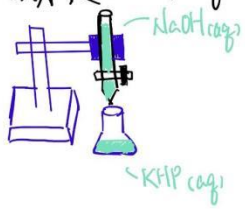


③ 稀釋食醋溶液



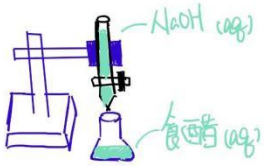
④ 滴定前準備

2、標定 NaOH (aq)



滴定至溶液呈淡粉紅色
持續 15s，紀錄體積，
重覆一次

3、測定食醋中醋酸含量



滴定至溶液呈淡粉紅色
持續 15s，紀錄體積，
重覆一次

預期結果

KHP 分子量 = 204.23 g/mol，CH_3COOH 分子量 = 60.05 g/mol 密度 = 1.01 g/cm³

(1) 標定 NaOH

KHP mole 數 = NaOH mole 數

$\frac{0.4\ g}{204.33\ g/mole} = 0.1\ M \times x\ L$

$x = 0.0195860\ L \fallingdotseq 19.59\ mL$

(2) 滴定

$4.5\%\ (w/w) = \frac{4.5\ g}{100\ g\ solution}$

NaOH mole 數 = CH_3COOH mole 數

$0.1\ mole/L \times \frac{y\ mL}{1000} = \frac{1.01\ g/mL \times 2\ mL \times \frac{4.5\ g}{100\ g}}{60.05\ g/mole}$

$\Rightarrow y = 15.14\ mL$

1) 以KHP標定 0.1M NaOH(aq) 所需 19.59mL 0.1M NaOH(aq)

2) 標定滴定酸度為 4.5% 醋酸溶液所需使用 0.1 M NaOH(aq) 量為 15.14mL

實驗結果與討論

如何處理數據

所需公式：

H^+莫耳數=OH^-莫耳數（式 3.4）

可得出下方公式：

$$C_{MH^+} \times V_{H^+} \times \text{酸的當量數} = C_{MOH^-} \times V_{OH^-} \times \text{鹼的當量數} \quad \text{（式 3.5）}$$

一、標定氫氧化鈉標準溶液

KHP：0.400 g

計算方式：

$$\frac{\text{KHP重}}{\text{KHP分子量}} \times \text{KHP當量數} = [NaOH] \times V_{NaOH} \times \text{NaOH當量數}$$

KHP重 = 0.400 g，KHP分子量 = 204.23 g/mol，KHP當量數 = 1，NaOH當量數 = 1

第一次滴定：

加入 NaOH 體積：19.60 mL

得 NaOH 濃度：0.1 M

$$\frac{0.400}{204.23} \times 1 = [NaOH] \times \frac{19.00}{1000} \times 1 \Rightarrow [NaOH] = 0.1\ (M)$$

計算過程：

$$\frac{0.400}{204.23} \times 1 = [NaOH] \times \frac{19.60}{1000} \times 1 \Rightarrow [NaOH] = 0.1\ (M)$$

第二次滴定：

加入 NaOH 體積：19.00 mL

得 NaOH 濃度：0.1 M

計算過程：

平均 NaOH 濃度：0.1 M

二、食醋中醋酸的含量

食醋中醋酸的重量百分率計算方式：

$$\frac{[NaOH] \times V_{NaOH} \times \text{食醋分子量} \times \text{食醋當量數}}{\text{未稀釋食醋體積} \times \text{食醋密度}} \times 100\%$$

〔NaOH〕：0.1 M （從（一）所得出 NaOH 之平均濃度）
食醋分子量：60 g/mole
食醋密度：1.01 g/mL
食醋當量數=1

第一次滴定
未稀釋食醋體積：2.00 mL
NaOH 的平均濃度：0.1 M
加入的 NaOH 的體積：14.90 mL
食醋中醋酸的重量百分率：4.43%
計算過程：

$$\frac{0.1 \times \frac{14.90}{1000} \times 60 \times 1}{2.00 \times 1.01} \times 100\% = 4.43\%$$

第二次滴定
未稀釋食醋體積：2.00 mL
NaOH 的平均濃度：0.1 M
加入的 NaOH 的體積：14.60 mL
食醋中醋酸的重量百分率：4.34%
計算過程：

$$\frac{0.1 \times \frac{14.60}{1000} \times 60 \times 1}{2.00 \times 1.01} \times 100\% = 4.34\%$$

平均醋酸重量百分率：4.39%
平均誤差：9.75%

結論

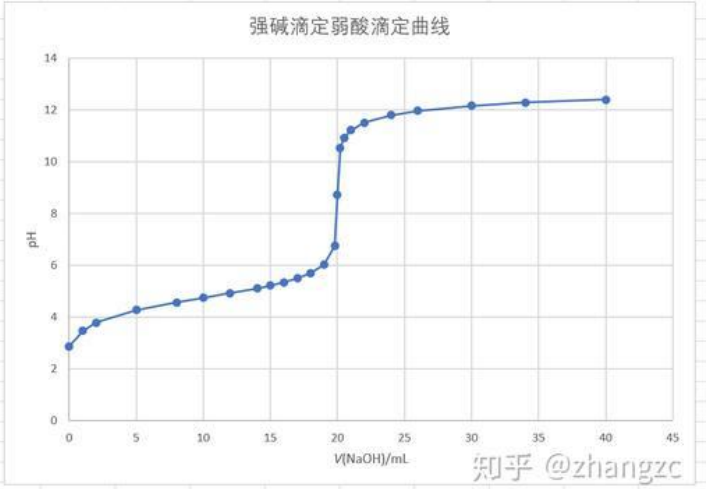
你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

$C_{M1}V_1=C_{M2}V_2$

由實驗最後所得結果食醋溶液含有醋酸平均重量百分率為 4.39%與原先假設食醋中含有 4%的醋酸做比較，可得知，平均誤差約為 9.75%

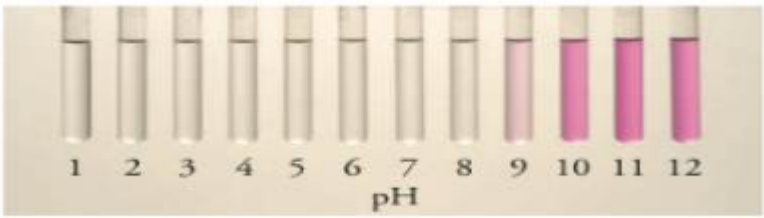
強鹼滴定弱酸的滴定曲線

V(加入的NaOH)/ml	pH
0	2.872363747
1	3.465973894
2	3.790484985
5	4.26760624
8	4.568636236
10	4.744727495
12	4.920818754
14	5.11270428
15	5.22184875
16	5.346787486
17	5.498055162
18	5.698970004
19	6.023481096
19.8	6.740362689
20	8.719627849
20.2	10.5214335
20.5	10.91721463
21	11.21467016
22	11.50863831
24	11.79588002
26	11.95860731
30	12.15490196
34	12.27689632
40	12.39794001



https://zhuanlan.zhihu.com/p/158449438

酚酞的變色範圍（pH8.0～pH10.0）



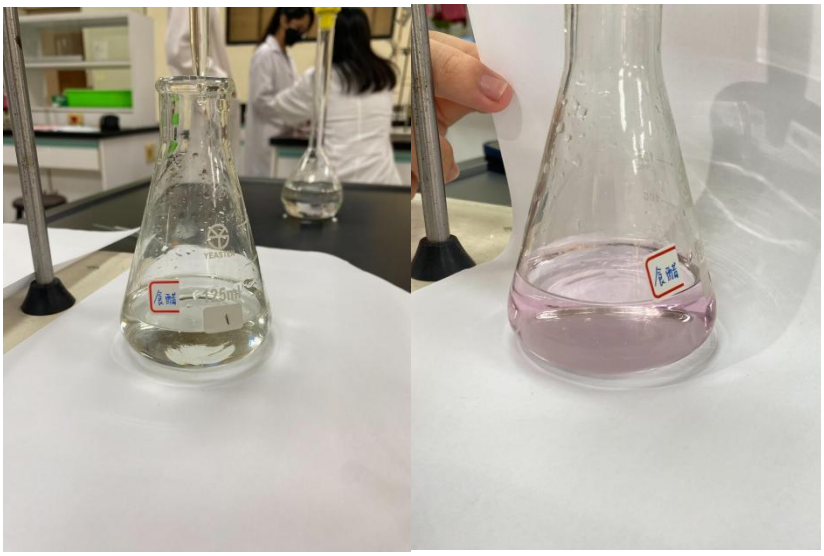
Phenolphthalein (8.0–10.0)

分析課本

實驗過程照片：

1. 標定 NaOH

2. 測定食醋中醋酸含量的滴定



反思

由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等

經由本次實驗我學習到：

3. 滴定管的操作流程
4. 如何測定未知溶液中弱酸的含量
5. 如何選擇適合的指示劑
6. 如何標定氫氧化鈉溶液

心得：在完成本次實驗後，我學習到了上述的實驗技能，在未來遇見相似問題時，我能夠經由此經驗，有效的將問題解決。除此之外每次實驗都會再次精進自己的實驗技巧，使我們更加熟悉實驗的基本操作。而滴定的過程中需要相當充足的耐心，所以本次實驗也是對耐心地訓練。

年級	二年級	學號	411132010 411077002 411132035	姓名	田詣霆 盧阮忠軒 劉信緯

問題

利用酸鹼滴定測定過碳酸分子 (Na_2CO_3 ・$(y/x)H_2O_2$)的比值(y/x)。在實驗當中有個需要被解決的問題:要如何選擇與此反應適當的指示劑?

解決問題的方法

本次實驗使用的藥品當中主要影響酸鹼變化者為碳酸鈉，它為雙質子鹼，顧名思義，它的滴定曲線有兩個滴定終點(End Point)。因為本次實驗選用強鹼(NaOH)，為了找出過碳酸分子其比值，將實驗做到第二個滴定終點，大約會落在 3 至 5 的 pH 值的範圍內，故選擇溴甲酚綠(變色範圍:3.8 至 5.4)來做為本次實驗的指示劑。

器材

刮勺、秤量紙、玻璃棒、玻璃漏斗、加熱攪拌器、棉布手套、安全吸球、
10 毫升吸量管、50 毫升量筒、100 毫升燒杯*2 、125 毫升錐形瓶*4、
250 毫升定量瓶*2。

變因

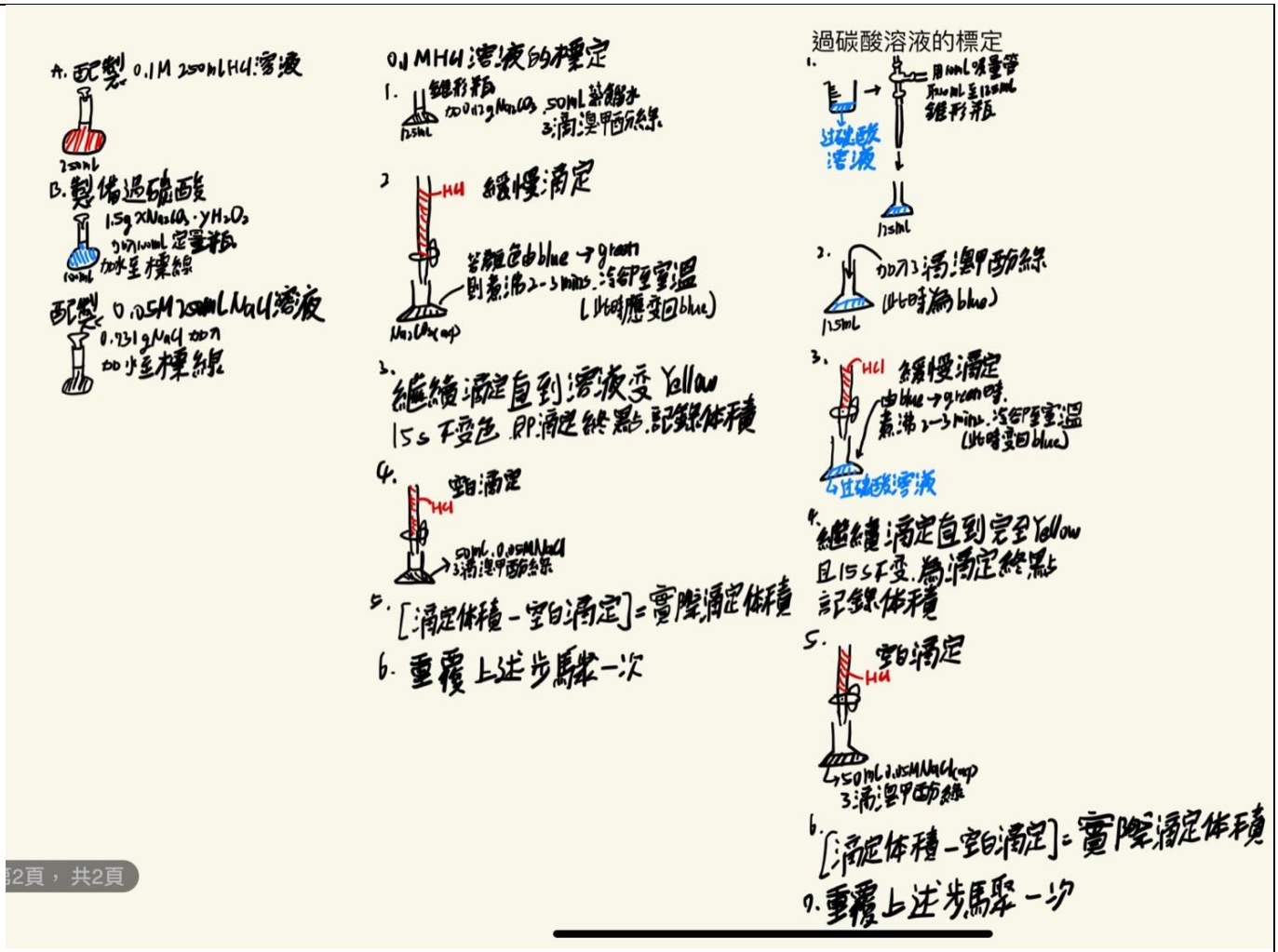
操縱變因:被滴定物(使用 $Na_2CO_{3\,(aq)}$標定 $HCl_{(aq)}$，利用 $HCl_{(aq)}$ 滴定過碳酸溶液)。
控制變因:滴定管、指示劑、操作人員，空白滴定之 $NaCl_{(aq)}$等。
應變變因:滴定體積(原滴定體積扣除空白滴定體積)。

操縱變因的操縱型定義:精秤 0.120 至 0.130 克的 $Na_2CO_{3(s)}$。
控制變因的操縱型定義:2 至 3 滴的溴甲酚綠指示劑。

研究方法

其原理是當酸鹼反應達到當量點時，氫離子（H^+）的當量數等於氫氧根離子（OH^-）的當量數，藉此推知未知濃度。 若酸為單質子酸，而鹼為單一氫氧根離子，則未知濃度的計算可寫為 $Ma \times Va = Mb \times Vb$，Ma：酸的體積莫耳濃度，Va：酸的體積，Mb：鹼的體積莫耳濃度，Vb：鹼的體積。

研究步驟



實驗結果與討論
定義:【滴定體積-空白體積】= 實際滴定體積 $M_1V_1N_1=M_2V_2N_2$ (M 為莫耳濃度，V 為實際滴定體積，N 為當量數)

1. HCl溶液的標定

記錄項目	數據和觀察記錄			
實驗項目	第一次		第二次	
稱量之Na_2CO_3質量 (g)	0.124		0.120	
滴定管讀數 (mL)	初 0.00	末 24.30	初 0.00	末 21.70
滴定Na_2CO_3溶液所需HCl體積 (mL)	24.30		21.70	
滴定管讀數 (mL)	初 25.00	末 25.30	初 21.00	末 21.25
空白滴定所需HCl體積 (mL)	0.30		0.25	
實際滴定Na_2CO_3溶液所需HCl體積 (mL)	24.00		21.45	
HCl溶液的體積莫耳濃度 (M)	0.097		0.106	
計算過程	$\frac{0.124\times2}{105.99}=C_{HCl}\times0.024$ $C_{HCl}\doteqdot0.097M$※		$\frac{0.120\times2}{105.99}=C_{HCl}\times0.02145$ $C_{HCl}\doteqdot0.106M$※	
平均HCl溶液的體積莫耳濃度 (M)	0.102			
計算過程	$\frac{0.097+0.106}{2}\doteqdot0.102$※			

2. 滴定過碳酸溶液

記錄項目	數據和觀察記錄			
實驗項目	第一次		第二次	
稱量之過碳酸質量 (g)	1.508		1.509	
滴定管讀數 (mL)	初 0.05	末 19.30	初 0.00	末 18.20
滴定$Na_2CO_3\cdot(\frac{y}{x})H_2O_2$溶液所需HCl體積 (mL)	19.25		18.20	
滴定管讀數 (mL)	初 19.30	末 19.65	初 18.20	末 18.50
空白滴定所需HCl體積 (mL)	0.35		0.30	
實際滴定10mL$Na_2CO_3\cdot(\frac{y}{x})H_2O_2$溶液所需HCl體積 (mL)	18.90		17.90	
計算過程	19.25 - 0.35 = 18.90※		18.20 - 0.30 = 17.90※	
過碳酸的分子量表示式	156.45		162.57	
1.5g過碳酸的莫耳數表示式	$Na_2CO_3\cdot1.48H_2O_2$		$Na_2CO_3\cdot1.66H_2O_2$	
y/x	1.48		1.66	
平均y/x	1.57			
計算過程	$\left[\frac{156.45-106}{34}+\frac{162.57-106}{34}\right]\times\frac{1}{2}\doteqdot1.57$			

結論

在標定時使用 HCl 的實際體積分別為 24.00、21.45 毫升，與理論的體積 20 毫升有些許差異，原因是 20 毫升 是以秤取 0.12 克碳酸鈉時標定的體積，故取 0.125 克時會使用的體積會多 1～2 毫升，事實上第二次標定是較符合理論的，而第一次是因為滴定過量而冷卻未變回藍色。另外理論的 y/x 為 3/2，實際則是 1.48 和 1.66，第一次的比值非常接近，但第二次亦為滴定過量，冷卻時未變回藍色，使比值上升。總而言之，本次實驗結果大致上和我們事前假設的結果吻合(標定理論值為 20 毫升，過碳酸分子比值 y/x 理論值為 3/2)。

反思

相較於以往的實驗課，現在的實驗課結合課堂上(理論)的說明，讓我們在進行實驗時不會有太多的陌生感，在邊學邊操作的情況下相輔相成，相信會讓我們的感受更加深遠。本次實驗的主軸為滴定，當中要學會看懂滴定曲線，計算反應的 pH 值並找出最合適的指示劑。

年級	二年級	學號	411132016 411132009 411132006	姓名	陳廷豪 陳昱霖 方宇平

問題

1.實驗的目的為何？
2.你想要回答的問題是什麼？

1.利用酸鹼滴定測定過碳酸分子 (Na_2CO_3 ・$(y/x)H_2O_2$)的比值(y/x)。
2. 過碳酸化合物中，Y/X 的比值為何?

解決問題的方法

用酸鹼滴定可檢驗過碳酸中(Y/X)的比值。過碳酸中的 NA2CO3 為弱鹼，可用強酸容液滴定

器材

刮勺、秤量紙、玻璃棒、玻璃漏斗、加熱攪拌器、棉布手套、安全吸球、10 毫升吸量管、50 毫升量筒、100 毫升燒杯*2 、125 毫升錐形瓶*4、250 毫升定量瓶*2。

變因

1. 列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？

操縱變因:被滴定物(使用 $Na_2CO_{3\,(aq)}$標定 $HCl_{(aq)}$，利用 $HCl_{(aq)}$ 滴定過碳酸溶液)。
控制變因:滴定管、指示劑、操作人員，空白滴定之 $NaCl_{(aq)}$等。
應變變因:滴定體積(原滴定體積扣除空白滴定體積)。

2. 列出相關變因的操縱型定義。

操縱變因:精秤 0.120 至 0.130 克的 $Na_2CO_{3(s)}$。
控制變因:2 至 3 滴的溴甲酚綠指示劑。

研究方法

請描述實驗原理

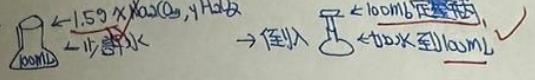
1. 酸鹼滴定原理
2. 氧系漂白劑，用來漂白花色衣物，效果良好。氧系漂白劑的主要成分為過碳酸。過碳酸是一種弱鹼，由碳酸鈉和過氧化氫組成，將過碳酸溶於水會分解成 $xNa2CO3 \cdot yH2O2 \rightarrow 2xNa+(aq)+XCO_3^{2-}(aq)+y\ H2O2$
3. 過碳酸化合物中，Y/X 的比值為何?其中 Y 對 X 的比值不一定是整數，有可能是小數瓶子標籤並沒有標示過碳酸中 Y/X 得比值，用酸鹼滴定可檢驗過碳酸中(Y/X)的比值。過碳酸中的 NA2CO3 為弱鹼，可用強酸容液滴定

研究步驟

實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)

3. 描述實驗流程。(10 %)

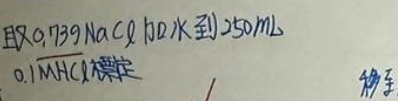
A: 取自動數配出3 1MHCl 25 ml 加水到250ml



B ← 1.59 x Na_2CO_3, y H_2O_2 ← 少許水 → 倒入 ← 100ml定量瓶 ← 加水到100ml

3, 取0.739 NaCl 加水到250ml

0.1MHCl標定



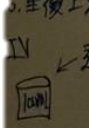
III ← 0.129 $NaCO_3$ ← 50ml 蒸餾水 ≤ 33滴 溴甲酚綠 → 慢慢 移至滴定管下, 加入待標定HCl, 藍變綠 時煮沸2-3min 冷卻至室溫 應回藍色

→ 繼續以HCl滴定, 直到溶液成黃色, 且不消失 = 滴定終點

4, 取50ml 0.05M NaCl 加3 3滴溴甲酚綠, 以HCl滴定

5, 滴定体積 - 空白滴定 = 實際滴定体積

6. 重覆上述一次



IV ← 過量碳酸溶液 用10ml吸量管 → 取10ml過碳酸 溶液於125ml錐形瓶 → ← 加入3滴溴甲酚綠 搖晃呈藍色

3 ~~錐形瓶~~ 移至滴定管下 慢加入HCl滴定, 藍 → 綠 時煮沸2-3min, 冷卻至室溫, 應回藍色

4 ~~續~~ 以HCl滴定, 至溶液呈黃色, 且15s不消失 為滴定終點, 測体積

5, 取50ml 0.05M NaCl 加3滴溴甲酚綠, 以HCl滴定 → 空白滴定.

6, 滴定V - 空白滴定 = 實際滴定体積.

7 重覆一次 上述.

實驗結果與討論

如何處理數據

定義:【滴定體積-空白體積】= 實際滴定體積

$M_1V_1N_1=M_2V_2N_2$ (M 為莫耳濃度，V 為實際滴定體積，N 為當量數)

紀錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
稱量之過碳酸重（克）			1.504		1.492	
滴定管讀數（毫升）	初	末	0.00	18.40	0.00	20.60
滴定 $Na_2CO_3 \cdot (y/x)H_2O_2$ 溶液所需 HCl 的體積（毫升）			18.40		20.60	
滴定管讀數（毫升）	初	末	0.00	0.20	0.00	0.30
空白滴定所需 HCl 體積（毫升）			0.20		0.30	
實際滴定 10 毫升 $Na_2CO_3 \cdot (y/x)H_2O_2$ 溶液所需 HCl 體積（毫升）			18.20		20.30	
計算過程			18.40 − 0.20 = 18.20		20.60 − 0.30 = 20.30	
過碳酸的分子量 (g/mole)表示式 (可能含有 x、y)			$105.99+34\times\frac{y}{x}$			
1.5 g 過碳酸的莫耳數表示式 (可能含有 x、y)			$\frac{1.5\times\frac{1}{1000}}{105.99+34\cdot\frac{y}{x}}$			
(y/x)			1.726		1.232	
平均(y/x)			1.479			
計算過程			$\frac{1.726+1.232}{2}=1.479$			

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

大致上可以但不夠精準第一次做出來的 Y/X 為 1.726 而第二次做出來的結論為 1.232，平均起來大為 1.479，而理論值需要的 Y/X 則是 1.5，之所以說不夠精準是因為 1.726 和 1.232 這兩個數據差距有點過大，通常需要再做一次去確認哪一個是不能採用的。

反思

由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等

在 NA2CO3 滴定當量點附近，溶液含有高濃度 H2CO3 沸騰會以 CO2 的形式去除 H2CO3，導致融業 PH 值急遽上升在滴定時，PH 值變化比原本的變化大很多，產生更尖銳的終點。

年級	二年級	學號	411132004 411132020	姓名	林家葳 陳沛恩

問題

過碳酸的分子式為 $xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2$，亦可寫成 $Na_2CO_3 \cdot (y/x)H_2O_2$，其中 y 對 x 的比值不一定是整數，有可能包含小數，若藥品瓶子上標籤無標示，我們該如何求得(y/x)之比值?進而求得 $xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2$ 的分子量?

解決問題的方法

我們可以利用酸鹼滴定法解決問題，已知強酸 HCl 與二元鹼 Na_2CO_3 的滴定當量莫耳數比例為 2:1，通過標定得知 HCl 的體積莫耳濃度，進而用標定過後的 HCl 來測定過碳酸分子中 y/x 的比值。

器材

實驗器材 ：

250mL 定量瓶 2 個、100 定量瓶 1 個、125mL 錐形瓶 4 個、10mL 吸量管、50mL 量筒、50mL 滴定管、100mL 燒杯、刮勺 2 支、安全吸球、玻璃漏斗、玻璃棒、加熱攪拌器、棉質手套

實驗藥品 ：

HCl、$xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2$、Na_2CO_3、NaCl、溴甲酚綠指示劑

變因

1.列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？

操縱變因：

1.藥品的濃度：0.1M HCI 溶液、0.05M NaCl 溶液和過碳酸溶液。

應變變因：

1.溶液的顏色：在 0.1M HCI 溶液和過碳酸溶液的滴定過程中，溶液的顏色會改變。
2.滴定終點：透過觀察溶液顏色的變化，確定滴定終點。
3.滴定體積：記錄滴定液滴定過程中的體積，用於計算溶液的濃度。

控制變因：

1.溴甲酚綠指示劑的使用：此指示劑在 0.1M HCI 溶液的標定和過碳酸溶液的滴定中使　用了相同的操作步驟和滴定劑量。
2.操作步驟：製備不同溶液和進行滴定的操作步驟在實驗中是一致的。
3.溫度：實驗中沒有提到溫度的變化，因此可以將溫度視為控制變因。
4.儀器：實驗中都是用相同的儀器去做實驗。

2.列出相關變因的操縱型定義

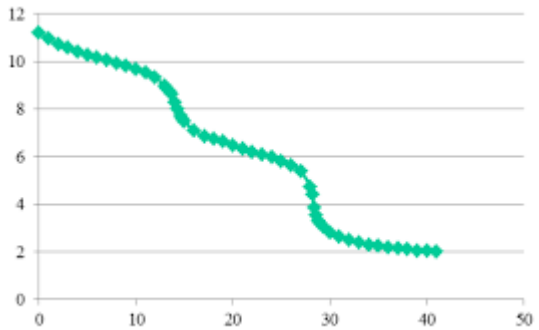
12. 配製 HCI 溶液的濃度(0.1M)
13. 配製 NaCI 溶液的濃度(0.05M)
14. 使用 HCI 溶液來標定標準品 Na_2CO_3 溶液所需的溶液體積
15. 使用溴甲酚綠來判斷 HCI 溶液和 NaCl 溶液的滴定終點
16. 紀錄 HCI 溶液和 NaCl 溶液的空白滴定體積

17. 製備過碳酸溶液的濃度
18. 配置過碳酸鈉溶液時溶解的過碳酸鹽的質量

研究方法

酸鹼滴定原理:

根據阿瑞尼士的定義，在水溶液中會解離產生氫離子(H^+或 H_3O^+)之化合物為酸；在水溶液中會解離產生氫氧根離子(OH^-)之化合物為鹼。
過碳酸鈉是一種弱鹼，由碳酸鈉和過氧化氫組成，將過碳酸溶於水會分解成:
$xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_{2(aq)} \rightarrow 2xNa^+_{(aq)} + xCO_3^{2-}{}_{(aq)} + yH_2O_{2(aq)}$
用酸鹼滴定可以檢驗過碳酸中(y/x)之比值，且 H_2O_2 和酸的反應可以忽略不計，本實驗為強酸弱鹼滴定。以強酸滴定二元弱鹼的滴定曲線為下圖:

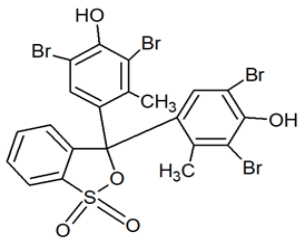


資料來源:
國立臺灣大學
https://teaching.ch.ntu.edu.tw/gclab/doc/presentation/potentiometric-titration-of-sodium-carbonate-zh.pdf

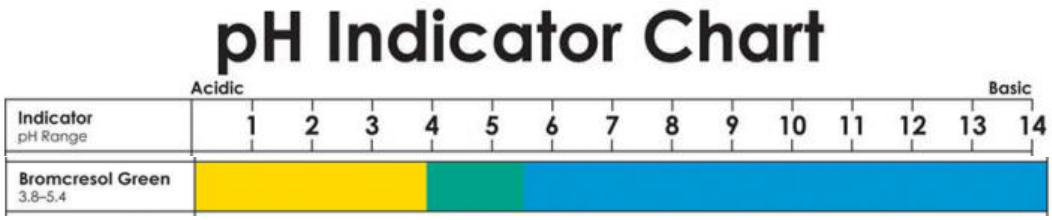
溴甲酚綠指示劑變色原理:

溴甲酚綠是常用的指示劑，通常用於酸鹼滴定反應。 其變色原理涉及其在不同酸鹼條件下的分子結構和顏色變化。
在酸性條件下，溴甲酚綠呈黃色，因為其分子結構為酚酞醌的形式。 在這種形式下，分子是不帶顏色的。在鹼性條件下，酸性的氫離子（H+）被中和，導致分子結構變成酚酞的形式。 這時，溴甲酚綠呈藍色。 這個藍色的形式是由於在鹼性條件下，溴甲酚綠的分子結構發生了改變，產生了吸收可見光的能力，從而顯示出藍色。

因此，溴甲酚綠的顏色變化可以作為酸鹼滴定反應的終點指示劑。 當反應溶液從鹼性變為酸性時，溴甲酚綠的顏色由藍色變為黃色，此變化可用於指示滴定的終點。



溴甲酚綠結構骨架式



溴甲酚濾指示劑變色範圍

資料來源:

國立嘉義高級工業職業學校

https://vtedu.k12ea.gov.tw/uploads/1620615900413ooZxdW7B.pdf

進行標定的目的為何:

因為本實驗所使用的滴定劑 HCl 並非一級標準品，其濃度可能受環境影響，因此在滴定前先利用一級標準鹼 Na_2CO_3 來確認滴定劑之正確體積莫耳濃度，避免影響後續計算。

一級標準品的條件:

. 1.純度： 一級標準品必須具有極高的純度，通常達到 99.99%以上。純度的確保是確保標準品正確性的關鍵因素。
. 2.穩定性： 一級標準品應該是相對穩定的，即在正確的儲存條件下不易分解或變質。這有助於確保標準品在使用期間的一致性。
. 3.精確度： 一級標準品的濃度或含量必須經過精確的確定，通常使用多種分析方法來確認其精確度。這可以包括儀器分析、濕化學分析等。
0.4.包裝： 一級標準品應該在適當的包裝材料中儲存，以防止與環境中的空氣、水分或其他污染物質的接觸。這有助於保持標準品的穩定性。
1.5.有效期限： 一級標準品通常有一個明確的有效期限，超過此期限後，可能需要重新驗證或重新製備。這有助於確保在使用標準品時保持其精確性。

進行空白滴定的目的為何:

滴定中的「空白滴定」，其作用是排除實驗的環境（空氣、溼度等）、實驗所用的藥品（指示劑等）實驗操作（誤差、滴定終點判斷等）對實驗結果的影響，消除系統誤差。空白滴定所得結果為空白值，從滴定的分析結果中扣除空白值，可消除由試劑、溶劑及試驗器皿等引入的雜質所造成的誤差。
酸鹼滴定法是以酸鹼中和反應為基礎的滴定分析方法，在酸鹼滴定中空白試驗的作用主要是用來校正由於試劑等引起的測定誤差，這時空白滴定的空白值通常很小。以本實驗結果為例，空白值大小為 0.40 毫升的 HCl。

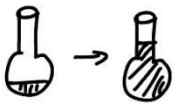
煮沸溶液進行二次滴定的目的為何:

當酸鹼滴定接近滴定終點時，溶液中含大量酸及其共軛鹼，此時溶液為緩衝溶液，使滴定終點較不明顯，加熱煮沸溶液可以破壞緩衝溶液以及去除溶液中的 CO_2，溶液沸騰 2~3 分鐘後 pH 值快速上升，溶液顏色從綠色變回藍色，再進行二次滴定只需少量 HCl 溶液就會從藍色變成黃色，到達滴定終點。

研究步驟

I、製備藥品：

A. 配置 0.1 M 250 mL HCl (aq)



取 25.00 mL 的 1M HCl (aq) 加入 250 mL 容量瓶.

B. 製備過碳酸溶液.

① 秤 1.5 g $xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2$

100 mL 燒杯

$\xrightarrow[\text{蒸餾水}]{\text{加}}$ 至溶解.

②

倒入 100 mL 定量瓶，
再以洗瓶潤洗燒杯壁，
倒入定量瓶中再加蒸餾水至刻度線.

II、配置 0.05M 250 mL NaCl (aq)

① 取 7.300 g NaCl

$\xrightarrow{\text{蒸餾水}}$ 至溶解.

②

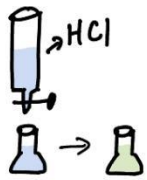
倒入 250 mL 定量瓶，
再加蒸餾水至刻度線.

Ⅲ、0.1 M HCl(aq) 標定

① 秤 0.1200～0.1300 g 的 Na_2CO_3 放入 125 mL 錐形瓶

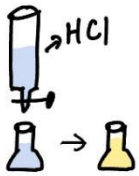
+

50 mL 蒸餾水溶解 + 3滴溴甲酚綠指示劑

② 

以HCl滴定，當溶液由藍→綠，煮沸 2～3 min.

冷卻至室溫，溶液變藍色

③ 

繼續以HCl滴定，

至溶液完全變黃色，15 sec 不消失，

即達滴定終點.

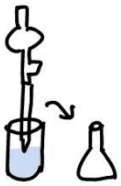
④ 取 50 mL 0.05M NaCl(aq) 加 3 滴溴甲酚綠指示劑，

以 HCl 滴定，為空白滴定.

⑤ [滴定體積 − 空白滴定] = 實際滴定體積

⑥ 重複上述步驟

IV 過碳酸溶液滴定

① 

以吸量管吸取 10 mL 過碳酸溶液，於 125 mL 錐形瓶

②

三滴溴甲酚綠指示劑呈藍色.

③

以 0.1 M HCl 滴定，由藍 → 綠，再煮沸 2~3 min，冷卻至室溫，此時變藍色

④

繼續以 HCl 滴定，

15sec 不消失即達滴定終點.

⑤ 取 50 mL 0.05M NaCl (aq) 加 3 滴溴甲酚綠，以 HCl 滴定，為空白滴定.

⑥ [滴定體積 − 空白滴定] = 實際滴定體積

⑦ 重複上述步驟

實驗結果與討論

1.HCl 溶液的標定:

紀錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
秤量之 Na_2CO_3 重(克)			0.120		0.127	
滴定管讀數(毫升)	初	末	4.30	27.40	2.10	25.40
滴定 Na_2CO_3 溶液所需 HCl 體積(毫升)			23.10		23.30	
滴定管讀數(毫升)	初	末	1.70	2.10	2.10	2.50
空白滴定所需 HCl 體積(毫升)			0.40		0.40	
實際滴定 Na_2CO_3 溶液所需 HCl 的體積(毫升)			22.70		22.90	
HCl 溶液的體積莫耳濃度(M)			0.0996		0.1046	

第一次：HCl 溶液的體積莫耳濃度(M)：(0.120/105.99)*2=(22.70/1000)*C_{HCl}*1，得 HCl 濃度為 0.996M。

第二次：HCl 溶液的體積莫耳濃度(M)：(0.127/105.99)*2=(22.90/1000)*C_{HCl}*1，得 HCl 濃度為 0.1046M。

2.滴定過碳酸溶液:

紀錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
秤量之過碳酸重（克）			1.500		1.507	
滴定管讀數(毫升)	初	末	30.40	48.30	7.80	26.10
滴定 $Na_2CO_3 \cdot (y/x)H_2O_2$ 溶液所需 HCl 體積(毫升)			17.90		18.30	
滴定管讀數(毫升)	初	末	2.50	2.90	2.90	3.30
空白滴定所需 HCl 體積(毫升)			0.40		0.40	
實際滴定 $Na_2CO_3 \cdot (y/x)H_2O_2$ 溶液所需 HCl 的體積(毫升)			17.50		17.90	
過碳酸分子量表示式(g/mol)			$105.99\times(\frac{y}{x})34.1$			
1.5g 過碳酸的莫耳數表示式			$\frac{1.500}{105.99\times(\frac{y}{x})34.01}$			
(y/x)			1.91		1.82	
平均(y/x)			1.865			

$\frac{y}{x}$ 第一次：$\frac{17.50}{1000}\times 0.1002\times 1=\frac{1.500}{105.99+\frac{y}{x}(34.01)}\times\frac{10}{100}\times 2$

$\frac{y}{x} \Rightarrow 1.91$

第二次：$\frac{17.90}{1000}\times 0.1002\times 1=\frac{1.507}{105.99\times\frac{y}{x}(34.01)}\times\frac{10}{100}\times 2$

$\frac{y}{x} \Rightarrow 1.82$

結論

1. HCl 標定：

因為本實驗所使用的滴定劑 HCl 並非一級標準品，其濃度可能受環境影響，因此在滴定前先利用一級標準鹼 Na_2CO_3 來確認滴定劑之正確體積莫耳濃度。

由式子：Na_2CO_3 的 莫耳數*2=L*C_{HCl}*1，

可得知第一次 C_{HCl} 的數據：0.0996M，第二次：0.1046M。

2. 滴定過碳酸溶液：

$$\frac{\text{實際滴定 10 mL } Na_2CO_3\cdot(y/x)H_2O_2\,(aq) \text{ 所需 HCl}}{1000} \times \text{標定的 } C_{HCl} \times 1$$

$$= \frac{\text{秤量過碳酸(g)}}{\underbrace{105.99}_{\text{碳酸鈉分子量}} + \frac{y}{x}\underbrace{(34.01)}_{H_2O_2\text{分子量}}} \times \frac{10}{100} \times 2$$

得第一次的 y/x=1.91；第二次的=1.82

平均：1.865。

反思

在這個實驗中，我認識到酸鹼滴定法是一種常用的分析方法，可以用來確定化合物中特定成分的比例關係。我還學到如何製備藥品、調整溶液的 pH 值（因為在進行酸鹼滴定之前，我們需要通過添加酸或鹼來調整溶液的 pH 值，讓他落在指示劑變色的範圍內。）以及進行滴定實驗的步驟。

年級	化二	學號	411132028 411132038	姓名	張妍蓁 曾柔

問題

1. 實驗的目的為何？

過碳酸的分子式為 $xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2$ 或可寫成 $Na_2CO_3 \cdot (y/x)H_2O_2$，利用酸鹼滴定測定過碳酸分子中的(y/x)的比值。

2. 你想要回答的問題是什麼？

在利用酸鹼滴定測定過碳酸分子中的(y/x)比值時，你會選擇什麼樣的指示劑或滴定劑，以確保準確測定並獲得可靠的結果？

解決問題的方法

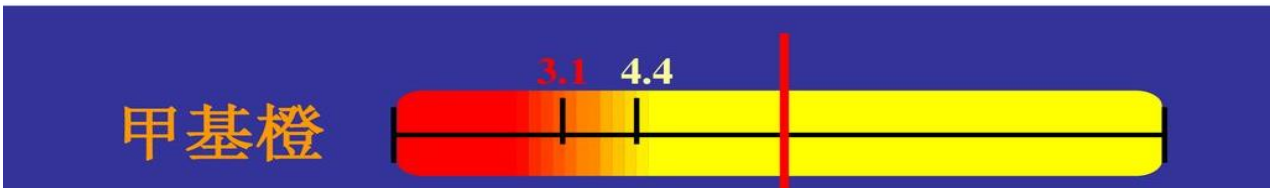
當過碳酸以鹽酸進行滴定時的反應式為

$$xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2 + 2HCl \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 2NaCl$$

在這個反應過程中，水生成的同時，氫離子也會增加，導致溶液呈酸性。因此一個合適的指示劑應該在 pH 較低的酸性條件下顯示顏色變化。

甲基橙（methyl orange）是一個不錯的選擇，因為它的變色範圍大致在 pH 3.1 至 4.4 之間，這是在酸性條件下的 pH 範圍。當甲基橙由黃色轉變為紅色時，即表示達到了中和點。

甲基橙指示劑色卡



器材

列出所需用到的器材、工具

1. 250 mL 定量瓶 X2

2.100 mL 定量瓶 X1

3.50 mL 量筒

4.安全吸球

5.玻璃漏斗

6.玻璃棒

7.加熱攪拌器

8.125 mL 錐形瓶 X4

9.10 mL 吸量管

10.50 mL 滴定管

11.滴定管架(滴定管夾、鐵架)

12.100 mL 燒杯

13.棉質手套

14.刮勺 X2

變因

1.列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？

19. 操縱變因:化合物中所含過碳酸的含量
20. 應變變因:計算出的過碳酸含量比值
21. 控制變因: 1.均由同一人進行滴定，在顏色的分辨或搖晃速率上等較為統一。 2.藉由滴定劑標定後確認其濃度並固定之，不任意加水等。

2.列出相關變因的操縱型定義。

12. 改變化合物中過碳酸的含量: 在標定滴定劑 0.1 M 的鹽酸時，使用的是純的過碳酸，不參雜任何其他物質；爾後使用標定完成的滴定劑滴定含有未知含量的過碳酸混和物(分子式為 $xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2$ 或可寫成 $Na_2CO_3 \cdot (y/x)H_2O_2$)，進行計算。

a. 改變的含量: 由純化合物過碳酸(0.12~0.13 g $Na_2CO_{3\,(s)}$) 改成含有為之比例 1.5 公克的過碳酸化合物（分子式為 $xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2$ 或可寫成 $Na_2CO_3 \cdot$

$(y/x)H_2O_2$），其理論(y/x)值為 1.5。

研究方法

請描述實驗原理

1. 酸鹼滴定原理:

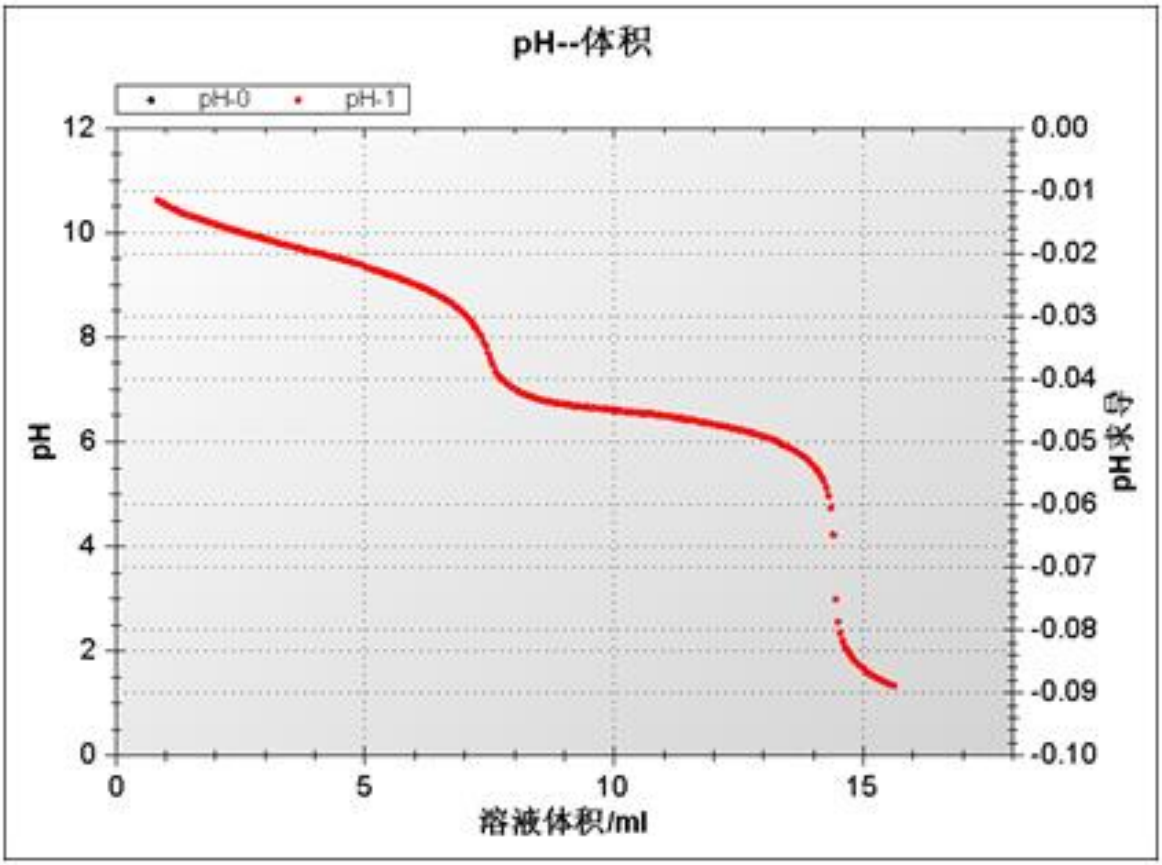
在化學上，酸與鹼有幾種不同定義。根據阿瑞尼士的定義，酸是指在水溶液中會解離而產生氫離子（ H^+或寫成 H_3O^+）；鹼則是在水溶液中會解離而產生氫氧根離子（OH^-）。

在滴定方法（Titration）中，由一已知濃度的反應物測定另一反應物的濃度。已知濃度的反應物稱為滴定劑，而另一未知濃度的反應物則稱為被滴定液。在滴定過程中，可以將一定體積的被滴定液置於錐形瓶中，將滴定劑置於滴定管內逐滴加入錐形瓶中至達反應當量點（equivalence point）為止。在滴定溶液中加入適當的酸鹼指示劑，就可以觀察到滴定終點。此時，錐形瓶中的 OH^- 的莫耳數 = H^+的莫耳數

2. 氧系漂白劑的主要成分為過碳酸(分子式為 $xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2$ 或可寫成 $Na_2CO_3 \cdot (y/x)H_2O_2$)。過碳酸是一種弱鹼，由碳酸鈉和過氧化氫組成，將過碳酸鈉溶於水會分解成:

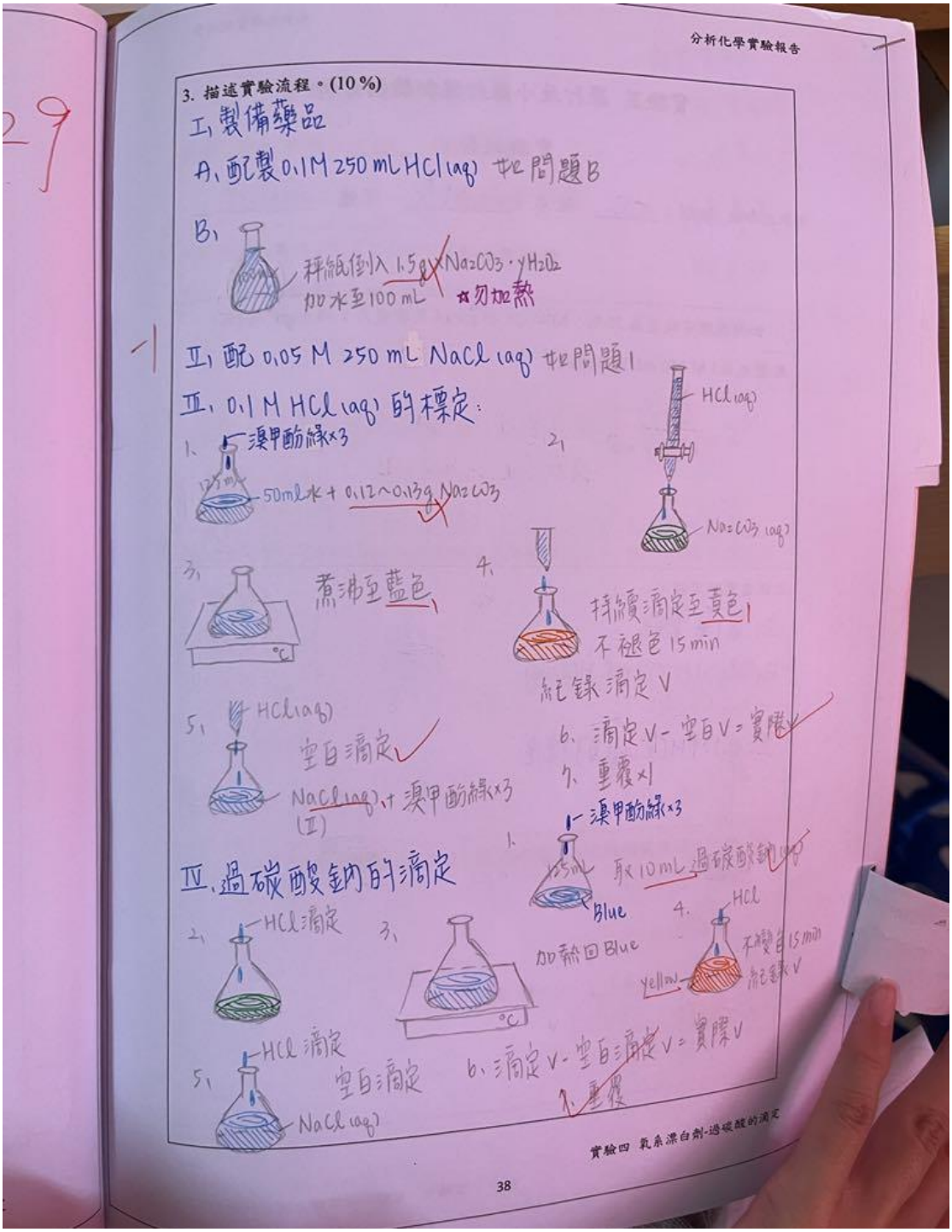
$$xNa_2CO_3 \cdot yH_2O_2 \rightarrow 2xNa^+_{(aq)} + xCO_3^{2-}{}_{(aq)} + yH_2O_{2(aq)}$$

過碳酸化合物中，y/x 的比值為何？其中 y 對 x 的比值不一定是整數，有可能是小數。瓶子上的標籤並沒有標示過碳酸中 y/x 的比值，用酸鹼滴定可檢驗過碳酸中(y/x)的比值。過碳酸中的 $Na_2CO_3 \cdot$為弱鹼，可以用強酸溶液滴定，且 H_2O_2和酸的反應可以忽略不計。以強酸滴定碳酸鈉的滴定曲線如下圖：


pH--体积
pH-0
pH-1
pH
pH变化
溶液体积/ml
12
10
8
6
4
2
0
0.00
-0.01
-0.02
-0.03
-0.04
-0.05
-0.06
-0.07
-0.08
-0.09
-0.10
0
5
10
15

研究步驟

實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)



分析化學實驗報告

3. 描述實驗流程。(10 %)

I、製備藥品

A、配製 0.1M 250 mL HCl(aq) 比 問題B

B、秤紙倒入 1.5g $Na_2CO_3 \cdot yH_2O_2$
加水至100 mL ☆勿加熱

II、配 0.05 M 250 mL NaCl(aq) 比 問題1

III、0.1 M HCl(aq) 的標定:

1、溴甲酚綠×3
50mL水 + 0.12~0.13g Na_2CO_3

2、HCl(aq)
Na_2CO_3(aq)

3、煮沸至藍色

4、持續滴定至黃色
不褪色 15 min
紀錄滴定 V

5、HCl(aq)
空白滴定
NaCl(aq) (II) + 溴甲酚綠×3

6、滴定V - 空白V = 實際V

7、重覆×1

IV、過碳酸鈉的滴定

1、溴甲酚綠×3
取10mL過碳酸鈉(aq)
Blue

2、HCl滴定

3、加熱回Blue

4、HCl
不變色 15 min
紀錄V
yellow

5、HCl滴定
空白滴定
NaCl(aq)

6、滴定V - 空白滴定V = 實際V

7、重覆

實驗四 氧系漂白劑-過碳酸的測定

38

實驗結果與討論

如何處理數據

5. 數據圖和計算過程：

實驗四 氧系漂白劑-過碳酸的滴定 實驗報告

化學二年級 組別：B7(14) 姓名：曾柔 學號：411132038

一、 實驗步驟與紀錄

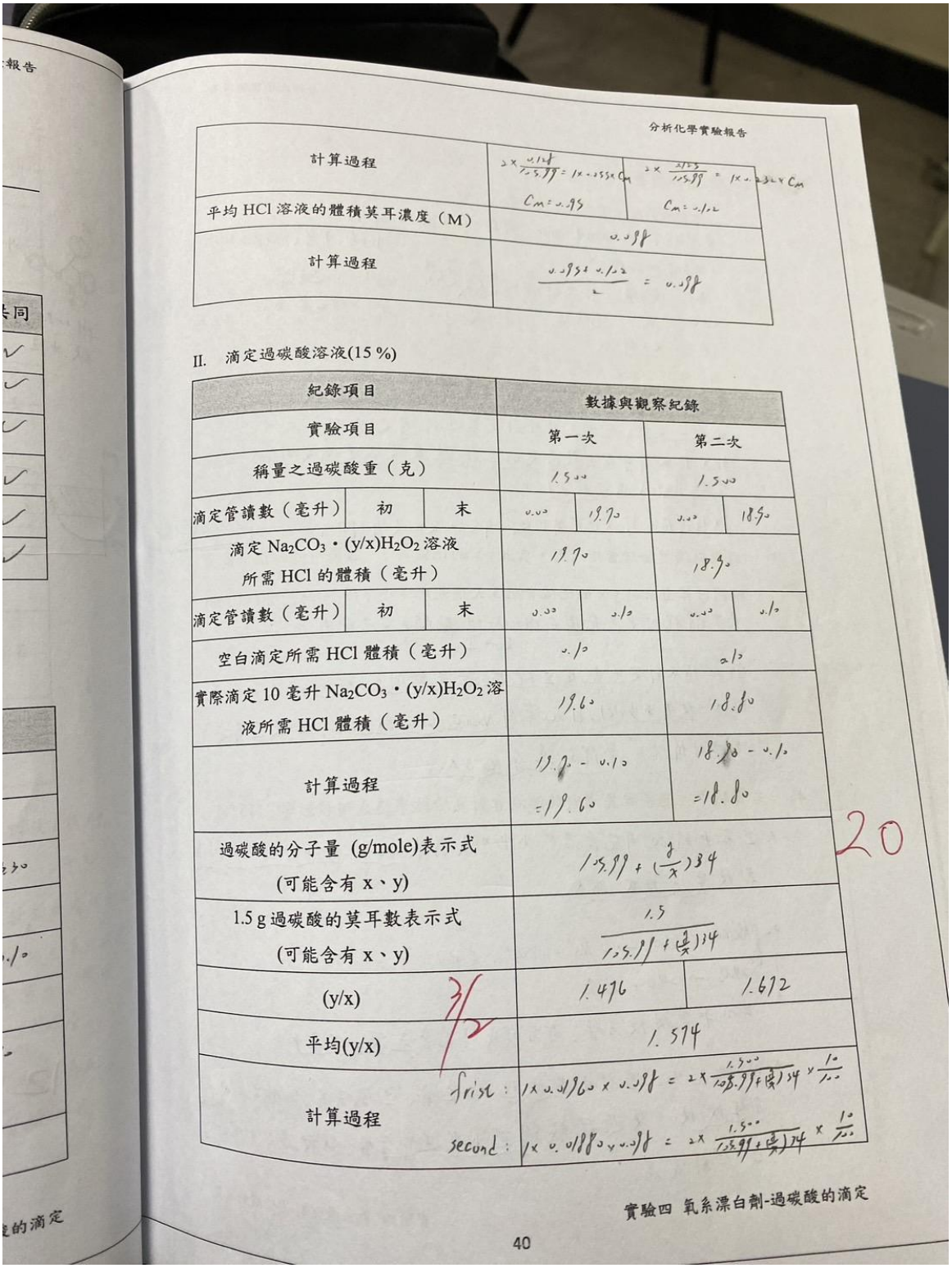
（一） 進行內容與執行

項次	進行內容	自己	組員	共同
1	配製 0.1 M 250 mL HCl 溶液。			✓
2	配製過碳酸溶液。			✓
3	配製 0.05 M 250 mL NaCl 溶液。			✓
4	標定 0.1 M HCl 溶液。			✓
5	滴定過碳酸溶液。			✓
6	計算$Na_2CO_3 \cdot (y/x)H_2O_2$中(y/x)值			✓

(二)紀錄

I. HCl 溶液的標定(5 %)

紀錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
稱量之 Na_2CO_3 重（克）			0.128		0.125	
滴定管讀數（毫升）	初	末	0.00	25.50	0.00	23.30
滴定 Na_2CO_3 溶液所需 HCl 體積（毫升）			25.50		23.30	
滴定管讀數（毫升）	初	末	0.00	0.10	0.00	0.10
空白滴定所需 HCl 體積（毫升）			0.10		0.10	
實際滴定 Na_2CO_3 溶液所需 HCl 的體積（毫升）			25.5 - 0.10 = 25.40		23.30 - 0.10 = 23.20	
HCl 溶液的體積莫耳濃度（M）			0.095		0.102	



計算過程	$2\times\frac{0.128}{105.99}=1\times0.055\times C_m$ $C_m=0.095$	$2\times\frac{0.125}{105.99}=1\times0.232\times C_m$ $C_m=0.102$
平均 HCl 溶液的體積莫耳濃度（M）	0.098	
計算過程	$\frac{0.095+0.102}{2}=0.098$	

II. 滴定過碳酸溶液(15 %)

紀錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
稱量之過碳酸重（克）			1.500		1.500	
滴定管讀數（毫升）	初	末	0.00	19.70	0.00	18.90
滴定 $Na_2CO_3\cdot(y/x)H_2O_2$ 溶液所需 HCl 的體積（毫升）			19.70		18.90	
滴定管讀數（毫升）	初	末	0.00	0.10	0.00	0.10
空白滴定所需 HCl 體積（毫升）			0.10		0.10	
實際滴定 10 毫升 $Na_2CO_3\cdot(y/x)H_2O_2$ 溶液所需 HCl 體積（毫升）			19.60		18.80	
計算過程			19.70 − 0.10 =19.60		18.90 − 0.10 =18.80	
過碳酸的分子量 (g/mole)表示式 (可能含有 x、y)			$105.99+(\frac{y}{x})34$			
1.5 g 過碳酸的莫耳數表示式 (可能含有 x、y)			$\frac{1.5}{105.99+(\frac{y}{x})34}$			
(y/x)			1.476		1.672	
平均(y/x)			1.574			
計算過程			frist: $1\times0.01960\times0.098=2\times\frac{1.500}{105.99+(\frac{y}{x})34}\times\frac{10}{100}$ second: $1\times0.01880\times0.098=2\times\frac{1.500}{105.99+(\frac{y}{x})34}\times\frac{10}{100}$			

20

3/2

(3) 誤差值計算(上圖為標定鹽酸、下圖為計算 y/x 值):

百分比誤差

$$= \frac{|0.1 - 0.0998|}{0.0998} \times 100\% = \frac{0.0002}{0.0998} \times 100\% = \mathbf{0.200\%}$$

百分比誤差

$$= \frac{|1.5 - 1.574|}{1.574} \times 100\% = \frac{0.074}{1.574} \times 100\% = \mathbf{4.701\%}$$

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

可以，其實驗結果可以分成以下部分討論:

1. 首先，由 1 M 配成 0.1 M 的鹽酸，藉由 Na_2CO_3 來進行標定，透過實驗數據來推算出調配出的鹽酸濃度也近乎 0.1 M（平均體積濃度為 0.098 M ），誤差值也僅有 0.2 %，趨近於 0。
2. 之後對於含有未知比例的過碳酸的滴定的實驗結果計算(y/x = 1.574)也近乎理論值(y/x = 1.5)，雖近乎理論值，但不似標定鹽酸般準確，仍有誤差(其誤差值為 4.701 %)，其可能的原因為:
   - 2.1. 除了 $Na_2CO_3 \cdot H_2O_2$ 的存在外，仍參雜其他雜質，進而影響實驗結果。
   - 2.2. 控制變因雖為同一人進行操作，但對顏色的判斷可能無法如同機器般統一和精準，因此在滴定上有誤差的可能性。

反思

由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等

滴定過碳酸和標定鹽酸是化學實驗中常見的操作，透過這些實驗可以確定溶液中的濃度或反應物的量。對於滴定過碳酸和標定鹽酸的心得，我有以下幾點體會:

首先，在滴定過程中，需要精確控制滴定液的滴加速度，以避免誤差的產生。此外，仔細觀察指示劑的顏色變化，確保在反應終點時停止滴定，以獲得準確的結果。

其次，在標定鹽酸時，使用已知過碳酸溶液作為標定液，透過滴定反應計算鹽酸的濃度。在此過程中，要注意反應的平衡，確保反應完全，並在實驗記錄中詳細記錄滴定液的用量和反應結果。

此外，實驗室安全十分重要，應配戴適當的防護裝備，如實驗手套和護目鏡，以防止化學品對皮膚和眼睛的傷害。實驗儀器的正確使用和維護也是確保實驗順利進行的關鍵。

整體而言，滴定過碳酸和標定鹽酸的實驗需要耐心和精確的操作，同時注重實驗技巧和實驗室安全，以獲得可靠的實驗結果。透過這些實驗，我深刻體會到實驗的精密性和實驗者的責任感，這將有助於我在未來的科學研究或實驗工作中更加細緻入微地進行操作。

年級	二年級	學號	411132045	姓名	陳冠霖

問題

1.實驗的目的為何？
2.你想要回答的問題是什麼？

1.利用酸鹼滴定測定碳酸鈉及碳酸氫鈉混和物的百分比。
2.得知未知比例碳酸鈉及碳酸氫鈉混和物的組成比例。

解決問題的方法

利用酸鹼滴定確認物質組成比例。

器材

列出所需用到的器材、工具

1. 100ml 燒杯
2. 滴定管架(滴定管夾、鐵架)
3. 10ml 吸量管
4. 250ml 定量瓶
5. 50ml 滴定管
6. 50ml 量筒
7. 50ml 定量瓶
8. 250ml 錐形瓶
9. 加熱攪拌器
10. 100ml 定量瓶
11. 玻璃漏斗
12. 棉質手套

變因

1. 列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？
2. 列出相關變因的操縱型定義。

未知混和物滴定時:
控制變因:
(1)相同克數未知物
(2)相同器材
(3)相同操作滴定人員
(4)相同滴定液
操縱變因:使用不同酸鹼指示劑
應變變因:達滴定終點需要滴定劑體積
2. 應變變因操作性定義:
使用不同指示劑進行滴定，因兩指示劑變化範圍不同，使需要滴定劑的體積分別在碳酸鈉的第一當量點及第二當量點處結果。

研究方法

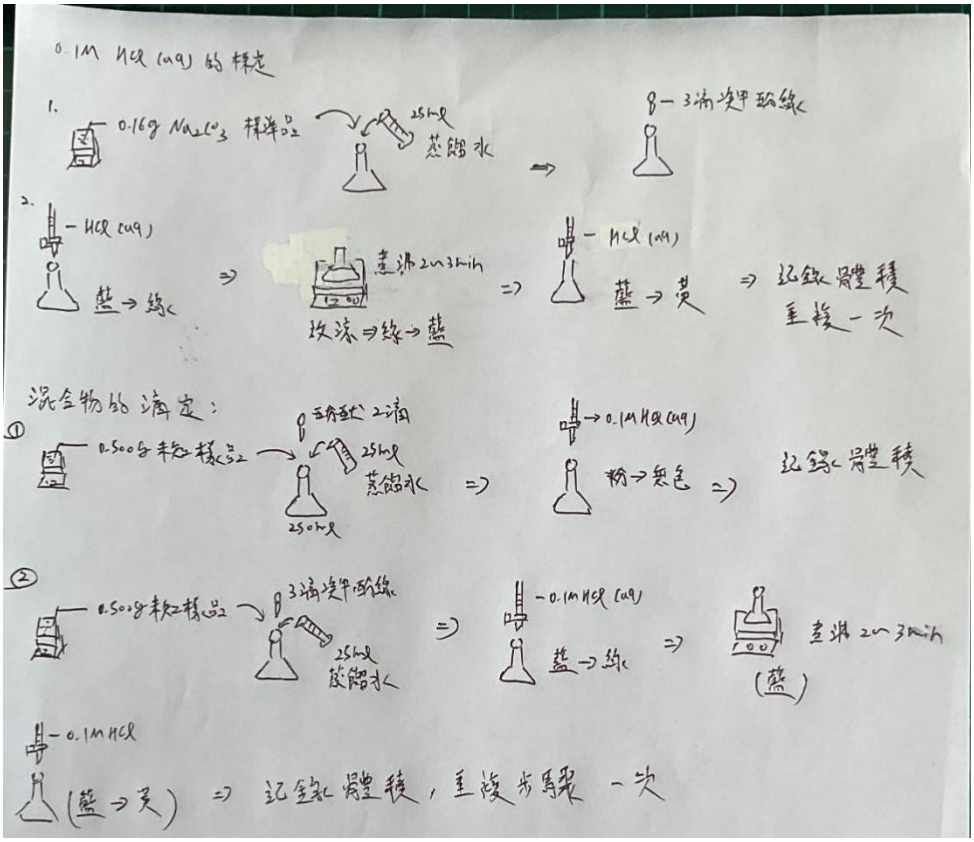
請描述實驗原理
1. 標定 HCl
使用碳酸鈉標準品標定 HCl，因碳酸鈉有兩個當量點，第二個當量點 PH 值約 3.8，因第二個當量點 PH 值的變化比第一當量點大，因此選擇溴甲酚綠指示劑使滴定終點在第二當量點，在快達當量點處透過短暫煮沸將反應產物碳酸及二氧化碳移除，用以得到更清晰的滴定終點。

2. 混和物的滴定
中和滴定可以應用於分析混合物，在任何情況中，氫氧化鈉、碳酸氫鈉、碳酸鈉，這三種成分中不超過兩個可以顯著存在，因為反應消除了第三個。 例如，氫氧化鈉與碳酸氫鈉混合會導致碳酸鈉的形成，直到一種或另一種（或兩種）原始反應物耗盡。如果氫氧化鈉用完，溶液將含有碳酸鈉和碳酸氫鈉。 如果碳酸氫鈉耗盡，碳酸鈉和氫氧化鈉將保留。 如果等量碳酸氫鈉和氫氧化鈉混合，主要溶質物種將是碳酸鈉。
分析此類混合物需要用強酸進行兩次滴定，一次使用鹼性範圍指示器(如酚酞)，另一次使用酸範圍指示器(如溴甲酚綠)。 然後可以從滴定相同體積樣品所需的相對酸體積

中推出溶液的成分，一旦確定了溶液的組成，體積資料可用於確定樣品中每個成分的濃度，分析碳酸鹽混合物組成比例。

研究步驟

實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)



實驗結果與討論

如何處理數據

I. HCl 溶液的標定

紀錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
稱量之 Na_2CO_3 重（克）			0.164		0.165	
碳酸鈉的莫耳數（mol）及計算過程			$\frac{0.164g}{105.99g/mol}$ ≒ 1.55×10^{-3}		$\frac{0.165g}{105.99g/mol}$ ≒ 1.56×10^{-3}	
滴定管讀數（毫升）	初	末	0.00	27.10	0	26.60
滴定 Na_2CO_3 溶液所需 HCl 的體積（毫升）			15.0 15.5 27.60		15.5 16.00 27.1	
HCl 溶液的體積莫耳濃度（M）			0.112		0.115	

計算過程	$C_{HCl}\times\frac{27.60}{1000}=(1.55\times10^{-3})\times2$	$C_{HCl}\times\frac{27.1}{1000}=(1.56\times10^{-3})\times2$
平均 HCl 溶液的體積莫耳濃度（M）	0.114	
計算過程	$\frac{0.112+0.115}{2}$ ≒ 0.114	

II. 滴定未知混合物

紀錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
滴定管讀數(mL)	初	末	0.00	17.50	17.50	35.40
滴定未知樣品溶液到達第一終點所需鹽酸的體積 X（mL）			17.50		17.90	
平均滴定未知樣品溶液到達第一終點所需鹽酸的體積 X（mL）及計算過程			$\frac{17.50+17.90}{2}$ = 17.70			
滴定管讀數(mL)	初	末	0.00	39.50	0.00	41.70
滴定未知樣品溶液到達第二終點所需鹽酸的體積 Y（mL）			16.00 16.30 39.80		16.30 16.60 41.00	
平均滴定未知樣品溶液到達第二終點所需鹽酸的體積 Y（mL）及計算過程			$\frac{39.80+41.00}{2}$ = 40.4			

未知樣品中碳酸鈉的含量百分率(%)及計算過程 (Na_2CO_3，MW = 105.98 g/mol)	HCl mmole = Na_2CO_3 mmole = 17.70 × 0.114 = 2.018 mmole ×1 Na_2CO_3% = $\frac{\frac{2.018}{1000}\times105.99}{0.5g}\times100\%$ = 42.78%
未知樣品中碳酸氫鈉的含量百分率(%)及計算過程 ($NaHCO_3$，MW = 84.00 g/mol)	HCl mmole = $NaHCO_3$ + Na_2CO_3 mmole = (40.4 − 17.70) × 0.114 = 2.59 $NaHCO_3$ mmole = 2.59 mmole − 2.018 = 0.572 mmole $NaHCO_3$% = $\frac{\frac{0.572}{1000}\times84}{0.5g}\times100\%$ = 9.61%

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？

混和物正確比例應為碳酸鈉 32%、碳酸氫鈉 16.8%，實際實驗結果為碳酸鈉 42.78%、碳酸氫鈉 9.61%，誤差分別為 33.69%以及 42.79%，誤差值有些大，由理論來看這個解果似乎很合理，因為與碳酸氫端點對應的 pH 值變化不足以給出帶有化學指示器的急劇顏色變化，由於缺乏清晰度，1%或以上的相對誤差很常見，加上各種操作過程上的誤差導致這個結果，雖然無法取得較為精準的數據但還是能粗略得知物質組成比例，因此符合此假說。

反思

由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等

學習確認碳酸鈉和碳酸氫鈉混合物組成及比例的其中一個方法，若要改進這個實驗還可以使用以下這個方法，透過利用碳酸鋇在中性和鹼溶液中的有限溶解度， 例如在分析碳酸鹽/氫氧化物混合物的溫克勒方法中，兩個成分都用標準酸滴定到帶有酸範圍指示器的終點，如溴甲酚綠（溶液煮沸後確定的終點以去除二氧化碳）。 然後將未測量的中性氯化鋇過量新增到樣品溶液的第二個等離子中，以沉澱碳酸鹽離子，然後氫氧化物離子被滴定到酚酞末端，只要鋇離子濃度大於 0.1 M，微溶性碳酸鋇的存在就不會干擾，分析含有碳酸根離子和碳酸氫離子或碳酸鹽和氫氧化物離子混合物的溶液的方法可以大大提高準確性。

年級 組別	二 16	學號	411132012 411132018 411132023	姓名	陳楷雯 張晨信 李慧聰

問題

蘇打與小蘇打的外觀相似，要分辨兩者有很多方法，像是加熱與加酸。那我們要如何進一步的檢測蘇打及小蘇打混合物的百分比？

在溶解此混和物時，瓶底有少許較難溶的白色固體。再來，開始滴定第一階段時，溶液沒有很快成無色：較不易溶於水與比較弱的鹼為 Na_2CO_3，由此我們推測此混合物中，Na_2CO_3 佔的百分比不會超過一半。

解決問題的方法

我們可以分別利用兩種指示劑進行酸鹼滴定分析蘇打與小蘇打的百分比。

器材

器材：100mL 燒杯 2 個，125mL 錐形瓶 4 個，250mL 定量瓶 1 個，玻璃滴管 1 支
50mL 滴定管 2 支，50mL 量筒 1 支，玻璃漏斗 1 個，滴定管架 1 個，
加熱 攪拌器 1 個，電子秤 1 個，棉布手套 1 雙

藥品：Na_2CO_3 碳酸鈉（蘇打），HCl 濃鹽酸，溴甲酚綠，酚酞，
混合物（Na_2CO_3 碳酸鈉＋$NaHCO_3$ 碳酸氫鈉）。

變因

操縱變因：混合物中 Na_2CO_3 碳酸鈉與 $NaHCO_3$ 碳酸氫鈉的百分比。

控制變因為：滴定液濃度（M），樣品質量（Mg），指示劑用量（滴）

應變變因：HCl 鹽酸的消耗的體積（mL）。

研究方法

酸鹼滴定即是利用酸鹼中和反應使指示劑變色，用已知 HCl 濃度來分析未知樣品中成份濃度：達到當量點時，酸的當量數＝鹼的當量數。在此實驗中，混合物中含有碳酸鈉與碳酸氫鈉，一般來說碳酸鈉的當量數為２，但因為碳酸為弱酸，碳酸根遇到酸的時候不會直接變成碳酸而是先變成碳酸氫根。我們得知，在鹼性條件下（H^+不足）Na_2CO_3 可視其當量數為１。

第一階段的滴定終點的位置大約落在 $NaHCO_3$（弱鹼）溶於水的 pH 值，所以指示劑選用鹼性變色範圍的酚酞，以下為其反應試：

$$Na_2CO_3 + HCl \longrightarrow Na^+ + NaCl + HCO_3^-$$

$$(CO_3^{2-} + H^+ \longrightarrow HCO_3^-)$$

設第一階段得到的 HCl 體積 V_1：

$V_1 \times 1 \times$〔HCl〕＝（在 0.500 克中含的 Na_2CO_3 的莫耳數）×1

第二階段，HCO_3^- 的含量不止來自於 $NaHCO_3$，有部分來自 CO_3^{2-}與 H^+的反應。此時相似於滴定只含 $NaHCO_3$ 的樣品，所以我們的指示劑選用酸性變色範圍的為溴甲酚綠，以下為其反應式：

$$NaHCO_3 + H_2O \longrightarrow Na^+ + H_2CO_3 + OH^-$$

當錐形瓶內液體變成藍綠色時，須將溶液煮沸再將其滴定至黃色，H_2CO_3 會以 CO_2 的形式散逸到空氣中，pH 值會因此突然升高，使滴定終點更明顯。

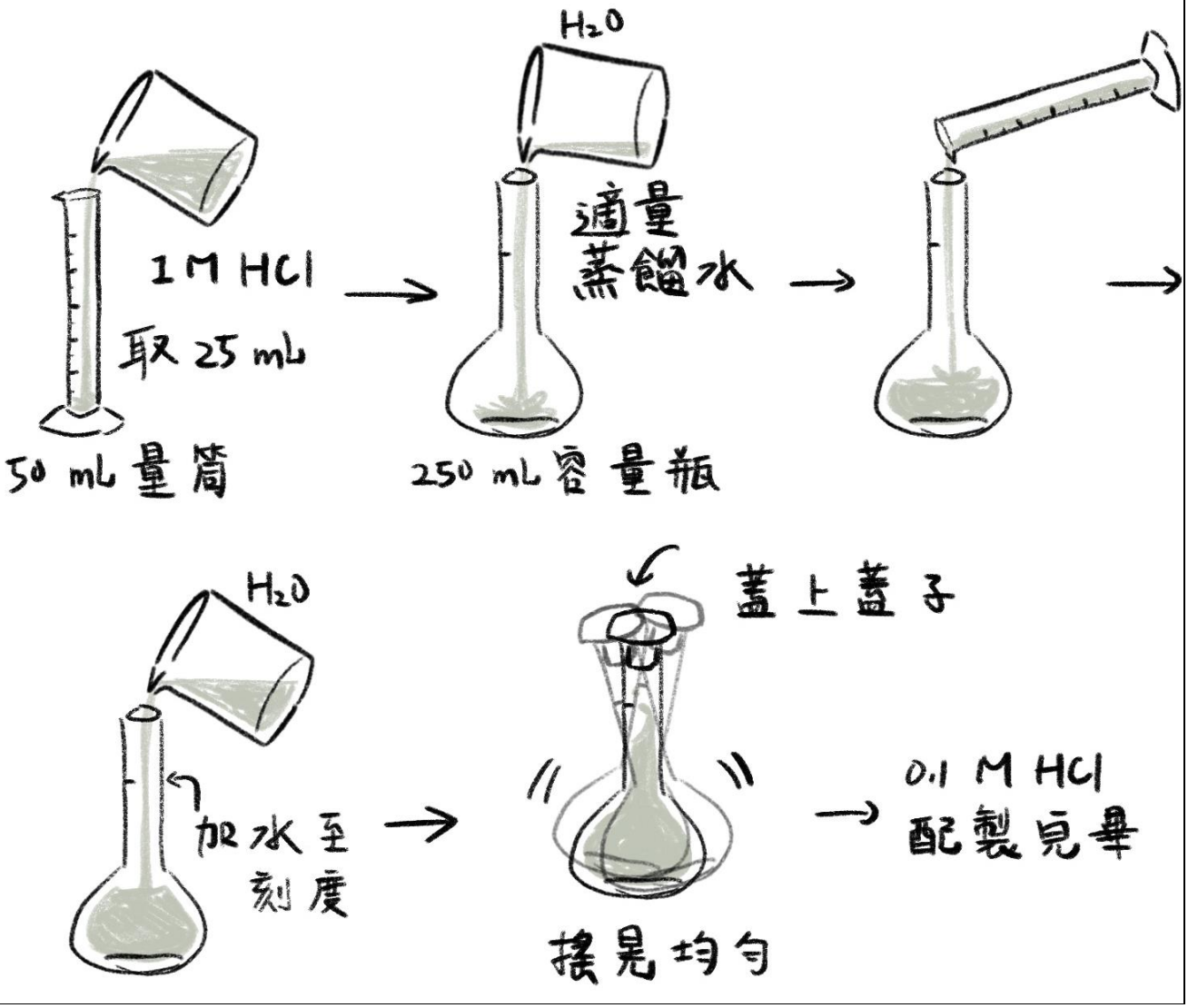
第二階段得到的 HCl 體積 V_2：

$V_2 \times 1 \times$〔HCl〕＝（在 0.500 克中含的 Na_2CO_3 的莫耳數）×2＋（在 0.500 克中含的 $NaHCO_3$ 的莫耳數）×1

研究步驟

part I

配製藥品


1M HCl
取 25 mL
50 mL 量筒
H_2O
適量
蒸餾水
250 mL 容量瓶
H_2O
加水至
刻度
蓋上蓋子
搖晃均勻
0.1 M HCl
配製完畢

part Ⅱ

0.1 HCl 標定

Na_2CO_3

精秤 0.16 g

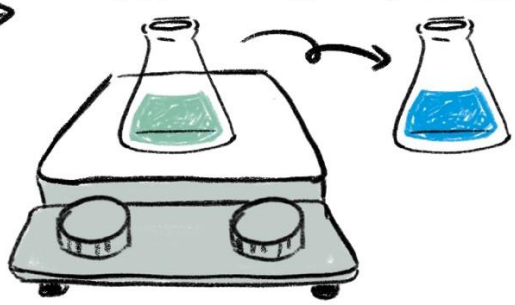
→

25 mL H_2O

→

3滴溴甲酚綠

→



加熱至沸騰

顏色由綠變至藍

→

0.1 M HCl

滴定至顏色由
藍色到綠色

→

→

0.1 M HCl

滴定至顏色由
藍色到黃色

→

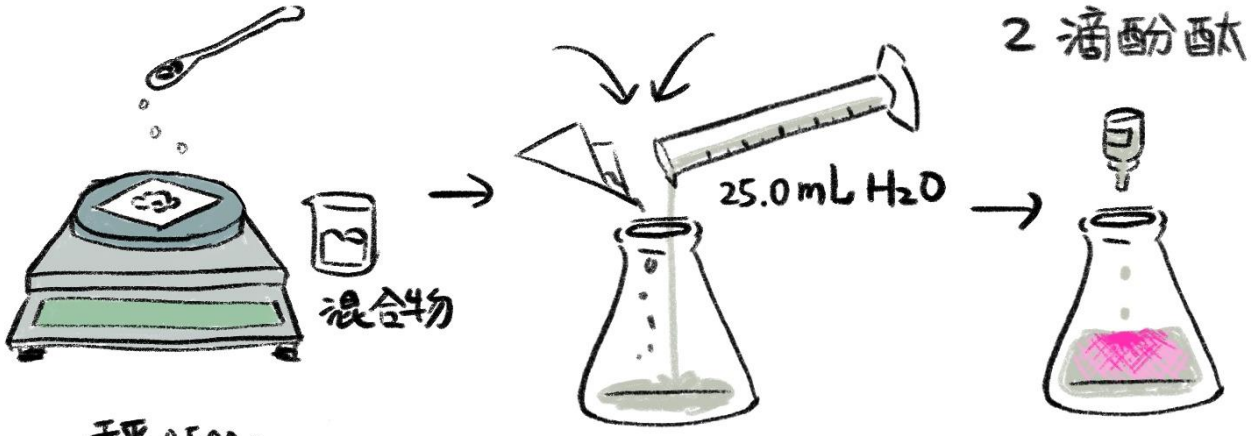
→

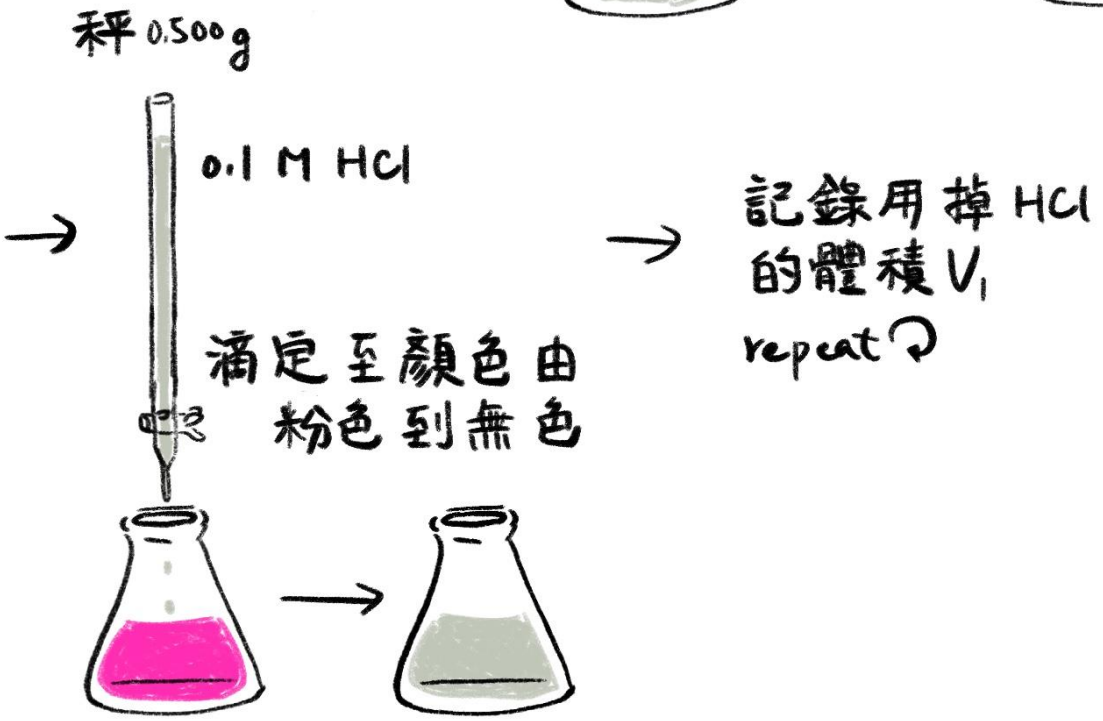
記錄用掉 HCl
的體積

repeat ↻

part Ⅲ

混合物的滴定(第一部分)





part Ⅲ

混合物的滴定

實驗結果與討論

以下為 HCl 標定的實驗數據：

記錄項目			數據與觀察紀錄			
實驗項目			第一次		第二次	
秤量之 Na_2CO_3 重（克）			0.160		0.162	
滴定管讀數（毫升）	初	末	0.00	24.40	0.00	25.10
			35.5	39.50	34.60	34.90
用掉 HCl 溶液的體積（毫升）			28.40		25.40	
HCl 溶液的體積莫耳濃度（M）			0.106		0.122	
平均 HCl 溶液的體積莫耳濃度（M）			0.114			

可列式 (0.160/105.99)*2=C(HCl 濃度 M)*[V(滴定體積 mL)/1000]*1
得：平均 HCl 溶液的體積莫耳濃度為 0.114 M

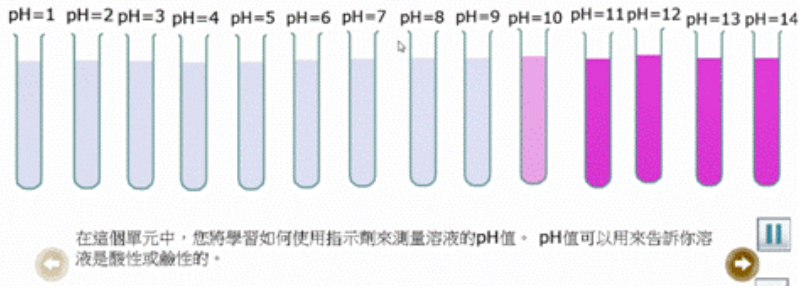
以下為混合物滴定的實驗數據：

記錄項目			數據與觀察紀錄			
第一滴定終點						
實驗項目			第一次		第二次	
滴定管讀數（毫升）	初	末	24.60	38.60	25.10	40.50
用掉 HCl 溶液的體積（毫升）			14.00		15.40	
平均用掉 HCl 溶液的體積（毫升）			14.7			
第二滴定終點						
滴定管讀數（毫升）	初	末	0.00	35.50	0.00	34.60
			37.50	38.20	34.90	35.60
用掉 HCl 溶液的體積（毫升）			36.20		35.30	
平均用掉 HCl 溶液的體積（毫升）			35.75			

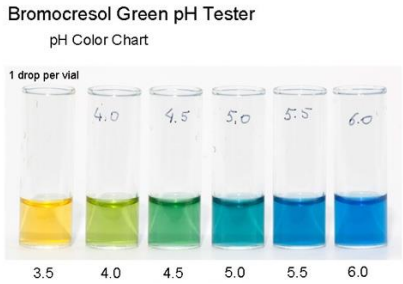
得：V1= 14.7
可列式：C×(V1/1000)×1＝(X/105.99)×1
X 為 Na_2CO_3 在混合物中含的克數＝0.178
得：V2= 35.75
可列式：C×(V2/1000)×1＝(X/105.99)×2＋(Y/84)×1
X 以 0.178 帶入，Y 為 $NaHCO_3$ 在混合物中含的克數= 0.06
（不能將式子列為：X= 0.500−Y，因為我麼不能確定混合物全部只含 Na_2CO_3 與 $NaHCO_3$）

討論：

我們的實驗結果為 Na_2CO_3 佔 35.10%，$NaHCO_3$ 佔 11.86%
助教公布此混合物成分的百分比為：Na_2CO_3 佔 32%，$NaHCO_3$ 佔 16%
用此數據可得知，第一滴定終點的 pH 應大約為 8.34，因此將溶液滴定至無色會使結果更準確（酚酞指示劑的變色範圍為 pH 8.2~12）



第二滴定終點的 pH 應大約落在 3.74，因此將溶液滴定至黃綠色會使結果更準確（溴甲酚綠指示劑的變色範圍為 pH 3.5~6）



結論

我們先前假設 $NaHCO_3$ 會比較少，果然它只佔 11.86%，所以我們的推測正確。
Na_2CO_3 佔 35.10%，$NaHCO_3$ 佔 11.86%，其誤差值分別為 2.5%與 25.8%。可知出現誤差較大的實驗為第二部分。用溴甲酚綠作為指示劑的滴定，我麼似乎比較不熟悉。

反思

本次實驗結果有些微誤差，認為是在實驗手法上有待改進；滴定中途發現顏色偏淡不易觀察，可再多滴 1~2 滴指示劑。
分析混合物中的 Na_2CO_3 與 $NaHCO_3$ 還有另一個途徑。在課本上有看到可以加入 $BaCl_2$ 將 CO_3^{2-} 沈澱出來再去滴定溶液中沒有反應的 HCO_3^-。如過下次有機會，我希望能夠探討哪一個途徑是比較準確，操作比較方便，與適合使用的情況。（推側：不加 $BaCl_2$ 的方法因為沒有繁瑣的操作步驟，操作起來會比較不方便，不過加入 $BaCl_2$ 可以減少 Na_2CO_3 對 $NaHCO_3$ 的影響所造成的誤差。）

年級	二年級	學號	411132021 411132040	姓名	蕭睿騏 陳宣輔

問題

1. 實驗的目的為何？

利用酸鹼滴定測定碳酸鈉及碳酸氫鈉混合物的百分比。

2. 你想要回答的問題是什麼？

本次實驗之混合物是否有除了 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 以外的第三種或以上的其他化合物? 若假設沒有的話 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 的含量應為多少?

解決問題的方法

先標定出 $HCl_{(aq)}$ 濃度，再使用標定過後的 $HCl_{(aq)}$ 滴定混合物，得出滴定 $HCl_{(aq)}$ 體積後，利用公式得出 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 的含量，看是否符合助教所配置的混合物比例。

器材

100 mL 燒杯、50 mL 定量瓶 × 1、滴定管架、
250 mL 錐形瓶 × 4、10 mL 吸量管、加熱攪拌器、250 mL 定量瓶 × 2、
100 mL 定量瓶 × 1、50 mL 滴定管、玻璃漏斗、50 mL 量筒、5 mL 吸量管、棉質手套。

變因

6. 列出實驗中相關操縱變因、應變變因及控制變因有哪些？

操縱變因:被滴定物克重。

控制變因:滴定管、指示劑的滴數、操作人員、$HCl_{(aq)}$ 濃度、煮沸時長等。

應變變因:滴定體積。

7. 列出相關變因的操縱型定義。

操縱變因:單位為克(g)，使用天秤測量。

控制變因:煮沸時長單位為秒(s)，使用碼表測量。

應變變因:單位為毫升(mL)，使用滴定管的讀數來進行判讀。

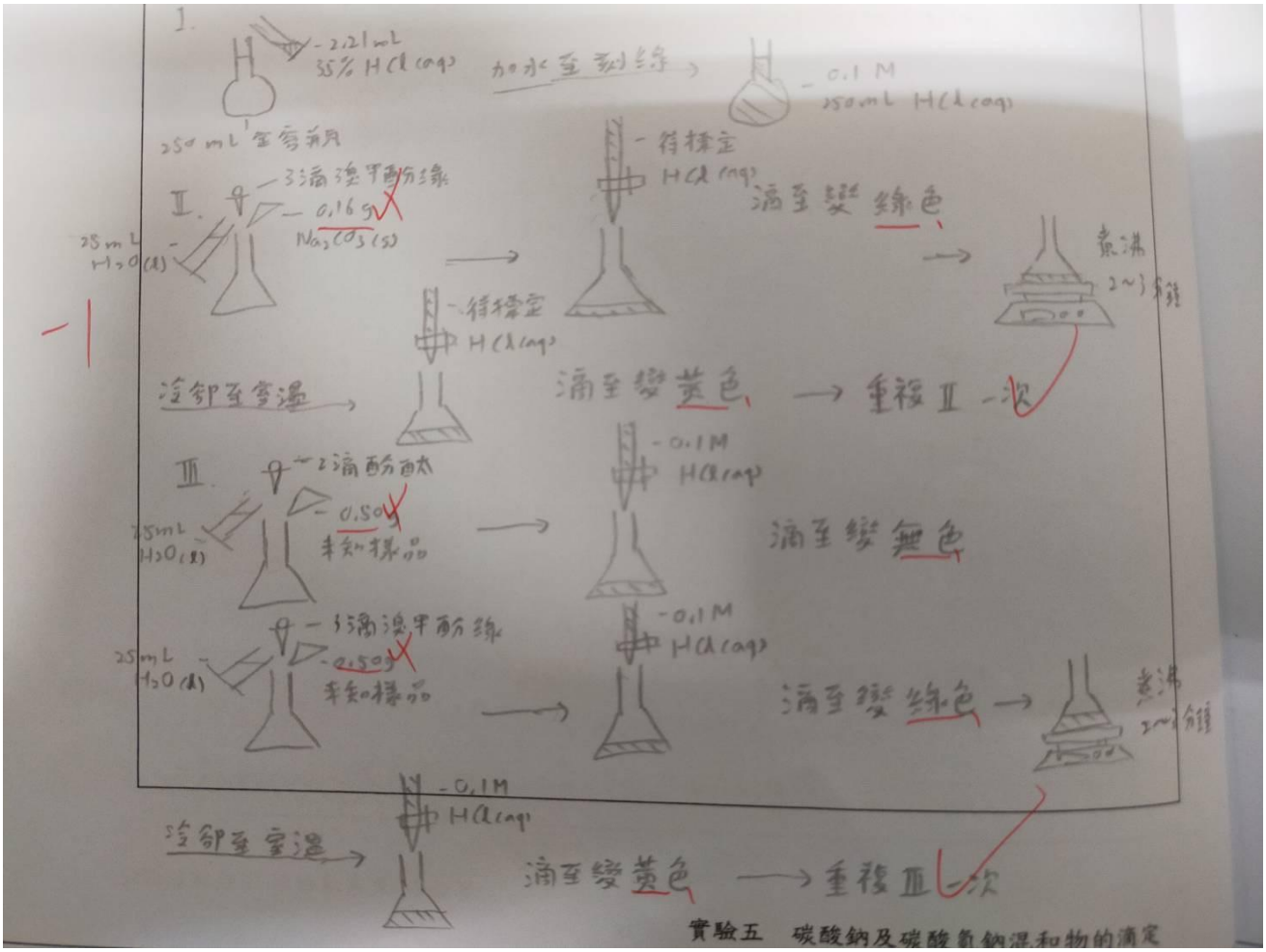
研究方法

請描述實驗原理

碳酸鈉當中含有兩個當量點，當我們有未知樣品中含有碳酸氫鈉及碳酸鈉，為了知道其在此未知樣品中的比例，我們可以透過滴定來檢測其含量。取兩同克數未知樣品，一個加酚酞指示劑（甲瓶）；另一則加入溴甲酚綠指示劑（乙瓶），當甲瓶變成對應到理論當量點 pH 值的顏色時，此為 $NaHCO_3 + HCl \rightleftharpoons H_2CO_3 + Cl^- + Na^+$（未平衡）；當乙瓶經過加熱滴定到變黃色則為第二當量點，此為 $Na_2CO_3 + HCl \rightleftharpoons H_2CO_3 + Cl^- + Na^+$；透過實驗可得 HCl 滴定甲瓶所使用的體積及滴定乙瓶所用之體積，HCl 使用體積(乙瓶) － HCl 使用體積(甲瓶)的結果為滴定碳酸鈉使用的含量，透過濃度與使用體積，帶入當量點公式可得碳酸鈉莫耳數，再反推碳酸氫鈉莫耳數及二者在未知樣品中的含量。

研究步驟

實驗流程與步驟:(以流程圖呈現)



實驗五　碳酸鈉及碳酸氫鈉混和物的滴定

實驗結果與討論

如何處理數據

$HCl_{(aq)}$的標定:

有了 Na_2CO_3 的重量，我們可以藉由重量除以分子量的公式得出其莫耳數，標定的體積得出後，再使用它的當量點公式 2 × mol = 1 × C × V，代入 mol 和 V 可得出 $HCl_{(aq)}$的濃度，即 C。

滴定未知混合物:

有了混合物的重量，滴定的體積也得出後，就用 C × 1 × (V/1000) = W/105.99 × 1 來得出 Na_2CO_3 的重量，即 W，接著 W/(混合物的重量) × 100% = Na_2CO_3 含量。再來算 $NaHCO_3$ 之重量，C × {[第二終點之體積 −（第一終點之體積 × 2)]/1000} = W/84.00，W 即 $NaHCO_3$ 之重量，再 W/(混合物的重量) × 100% = $NaHCO_3$ 含量。

結論

你的實驗結果能支持原先的假設嗎？為什麼？ 實驗結果不一定能證明實驗結果相對於理論數據來講是否正確，此實驗為葡萄糖加碳酸氫鈉加碳酸鈉，若是此樣品原先就沒有很均勻的混合，有可能影響到兩組數據相減後的結果，使甲、乙瓶的兩待側物含量差異過大造成實驗誤差，因存在此變因的關係，所以就算實驗結果與助教當初放的比例相差不小，不一定是滴定或是取樣的問題，所以此實驗結果在確定樣品為均勻混合物前不太能說明符合理論。
反思
由本實驗我學到了什麼？我有什麼心得、感想、建議等 越來越熟悉滴定的手法，使我們滴定濃度可以控制的更精準，也更加了解到滴定的目的是什麼，學到可以用此方法來檢驗單質子共軛鹼在某樣品中的含量，並且了解到若不加熱趕走 CO_2，則可能影響到 pH 值。