

數學、
科學及電腦教育

1996

高級程度
化學實驗
資料冊

數學、科學及電腦教育組



教育署
課程發展處

目 錄

頁次

	前言	iii
	鳴謝	iv
第一章	實驗資料	1
第二章	實驗評審指引	69
第三章	實驗評分參考	77
	附件	87

前 言

本資料冊是為了配合於一九九五年實施的高級程度化學科課程而編訂的，當中提供了一些實驗資料，可供教師於編排實驗課時參考。有鑑於坊間以英文編寫的化學科實驗教材甚多，而以中文編寫的則甚為缺乏，故本資料冊以中文編寫，以方便採用中文為教學語言的教師使用。

本冊子內容共分為三章節。第一章載有二十七個實驗的細節，這些實驗曾作充分的試驗，且能為學生帶來有意義的學習經驗，教師可選取合適的部分，在實驗課中使用。第二章提供一些評審指引資料，以助教師了解高級程度會考化學實驗教師評審制的要求。第三章則載有一些實例，為教師提供評審學生實驗技能的評分建議，以作參考。

有關本冊子內容的任何意見和建議，歡迎函寄香港灣仔皇后大道東213號胡忠大廈13樓教育署課程發展處數學、科學及電腦教育組。

課程發展處
數學、科學及電腦教育組
一九九六年九月

鳴謝

在編製本資料冊過程中，下列教育界同工曾對初稿內容提出寶貴意見：

潘李紫桃女士、王瑞珍女士、李孝治先生、
李景倫先生、鮑照華先生

特此致謝。

此外，我們亦感謝香港考試局應允讓本資料冊轉載《化學實驗教師評審制手冊》的部分內容。

第一章

實驗資料



本章提供二十七個實驗的資料，範圍包括「物質的轉變」、「化學平衡」、「動力學」和「能學」；而實驗種類則有「定量練習」、「定性練習」和「製備練習」。所載的實驗皆列出了所需的化學藥品和儀器，及在使用某些化學藥品或進行某些實驗步驟時可能遇到的潛在危險。然而教師在計劃實驗時，亦應留意在實驗室環境中有沒有其他可能出現的危險，及採取必須的預防措施。

為便於參考，本章的實驗依高級程度化學科課程的次序編排。

1. 測定揮發性液體的相對分子質量
2. 用碳酸鈉來標定氫氯酸
3. 用乙二酸來標定氫氧化鈉溶液
4. 熱量滴定
5. 用比色法來研習溴與甲酸反應的速率
6. 利用電導滴定來測定弱酸和弱鹼的濃度
7. 弱酸離解常數的測定
8. 探討緩衝溶液的特性
9. 滴定曲線
10. 探討一些電化電池的電動勢
11. 探討第三週期元素的化合物的化學性質
12. 探討第 II 族金屬化合物的溶解度
13. 探討鹵素及鹵化物的化學性質
14. 分析兩種市售漂白水
15. 探討過渡金屬離子的催化性質
16. 探討碳氫化合物的化學性質
17. 製備 1-溴丁烷
18. 製備環己烯
19. 探討醇的一些化學反應
20. 探討酚的化學性質
21. 製備環己酮
22. 探討醛和酮的一些化學反應
23. 探討羧酸的一些化學反應
24. 製備苯酸苯酯
25. 製備苯酸
26. 探討胺的化學性質
27. 探討碳水化合物的一些化學反應

實驗一：測定揮發性液體的相對分子質量

引言

測量已知質量的液體所生成的蒸氣體積，及利用以下方程式：

$$M = \frac{mRT}{pV}$$

式中 M = 氣體的摩爾質量(g mol^{-1})
 m = 液體樣本的質量 (g)
 R = 氣體常數($8.31 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$)
 T = 氣體的溫度(K)
 p = 大氣壓強(Nm^{-2})
 V = 氣體的體積(m^3)

可求得該液體的摩爾質量。

本實驗利用上述方法測定乙酸乙酯 ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$) 的摩爾質量，從而得出它的相對分子質量。

化學藥品

乙酸乙酯

儀器 / 物料

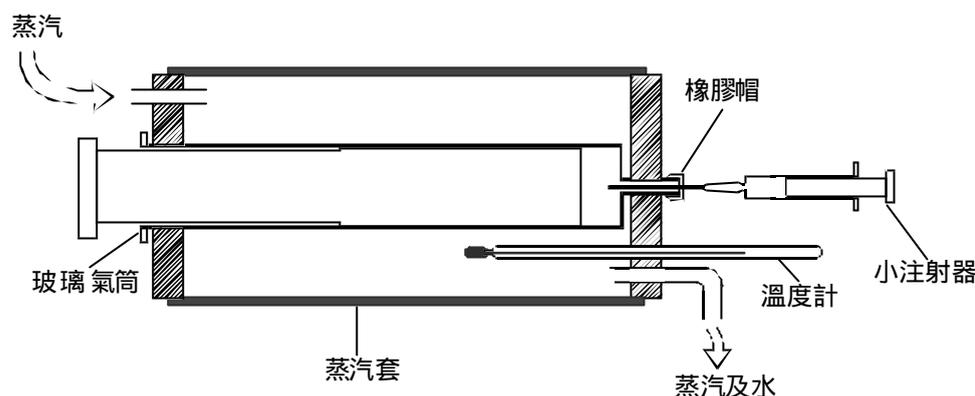
100 cm^3 玻璃氣筒、供氣筒用的橡膠帽、供氣筒用的蒸汽套、 -10 - 110°C 溫度計、蒸汽發生器(備有安全管)、小型玻璃注射器連針頭、濾紙、自動封口硅酮橡膠、電子天平、氣壓計

步驟



乙酸乙酯易燃。由於蒸汽可造成嚴重燙傷，進行實驗時須特別小心，並戴上安全眼鏡。蒸汽發生器須設有安全管，以避免當蒸汽出口管道閉塞時，產生巨大壓力，引致危險。蒸汽發生器的導管應牢固地套著蒸汽套的入口，而蒸汽套的出口應朝向下方。

1. 把 100 cm^3 玻璃氣筒置於蒸汽套內，拉出柱塞以抽取 5 cm^3 的空氣，然後用橡膠帽把氣筒管嘴封閉。
2. 把蒸汽通入蒸汽套內令氣筒受熱。



3. 抽取約 1 cm^3 的乙酸乙酯來清洗小注射器，把清洗液棄置於廢料瓶中。抽取另外 1 cm^3 的液體，輕輕拿著針筒使針頭垂直向上，緩慢地推動柱塞，以排出針筒內所有的氣體(此時應有少量液體溢出)。
4. 用濾紙抹乾針頭外的液體，並即時以一小塊硅酮橡膠封閉針頭。
5. 稱量已封口的小注射器，記錄結果。
【注意：應保持針筒橫放，避免碰到柱塞或使筒身受熱。】
6. 當蒸汽套內的溫度達至固定度數，及氣筒內空氣的體積保持不變，記錄空氣的體積。
7. 把小注射器的針頭穿過橡膠帽插進氣筒內，然後注入約 0.2 cm^3 的液體。



8. 把小注射器抽出，並即時用原來的硅酮橡膠封閉針頭。然後稱量這個已封口的小注射器，記錄結果。
9. 轉動玻璃氣筒的柱塞，讓氣筒內的壓強達至大氣壓強，記錄結果。
10. 觀察溫度及氣筒內氣體體積的變化，當溫度及氣體體積恆定時，紀錄結果。
11. 關掉本生燈讓蒸汽發生器停止運作，待冷卻後把儀器拆卸。
12. 利用所提供的方程式，計算乙酸乙酯的摩爾質量，從而得出它的相對分子質量。

結果

氣筒內空氣的體積 : _____ cm^3

小注射器連硅酮橡膠及液體
在注射前的質量 : _____ g

小注射器連硅酮橡膠及液體
在注射後的質量 : _____ g

大氣壓強 : _____ Nm^{-2}

蒸氣的溫度 : _____ $^{\circ}\text{C}$

氣筒內空氣及蒸氣的體積 : _____ cm^3

討論

1. 若注射器針頭短於玻璃氣筒的管嘴，會對實驗結果有何影響？
2. 利用 s.t.p. 下的摩爾體積和實驗所得的氣體體積，計算乙酸乙酯的摩爾質量。
3. 比較題 2 與實驗步驟 12 所求得的摩爾質量。解釋其差異之處？

備註

本實驗亦可用其他揮發性液體如丙酮來代替乙酸乙酯。

實驗二：用碳酸鈉來標定氫氯酸

引言

利用一已知準確濃度的鹼(或酸)可測定一個酸(或鹼)的濃度，這些已知準確濃度的溶液稱為標準溶液。在這實驗中，先行製備標準碳酸鈉溶液，然後用它來滴定氫氯酸，以測定該酸的準確濃度。

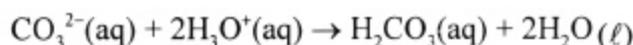
基本標準

適合用來製備標準溶液的物質，其質量須能準確地稱量，並應有明確的化學成分(最好是純度高的物質)，這些物質稱為基本標準。會風化的、會潮解的、在液態或溶液中不穩定的、會與空氣中的二氧化碳起反應或含不明數量雜質的物質，均不適合用作基本標準。

分析級的無水碳酸鈉的純度為 99.5 %，若置於空氣中，在短時間內它的成分不會有太大的改變。其他適合用作酸鹼定量分析的基本標準有氧化汞(II)、乙二酸鈉和苯二甲酸氫鉀。

指示劑的選用

當把稀氫氯酸加入碳酸鈉溶液時，碳酸根離子與水合氫離子反應，生成碳酸和水：



達到當量點時，溶液基本上為碳酸。在碳酸溶液中，石蕊和酚酞均呈現酸性時的顏色，但甲基橙則呈現中性時的顏色。甲基橙中性時的顏色是指其介乎鹼性(黃色)與酸性(紅色)之間的顏色，故此甲基橙顏色的變化可顯示滴定的終點。

化學藥品

無水碳酸鈉、約 0.1 M 氫氯酸、甲基橙指示劑

儀器

天平、稱量瓶、燒杯、玻璃棒、漏斗、滴管、洗滌瓶、滴定儀器

步驟



危險警告

甲基橙溶液易燃。

甲、製備碳酸鈉標準溶液

1. 計算出製備 100.0 cm³ 的 0.100 M 碳酸鈉溶液所需的無水碳酸鈉的質量。

- 用。稱取稱量瓶的質量，然後按步驟 1 的計算結果，把適量的無水碳酸鈉加入稱量瓶中，再稱取其質量。
3. 把碳酸鈉倒進燒杯中，用少量去離子水沖洗稱量瓶，並將沖洗液一併加進燒杯中。
 4. 把約 30 cm^3 的去離子水加進燒杯中，用玻璃棒攪拌混合物，直至所有碳酸鈉完全溶解。
 5. 把溶液通過漏斗倒進一個 100.0 cm^3 的容量瓶中，用洗滌瓶將燒杯內剩餘的溶液沖洗入容量瓶中，並加入去離子水直至液面接近容量瓶的刻度。此時可用滴管(或直接使用洗滌瓶)滴入去離子水直至液面剛好到達刻度上。
 6. 蓋好瓶塞，把容量瓶倒轉搖動數次，讓瓶內溶液完全混和。

乙、用標準碳酸鈉溶液滴定氫氯酸

1. 用少量所提供的氫氯酸沖洗一支清潔的滴定管，然後把氫氯酸注入滴定管中。
2. 用標準碳酸鈉溶液沖洗一支 10.0 cm^3 的移液管，然後用它及移液管膠泵吸取 10.0 cm^3 的碳酸鈉溶液，放進一清潔的錐形瓶中。
3. 加入 2 滴甲基橙指示劑。
4. 記錄滴定管的起始讀數。
5. 把滴定管中的氫氯酸加入錐形瓶中，直至溶液的顏色由黃變橙(在滴定過程中，應不斷搖勻混合液。)。記錄滴定管的最後讀數。這次為試驗性滴定。
6. 重複以上的滴定步驟，直至獲得兩組一致的結果(滴定值的差異不大於 0.10 cm^3)。把所有滴定管讀數記錄在表一中。
7. 計算氫氯酸的準確濃度(以 mol dm^{-3} 來表示)。

結果

稱量瓶及無水碳酸鈉的質量 : _____ g

稱量瓶的質量 : _____ g

無水碳酸鈉的質量 : _____ g

碳酸鈉溶液的濃度 : _____ mol dm^{-3}

表一

	第一次 (試驗性)	第二次	第三次	第四次
滴定管最後讀數 / cm^3				
滴定管起始讀數 / cm^3				
氫氯酸的體積 / cm^3				

平均滴定值 = _____ cm^3

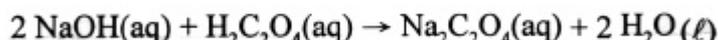
討論

1. 為甚麼氫氧化鈉和水合碳酸鈉均不適合用作基本標準？
2. 為甚麼滴定值在 $20\text{-}25 \text{ cm}^3$ 之間較在 $2\text{-}3 \text{ cm}^3$ 之間更為可取？
3. 為甚麼在乙部的步驟 1 中，須用所提供的氫氯酸來沖洗滴定管？

實驗三：用乙二酸來標定氫氧化鈉溶液

引言

固體氫氧化鈉容易潮解，亦容易與空氣中的二氧化碳起反應，因此不適宜直接用來製備標準溶液。要獲得一準確濃度的氫氧化鈉溶液，須先製成一大致相若濃度的氫氧化鈉溶液，然後利用純淨和穩定的物質把它標定。本實驗使用水合乙二酸作為基本標準，以測定所提供的氫氧化鈉溶液的準確濃度。氫氧化鈉與乙二酸反應的方程式如下：



化學藥品

二水合乙二酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、約 0.1 M 氫氧化鈉溶液、酚酞指示劑、稀氫氯酸

儀器

天平、稱量瓶、燒杯、滴定儀器

步驟



危險警告

乙二酸有害，而酚酞溶液則易燃。

1. 計算出製備 100.0 cm^3 的 0.05 M 乙二酸溶液所需的水合乙二酸的質量。
2. 按步驟 1 的計算結果，利用稱量瓶及天平準確地稱取所需的水合乙二酸。
3. 把水合乙二酸倒進燒杯中，用少量的去離子水將它溶解，把溶液倒進一個 100.0 cm^3 的容量瓶中。
4. 用去離子水把溶液稀釋至 100.0 cm^3 。
5. 利用移液管吸取 10.0 cm^3 的氫氧化鈉溶液，放進錐形瓶中，並加入 1-2 滴酚酞指示劑（混合液呈粉紅色），然後用乙二酸滴定直至溶液變為無色。
6. 重複以上的滴定步驟直至獲得兩組一致的結果。把所有滴定管讀數記錄在表一中。
7. 實驗完畢後，先用稀氫氯酸沖洗盛載氫氧化鈉溶液的移液管，再用水把它清洗。
8. 計算氫氧化鈉溶液的準確濃度（以 mol dm^{-3} 來表示）。

結果

新製備的羧基羧酸類來類二乙用：三儲寶

稱量瓶及水合乙二酸的質量 : _____ g
 稱量瓶的質量 : _____ g
 水合乙二酸的質量 : _____ g
 乙二酸溶液的濃度 : _____ mol dm⁻³

表一

	第一次 (試驗性)	第二次	第三次	第四次
滴定管最後讀數 / cm ³				
滴定管起始讀數 / cm ³				
乙二酸溶液的體積 / cm ³				

平均滴定值 = _____ cm³

討論

1. 為甚麼選用酚酞作為這滴定的指示劑？
2. 在步驟 7 中，為甚麼盛載氫氧化鈉溶液的移液管要先用稀氫氯酸，再用水來清洗？
3. 氫氧化鈉與空氣中的二氧化碳反應會生成甚麼物質？寫出該反應的方程式。

實驗四：熱量滴定

引言

本實驗利用簡單儀器來進行熱量滴定，以測定酸鹼反應中鹼溶液的濃度及中和焓變。

化學藥品

稀氫氯酸、稀硝(V)酸、稀乙酸、稀氫氧化鈉溶液、稀氫氧化鉀溶液、稀氨溶液

儀器

量筒、 $-10-110^{\circ}\text{C}$ 溫度計、發泡膠杯、滴定管、移液管、移液管膠泵

步驟



稀硝(V)酸有刺激性，稀氫氧化鈉溶液和稀氫氧化鉀溶液有腐蝕性。

危險警告



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

從所提供的溶液中，選取一個酸鹼組合來進行實驗。酸的濃度是 1.00 M ，而鹼的濃度是未知的。

甲、方法一

1. 根據下表的指定分量，利用量筒把鹼溶液倒進一發泡膠杯中，並用溫度計量度溶液的溫度。

鹼溶液的體積 / cm^3	5	10	15	20	25	30	35
酸溶液的體積 / cm^3	35	30	25	20	15	10	5

2. 用另一量筒把指定分量的酸溶液倒進鹼溶液中混合，並用溫度計量度混合液的最高溫度。把結果記錄在表一中。
3. 利用繪圖的方法，求出鹼溶液的摩爾濃度及中和焓變(以 kJ mol^{-1} 表示)。

乙、方法二

1. 把 25.0 cm^3 的鹼溶液置於一發泡膠杯中，並用溫度計量度溶液的溫度。
2. 利用滴定管加入 2.0 cm^3 的酸溶液，搖勻混合液及量度其溫度。繼續加入 2.0 cm^3 的酸溶液直至最後共用了 40.0 cm^3 的酸溶液為止(應迅速地進行這步驟，當每次加入酸溶液後，量度混合液的最高溫度)。把結果記錄在表二中。
3. 利用繪圖的方法，求出鹼溶液的摩爾濃度及中和焓變(以 kJ mol^{-1} 表示)。

結果

表一

鹼溶液的體積 / cm^3	5	10	15	20	25	30	35
酸溶液的體積 / cm^3	35	30	25	20	15	10	5
鹼溶液的溫度 / $^{\circ}\text{C}$							
混合液的最高溫度 / $^{\circ}\text{C}$							
溫度變化 / $^{\circ}\text{C}$							

表二

酸溶液的體積 / cm^3	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
混合液的最高溫度 / $^{\circ}\text{C}$											

酸溶液的體積 / cm^3	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	
混合液的最高溫度 / $^{\circ}\text{C}$											

討論

1. 在乙部實驗中，為甚麼須迅速進行滴定？
2. 在計算中和焓變時，作了些甚麼假設？
3. 比較甲部與乙部的實驗結果。若有不同，解釋其差異之處。
4. 比較方法一和方法二在測定以下項目時的優點和缺點：
 - (a) 酸或鹼的濃度；
 - (b) 中和焓變。
5. 蒐集其他組別的實驗結果，記錄在下表中。

酸鹼組合	中和 變(kJ mol^{-1})
HCl 和 NaOH	
HCl 和 KOH	
HCl 和 NH_3	
HNO_3 和 NaOH	
HNO_3 和 KOH	
HNO_3 和 NH_3	
CH_3COOH 和 NaOH	
CH_3COOH 和 KOH	
CH_3COOH 和 NH_3	

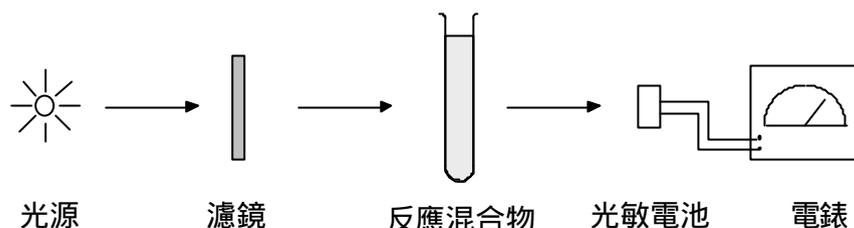
6. 根據上表資料，評論中和焓變與酸鹼組合的關係。

實驗五：用比色法來研習溴與甲酸反應的速率

引言

在一個反應中，若反應物或生成物帶有顏色，該顏色的深度會隨著反應的進行而改變，這變化可用比色法來測度。比色法較滴定法簡便和快捷，以及毋須從反應混合物中抽取樣本進行分析，因此適合用來研習反應的速率。

比色法所用儀器為比色計，其構造簡圖如下：



大多數比色計是用濾鏡或衍射光柵來選擇最適合反應混合物吸收的波長。所選擇的光波通過反應混合物，到達光敏電池，令它產生電流。該電流與通過反應混合物的光量有關，亦與反應混合物中有色物質的濃度有關。

若有色溶液的濃度為最低時，通過溶液的光量應最大，在光敏電池產生的電流亦為最大。一般而言，吸光度和有色溶液的濃度成正比，故此比色計通常是用吸光度來標定。在這實驗中，反應混合物中的溴是有色的，因此吸光度與反應混合物中溴的濃度成正比。溴與甲酸反應的方程式如下：



隨著反應的進行，溴的顏色深度會減少，這變化可用比色計來量度。若所用甲酸的濃度高於溴的濃度 10 倍，便可假設在反應中甲酸的濃度維持不變，因而可以集中探究溴的濃度對這反應速率的影響。

就溴而言，若反應是零級， $[\text{Br}_2]$ (或吸光度)對時間的圖像應是直線；若反應是一級，則 $\ln[\text{Br}_2]$ 對時間的圖像應是直線；若反應是二級，則 $1/[\text{Br}_2]$ 對時間的圖像應是直線。通過繪畫這些圖像，可以測定這反應對溴的級數。

化學藥品

0.5 M 甲酸、0.05 M 溴水

儀器

比色計、薄壁試管(或比色杯)、大試管、秒錶

步驟



甲酸有刺激性，而溴水則有害。

1. 把比色計的靈敏度調至最低，插入藍色或綠色的濾鏡。開啟電源，待儀器運作數分鐘後才使用。
2. 在一比色計專用的薄壁試管中，加入去離子水至 3/4 容量，小心地把薄壁試管插入比色計中，蓋上光罩。把比色計的靈敏度調至最高，並將吸光度讀數調至零。
3. 在一支盛有 5 cm^3 的 0.5 M 甲酸的薄壁試管中，加入等量的 0.05 M 溴水，隨即開始計時，並迅速把混合物輕輕搖勻。把薄壁試管插入比色計中，蓋上光罩，每隔 15 秒鐘量度吸光度，直至獲得 9 個讀數。
4. 把結果記錄在表一中。

結果

表一

t / 秒	吸光度	ln (吸光度)	1 / 吸光度
15			
30			
45			
60			
75			
90			
105			
120			
135			

討論

1. 繪出以下圖像：

- (a) 吸光度 對 時間；
- (b) $\ln(\text{吸光度})$ 對 時間；
- (c) $1 / \text{吸光度}$ 對 時間。

求出這反應對溴的級數。

- 2. 利用合適的速率方程式，求出這反應的速率常數及寫出其單位。
- 3. 與滴定法相比，比色法在研習反應速率方面有何優點？
- 4. 在本實驗中，為甚麼要選用藍色或綠色的濾鏡？
- 5. 即使在沒有實驗誤差的情況下，為甚麼所得的圖像都不會是完全的直線？(提示：實驗中所作的假設，有哪幾項並不是完全正確的？)

備註

在步驟 2 及 3 中，若以比色杯代替薄壁試管來盛載測試溶液，宜先把甲酸及溴水放進一大試管中混合，然後把適量的混合液倒進比色杯中，進行測試。

實驗六：利用電導滴定來測定弱酸和弱鹼的濃度

引言

電導滴定是一種毋須使用指示劑的滴定方法，以測定酸或鹼的濃度。本實驗利用電導計來量度酸鹼滴定中混合液的電導率，以獲得混合液的電導率與加入的酸(或鹼)溶液體積的關係圖像，從而得出滴定的當量點，以求出酸(或鹼)溶液的準確濃度。

化學藥品

0.50 M 氫氧化鈉溶液、約 0.05 M 乙酸、約 0.5 M 氯溶液

儀器

移液管、燒杯、磁棒、磁力攪拌器、電導計、滴定管

步驟

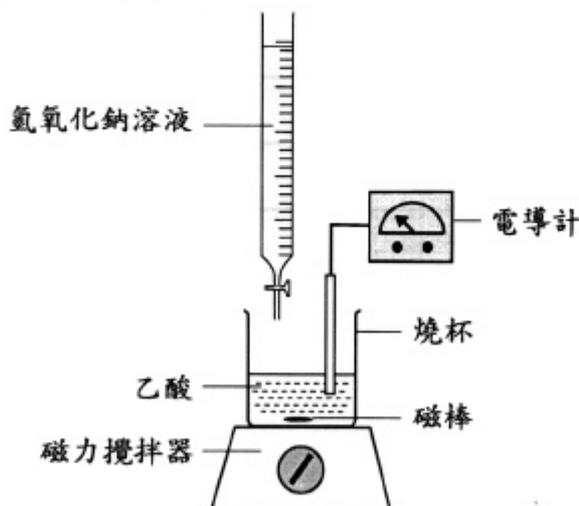


危險警告

0.50 M 氫氧化鈉溶液有刺激性。

甲、氫氧化鈉對乙酸

1. 利用移液管吸取 50.0 cm^3 的乙酸放進一燒杯中，放入一磁棒，然後把燒杯置於磁力攪拌器上。
2. 把電導計的探測電極置於乙酸中，啟動磁力攪拌器。當電導計的讀數達至穩定時，記錄結果。
3. 如下圖所示，從滴定管加入 1.0 cm^3 的 0.50 M 氫氧化鈉溶液。當電導計的讀數達至穩定時，記錄結果。



4. 重複步驟 3，直至最後共加入 8.0 cm^3 的氫氧化鈉溶液。

- 繪出電導計讀數對氫氧化鈉溶液體積的圖像，由此求出乙酸的準確濃度。
- 用去離子水清洗滴定管，以備乙部實驗之用。

乙、氨溶液對乙酸

- 重複甲部實驗的步驟 1-4，但以氨溶液取代氫氧化鈉溶液。
- 繪出電導計讀數對氨溶液體積的圖像，由此求出氨溶液的準確濃度。

結果

甲、氫氧化鈉對乙酸：

氫氧化鈉溶液的實際濃度：_____ mol dm⁻³

氫氧化鈉溶液的體積(cm ³)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
電導計讀數									

乙、氨溶液對乙酸：

氨溶液的體積(cm ³)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
電導計讀數									

討論

- 闡釋甲部實驗所得的圖像。
- 甲乙兩部實驗所得的圖像有何不同？解釋差異之處。
- 比較電導滴定和一般滴定(使用指示劑)的優點和缺點。

實驗七：弱酸離解常數的測定

引言

簡單來說，酸的強弱是與它的離解程度有關的；強酸會在水中完全離解，而弱酸則只會在水中部分離解。

雖然有時可用酸溶液的 pH 值來比較酸的強弱，但它會隨酸濃度的改變而轉變；而離解常數(K_a)卻不會隨酸濃度的改變而轉變。因此，可用離解常數來準確地比較酸的強弱。

假設有一弱酸 (HA) 在水中部分離解：



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})][\text{A}^-(\text{aq})]}{[\text{HA(aq)}]}$$

$$-\lg [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = -\lg K_a - \lg \frac{[\text{HA(aq)}]}{[\text{A}^-(\text{aq})]}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \lg \frac{[\text{HA(aq)}]}{[\text{A}^-(\text{aq})]}$$

若 $[\text{HA(aq)}] = [\text{A}^-(\text{aq})]$ ，則 $\text{pH} = \text{p}K_a$ 。

本實驗用氫氧化鈉溶液滴定一弱酸，直至 $[\text{HA(aq)}] = [\text{A}^-(\text{aq})]$ ，量度此時混合液的 pH 值，則可求得該弱酸的 K_a 值。

透過測定不同弱酸的 K_a 值，便可比較各酸的強度。

化學藥品

0.100 M 乙酸、0.100 M 氫氧化鈉溶液、酚酞指示劑、0.100 M 氯乙酸、0.100 M 二氯乙酸、0.100 M 三氯乙酸

儀器

pH 計、滴定儀器

步驟



危險警告



氯乙酸、二氯乙酸及三氯乙酸有腐蝕性，而酚酞溶液則易燃。

進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

1. 校準 pH 計。
2. 利用移液管吸取 10.0 cm³ 的 0.100 M 乙酸放進一錐形瓶中。

3. 加入酚酞指示劑，用 0.100 M 氫氧化鈉溶液來滴定。
4. 再加入 10.0 cm³ 的 0.100 M 乙酸於錐形瓶中，搖勻混合液。
5. 用 pH 計量度該混合液的 pH 值。
6. 用下列的酸代替乙酸，重複步驟 2-5：
 - (a) 氯乙酸；
 - (b) 二氯乙酸；
 - (c) 三氯乙酸。

討論

1. 求出乙酸、氯乙酸、二氯乙酸及三氯乙酸的 K_a 值。
2. 按酸的強度，把上述各酸依次排列，並解釋它們的不同酸強度。
3. 把實驗求得的 K_a 值與文獻所載的數值作一比較。
4. 哪一個酸在實驗中獲得的 K_a 值與文獻所載的數值有較大的差異？解釋這些差異。

【文獻所載的 K_a 值：

酸	K_a 值 (mol dm ⁻³)
乙酸	1.7×10^{-5}
氯乙酸	1.3×10^{-3}
二氯乙酸	5.0×10^{-2}
三氯乙酸	2.3×10^{-1}

資料來源： *Revised Nuffield Advanced Science: Book of Data*, Nuffield-Chelsea Curriculum Trust, Longman 1984.]

實驗八：探討緩衝溶液的特性

引言

緩衝溶液是弱酸和它的共軛鹼(如乙酸和乙酸鈉)的混合液，或是弱鹼和它的共軛酸(如氨和氯化銨)的混合液。當加入少量酸、鹼或加水稀釋時，緩衝溶液的 pH 值基本上維持不變。

化學藥品

0.1 M 氫氧化鈉溶液、0.1 M 乙酸、0.1 M 氫氯酸

儀器

移液管、燒杯、玻璃棒、pH 計、滴定管

步驟

甲、配製緩衝溶液

1. 利用移液管吸取 25.0 cm^3 的 0.1 M 氫氧化鈉溶液放進一燒杯中，然後加入 50.0 cm^3 的 0.1 M 乙酸，用玻璃棒攪勻。這混合液為溶液 A。
2. 用已校準的 pH 計量度溶液 A 的 pH 值。

乙、緩衝溶液的特性

1. 利用移液管吸取 25.0 cm^3 的 0.1 M 氫氧化鈉溶液放進一燒杯中。從滴定管滴入 0.1 M 氫氯酸，用 pH 計量度混合液的 pH 值，繼續滴定直至混合液的 pH 值與溶液 A 的 pH 值相同。這混合液為溶液 B。
2. 分別取 5 cm^3 的溶液 A 和溶液 B 置於兩個 100 cm^3 燒杯中，各加入約 45 cm^3 的去離子水，用玻璃棒攪勻，然後量度該兩稀釋溶液的 pH 值。
3. 分別取 20 cm^3 的溶液 A 和溶液 B 置於兩個 100 cm^3 燒杯中，各加入 1 cm^3 的 0.1 M 氫氯酸，用玻璃棒攪勻，量度各混合液的 pH 值；然後再各加入 9 cm^3 的 0.1 M 氫氯酸，用玻璃棒攪勻，再量度各混合液的 pH 值。
4. 重複步驟 3，但以 0.1 M 氫氧化鈉溶液取代氫氯酸。

結果

	pH 值	
	溶液 A	溶液 B
原溶液		
加入 45 cm ³ 的去離子水後		
加入 1 cm ³ 的氫氯酸後		
加入共 10 cm ³ 的氫氯酸後		
加入 1 cm ³ 的氫氧化鈉溶液後		
加入共 10 cm ³ 的氫氧化鈉溶液後		

討論

1. 溶液 A 和溶液 B 兩者中，何者是緩衝溶液？試加以解釋。
2. 根據實驗結果，說明緩衝溶液的特性。
3. 利用反應方程式，解釋緩衝溶液如何能對外加的酸或鹼起緩衝作用。

實驗九：滴定曲線

引言

在酸鹼滴定中，於每次把少量的鹼溶液(或酸)滴入酸(或鹼溶液)後，量度混合液的 pH 值，所得的數據可用來繪出 pH 值對加入的鹼溶液(或酸)體積的圖像(稱為酸鹼滴定曲線)。滴定曲線可提供資料以助選擇適合酸鹼滴定的指示劑。本實驗利用氫氧化鈉溶液(強鹼)、氨溶液(弱鹼)、氫氯酸(強酸)及乙酸(弱酸)構成四種酸鹼組合來進行滴定，以獲取每一組合的滴定曲線。

化學藥品

0.100 M 氫氯酸、0.100 M 氫氧化鈉溶液、0.100 M 氨溶液、0.100 M 乙酸

儀器

滴定儀器、燒杯、磁棒、磁力攪拌器、pH 計、鉗

步驟

1. 利用移液管吸取 25.0 cm³ 的 0.100 M 氫氯酸放進一燒杯中，放入一磁棒，然後把燒杯置於磁力攪拌器上。
2. 把已校準的 pH 計的玻璃電極放入燒杯中，用鉗固定它的位置，令電極末端的玻璃球一方面能浸在溶液中，卻又不會被磁棒碰破。
3. 啟動磁力攪拌器，調校至合適的速度。
4. 按表一指定的分量，把 0.100 M 氫氧化鈉溶液由滴定管滴入燒杯中，每當溶液完全混和後，記錄溶液的 pH 值。
5. 重複步驟 1-4，但改用氫氧化鈉溶液與乙酸的組合。
6. 重複步驟 1-4，但改用氨溶液與乙酸的組合。
7. 重複步驟 1-4，但改用氨溶液與氫氯酸的組合。
8. 根據實驗所得的數據，繪出四種酸鹼組合的滴定曲線。

結果

表一 氫氧化鈉溶液對氫氯酸

鹼溶液的體積/cm ³	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	24.00	24.20	24.40	24.60	24.80	24.90	24.95
混合液的 pH 值												
鹼溶液的體積/cm ³	25.00	25.05	25.10	25.20	25.40	25.60	25.80	26.00	30.00	35.00	40.00	45.00
混合液的 pH 值												

表二 氫氧化鈉溶液對乙酸

鹼溶液的體積/cm ³	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	24.00	24.20	24.40	24.60	24.80	24.90	24.95
混合液的 pH 值												
鹼溶液的體積/cm ³	25.00	25.05	25.10	25.20	25.40	25.60	25.80	26.00	30.00	35.00	40.00	45.00
混合液的 pH 值												

表三 氨溶液對乙酸

鹼溶液的體積/cm ³	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	24.00	24.20	24.40	24.60	24.80	24.90	24.95
混合液的 pH 值												
鹼溶液的體積/cm ³	25.00	25.05	25.10	25.20	25.40	25.60	25.80	26.00	30.00	35.00	40.00	45.00
混合液的 pH 值												

表四 氨溶液對氫氯酸

鹼溶液的體積/cm ³	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	24.00	24.20	24.40	24.60	24.80	24.90	24.95
混合液的 pH 值												
鹼溶液的體積/cm ³	25.00	25.05	25.10	25.20	25.40	25.60	25.80	26.00	30.00	35.00	40.00	45.00
混合液的 pH 值												

討論

分別就四種不同酸鹼組合回答以下各問題。

1. 滴定曲線的哪一部分顯示出當有少量鹼加入時，pH 值會有大幅度的變化？
2. 要加入多少的鹼，才可達至滴定的當量點？
3. 在下列的情況下，若再加入 0.05 cm^3 (約 1 滴) 的酸，混合液的 pH 值會變為多少？
 - (a) 當鹼溶液的體積等於 12.5 cm^3 時；
 - (b) 當鹼溶液的體積等於 25.0 cm^3 時；
 - (c) 當鹼溶液的體積等於 34.0 cm^3 時。
4. 根據每一滴定曲線及以下資料，建議一種適合該滴定的指示劑，並略述選擇該指示劑的原因。

指示劑	$pK_m(298\text{K})$	pH 範圍		
甲基橙	3.7	紅	3.2 - 4.4	黃
甲基紅	5.1	紅	4.2 - 6.3	黃
溴百里酚藍	7.0	黃	6.0 - 7.6	藍
酚紅	7.9	黃	6.8 - 8.4	紅
酚酞	9.3	無色	8.2 - 10.0	紅

(資料來源：*Revised Nuffield Advanced Science: Book of Data*,
Nuffield-Chelsea Curriculum Trust, Longman 1984.)

實驗十：探討一些電化電池的電動勢

引言

電化電池是一個把化學能轉化為電能的裝置，通常由兩個半電池組成。在電化電池中起氧化作用(失去電子)的電極稱為陽極，而起還原作用(獲得電子)的電極稱為陰極。

本實驗量度一些由不同的半電池所組成的電化電池的電動勢，從而比較各半電池內的氧化劑(或還原劑)的相對強弱，以及驗證有關氧化還原反應可行性的預測。

化學藥品

1.0 M 硫(VI)酸銅(II)溶液、1.0 M 硫(VI)酸鋅溶液、1.0 M 硫(VI)酸鐵(II)溶液、1 M 硝(V)酸鉀溶液、0.1 M 碘溶液、0.1 M 碘化鉀溶液、0.1 M 硝(V)酸鐵(III)溶液、0.1 M 硫(VI)酸鐵(II)溶液

儀器 / 物料

砂紙、銅電極、鋅電極、鐵電極、碳棒(或鉑電極)、小燒杯、濾紙條、數字萬用電錶(或高阻抗伏特計)、接駁電線、試管

步驟

甲、由金屬-金屬離子系統組成的電化電池

1. 裝置下列的半電池及製備鹽橋：

- $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$ 半電池 —— 把一片潔淨銅電極置於一個盛有 10 cm^3 的 1.0 M 硫(VI)酸銅(II)溶液的小燒杯中；
- $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$ 半電池 —— 把一片潔淨鋅電極置於一個盛有 10 cm^3 的 1.0 M 硫(VI)酸鋅溶液的小燒杯中；
- $\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$ 半電池 —— 把一片潔淨鐵電極置於一個盛有 10 cm^3 的 1.0 M 硫(VI)酸鐵(II)溶液的小燒杯中；
- 鹽橋 —— 以 1 M 硝(V)酸鉀溶液潤濕濾紙條。

【注意：在使用金屬電極前，須先用砂紙把金屬表面磨擦乾淨。】

- 利用 $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$ 半電池和 $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$ 半電池組成一電化電池，兩個半電池間以鹽橋連接。
- 使用數字萬用電錶(或高阻抗伏特計)來量度電池的電動勢。辨別電子流動的方向、陽極和陰極。根據 IUPAC 規例，寫出該電化電池的電池圖及有關反應的離子方程式。

4. 以 $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$ 半電池和 $\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$ 半電池組成另一電化電池，兩個半電池間以新鹽橋連接，重複步驟 3。
5. 根據步驟 3 及 4 所量得的電動勢，預測由 $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$ 半電池和 $\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$ 半電池所組成的電化電池的電動勢。
6. 以 $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$ 半電池和 $\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$ 半電池組成另一電化電池，兩個半電池間以新鹽橋連接，重複步驟 3。
7. 比較在步驟 5 所預測的電動勢和步驟 6 所量得的電動勢。若有不同，原因何在？
8. 根據實驗結果
 - (a) 按還原能力遞增次序，把各半電池內的還原劑排列；
 - (b) 按氧化能力遞增次序，把各半電池內的氧化劑排列。

乙、由其他系統組成的電化電池

1. 裝置下列的半電池及製備鹽橋：
 - (a) $\text{I}_2 | \text{I}^-$ 半電池——把一根潔淨的碳棒(或鉑電極)置於一個盛有 10 cm^3 的碘和碘化鉀的混合液(含等量的 0.1 M 碘溶液和 0.1 M 碘化鉀溶液)的小燒杯中；
 - (b) $\text{Fe}^{3+} | \text{Fe}^{2+}$ 半電池——把一根潔淨的碳棒(或鉑電極)置於一個盛有 10 cm^3 的硫(VI)酸鐵(II)和硝(V)酸鐵(III)的混合液(含等量的 0.1 M 硫(VI)酸鐵(II)溶液和 0.1 M 硝(V)酸鐵(III)溶液)的小燒杯中；
 - (c) 鹽橋——以 1 M 硝(V)酸鉀溶液潤濕濾紙條。
2. 利用 $\text{I}_2 | \text{I}^-$ 半電池和 $\text{Fe}^{3+} | \text{Fe}^{2+}$ 半電池組成一電化電池，兩個半電池間以鹽橋連接。
3. 使用數字萬用電錶(或高阻抗伏特計)來量度電池的電動勢。辨別電子流動的方向、陽極和陰極。根據 IUPAC 規例，寫出該電化電池的電池圖及有關反應的離子方程式。
4. 根據實驗結果，預測當下列的物質混合時會否起反應？
 - (a) $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ 與 $\text{I}^-(\text{aq})$
 - (b) $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ 與 $\text{I}_2(\text{aq})$
5. 利用試管及有關的溶液進行簡單實驗，以驗證所作的預測。

實驗十一：探討第三週期元素的化合物的化學性質

引言

在同一週期內由左至右，元素的性質逐漸由金屬性變為非金屬性，而這些元素的化合物的鍵合性質亦由離子性遞變為共價性。這種鍵合性質的改變可藉該等元素的氧化物或氯化物與水的反應顯示出來。本實驗探討第三週期元素的氧化物和氯化物與水的反應，以及這些反應與該些元素在週期表中的位置的關係。

化學藥品

氧化鎂、氧化鋁、二氧化矽、氧化磷(V)、二氧化硫、氯化鈉、氯化鎂、無水氯化鋁、五氯化磷、二氯化二硫、稀氫氯酸、稀氫氧化鈉溶液、濃氨溶液

儀器 / 物料

試管、導管、pH 試紙、玻璃棒

步驟



氧化磷(V)、無水氯化鋁、二氯化二硫、稀氫氧化鈉溶液及濃氨溶液有腐蝕性，而二氧化硫則有毒。五氯化磷有腐蝕性，遇水會劇烈反應，故應避免與皮膚接觸。

進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

甲、氧化物的性質

分別以少量所提供的氧化物進行下列實驗，並把結果記錄在表一中。

1. 細心觀察氧化物的外觀及物理形態。
2. 把少量的氧化物加入一支盛有 3 cm^3 去離子水的試管中，並搖勻。觀察氧化物是否溶於水。(在測試二氧化硫時，用導管把該氣體通入 3 cm^3 的去離子水中數秒。)
3. 用 pH 試紙量度試管內混合液的 pH 值。
4. 若固體氧化物不溶於水，則分別測試它們在下列溶液的溶解度：
 - (a) 稀氫氯酸；
 - (b) 稀氫氧化鈉溶液。

把少量的固體加入約 2 cm^3 的酸或鹼中，並搖勻。若固體仍不溶解，須把混合物微熱，然後觀察結果。

乙、氯化物的性質

分別以少量所提供的氯化物進行下列實驗，並把結果記錄在表二中。

1. 細心觀察氯化物的外觀及物理形態。
2. 把少量的氯化物加入一支盛有 3 cm³ 去離子水的試管中，並搖勻。觀察所起的變化。(若有氣體釋出，用適當的化學方法鑑定該氣體。)
3. 用 pH 試紙量度所得溶液的 pH 值。

結果

表一 第三週期元素的氧化物的性質

氧化物的化學式	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₂	Cl ₂ O
外觀及物理形態	白色固體						橙色氣體
熔融氧化物的導電性	良好	良好	良好	不佳	不佳	不佳	不佳
在水的溶解度	高						高
水溶液的 pH 值	12						2
氧化物的分類 (酸性、鹼性或兩性)	鹼性						酸性
結構類型 (簡單分子、共價晶體或離子晶體)	離子晶體						簡單分子
鍵合類型	離子鍵						共價鍵

表二 第三週期元素的氯化物的性質

氧化物的化學式	NaCl	MgCl ₂	AlCl ₃	SiCl ₄	PCl ₅	S ₂ Cl ₂	Cl ₂
外觀及物理形態				無色液體			黃綠色氣體
與水的反應				劇烈反應 釋出白色煙霧			反應生成淡黃色液體
水溶液的 pH 值				3			2
結構類型 (簡單分子、共價晶體或離子晶體)				簡單分子			簡單分子
鍵合類型				共價鍵			共價鍵

討論

1. 根據實驗結果，把氧化物分為酸性、鹼性或兩性三類，並將資料填進表一中。
2. 寫出各氧化物與水反應的方程式。
3. 分別寫出各不溶於水的氧化物與氫氯酸以及與氫氧化鈉反應的方程式。
4. 描述第三週期元素的氧化物的物理形態變化的趨勢。
5. 描述第三週期元素的氧化物的酸鹼性質變化的趨勢。
6. 蒐集各氧化物的結構和鍵合類型的資料，填進表一中。根據表一的資料，評論第三週期元素的氧化物的酸鹼性質與其鍵合類型的關係。
7. 分別解釋氯化鈉、氯化鋁和五氯化磷與水反應的實驗結果。寫出有關反應的方程式。
8. 描述第三週期元素的氯化物的物理形態變化的趨勢。
9. 描述第三週期元素的氯化物的水溶液的 pH 值變化的趨勢。
10. 蒐集各氯化物的結構和鍵合類型的資料，填進表二中。根據表二的資料，評論第三週期元素的氯化物的水溶液的 pH 值與其鍵合類型的關係。

實驗十二：探討第 II 族金屬化合物的溶解度

引言

本實驗探討第 II 族金屬的氫氧化物及硫(VI)酸鹽在水的溶解度的趨勢。在實驗中，把含有氫氧離子或硫(VI)酸根離子的試劑不斷滴進含有第 II 族金屬陽離子的溶液中，直至出現沉澱。從加入試劑的滴數，便可以評論所組成的金屬化合物在水的溶解度。

化學藥品

0.1 M 硫(VI)酸鎂溶液、0.1 M 硝(V)酸鈣溶液、0.1 M 硝(V)酸鋇溶液、0.1 M 氯化鋇溶液、1.0 M 氫氧化鈉溶液、0.5 M 硫(VI)酸鈉溶液

儀器 / 物料

試管架、試管、滴管、1 cm³ 移液管、標籤

步驟



稀氫氧化鈉溶液有腐蝕性，而氯化鋇溶液則有害。

危險警告



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

1. 利用兩試管架，把 8 支試管排成兩列備用。
2. 用適當的標籤，把每一列第一支試管定為 $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ 、第二支試管定為 $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ 、第三支試管定為 $\text{Sr}^{2+}(\text{aq})$ 和第四支試管定為 $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ 。
3. 利用移液管吸取 1 cm³ 的含指定金屬陽離子的溶液，放進適當的試管中。
4. 用適當的標籤，把第一列所有的試管定為 $\text{OH}^{-}(\text{aq})$ 和第二列所有的試管定為 $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 。
5. 把 1 滴氫氧化鈉溶液加入第一列的第一支試管中，搖勻混合物。觀察是否出現沉澱。
6. (a) 若有沉澱出現，記錄加入的滴數。
(b) 若沒有沉澱出現，繼續滴入氫氧化鈉溶液，直至出現沉澱或加入共 40 滴的溶液，記錄加入的滴數。
【注意：若加入了 40 滴的溶液後仍沒出現沉澱，把加入的滴數記錄為 40+。】
7. 用第一列餘下的試管，重複步驟 5-6。
8. 用硫(VI)酸鈉溶液及第二列的試管，重複步驟 5-7。

結果

	加進試管的滴數	
	OH ⁻ (aq)	SO ₄ ²⁻ (aq)
Mg ²⁺ (aq)		
Ca ²⁺ (aq)		
Sr ²⁺ (aq)		
Ba ²⁺ (aq)		

討論

分別描述第 II 族金屬的氫氧化物及硫(VI)酸鹽在水的溶解度的趨勢，並加以解釋。

實驗十三：探討鹵素及鹵化物的化學性質

引言

本實驗探討鹵素及鹵化物的一些化學反應，例如：鹵素與氫氧化鈉的反應、鹵化物與硝(V)酸銀以及與濃酸的反應。

化學藥品

溴水、稀氫氧化鈉溶液、稀硫(VI)酸、0.01 M 碘溶液、0.1 M 氯化鉀溶液、0.02 M 硝(V)酸銀溶液、稀硝(V)酸、濃氨溶液、0.1 M 溴化鉀溶液、0.1 M 碘化鉀溶液、濃硫(VI)酸、重鉻(VI)酸鉀溶液、乙酸鉛(II)試紙、氯化鉀、溴化鉀、碘化鉀、濃磷(V)酸

儀器 / 物料

試管、滴管、管塞、刮勺、玻璃棒、pH 試紙、濾紙條

步驟



危險警告

溴水有害，稀氫氧化鈉溶液、濃硫(VI)酸、濃磷(V)酸及濃氨溶液有腐蝕性，而重鉻(VI)酸鉀溶液、稀硝(V)酸及稀硫(VI)酸則有刺激性。



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

甲、鹵素與稀氫氧化鈉溶液的反應

1. 把 2 cm^3 的溴水加入一試管中，記錄溴水的顏色。
2. 慢慢滴入稀氫氧化鈉溶液，搖勻混合物。觀察混合液顏色的變化。(若懷疑顏色的變化只是由稀釋作用所導致，可用去離子水代替稀氫氧化鈉溶液重複上述步驟，以作比較。)
3. 把過量的稀硫(VI)酸滴入在步驟 2 所得的混合液中，並搖勻。留意溴水會否回復原有的顏色。把結果記錄在表一中。
4. 用碘溶液代替溴水重複步驟 1-3。

乙、鹵化物與硝(V)酸銀的反應

1. 把 1 cm^3 的氯化鉀溶液加入一試管中，再加入等量的硝(V)酸銀溶液，搖勻混合物。
2. 觀察試管內的混合物，然後把試管置於暗處。待完成所有實驗後，再觀察試管內混合物的變化。
3. 重複步驟 1，然後把試管置於陽光下，每隔 15 分鐘觀察試管內混合物的變化。

4. 重複步驟 1，然後加入過量(約 5 cm^3)的稀硝(V)酸。用管塞蓋好試管，把試管猛烈搖動。觀察試管內混合物的變化。
5. 重複步驟 1，然後加入過量的濃氨溶液。用管塞蓋好試管，把試管猛烈搖動。觀察試管內混合物的變化。
6. 分別用溴化鉀和碘化鉀代替氯化鉀重複步驟 1-5，把結果記錄在表二中。

丙、固體鹵化物與濃酸的反應



溴蒸氣、碘蒸氣、硫化氫及二氧化硫均是有毒的氣體，而鹵化氫則有刺激性。



應在煙櫥內進行這部分實驗，並戴上安全眼鏡。

1. 把一刮勺分量的固體氯化鉀加入一試管中，慢慢滴入濃硫(VI)酸，觀察試管內混合物的變化。若有氣體釋出(可能是氣態的鹵素、鹵化氫、二氧化硫、硫化氫，或它們的混合物)，用適當的方法來鑑定。
2. 若沒有可觀察的變化，小心地把試管微熱，然後再觀察試管內混合物的變化以及用適當的方法來鑑定可能釋出的氣體。把結果記錄在表三中。
3. 待試管冷卻後，將殘留的濃硫(VI)酸倒進大量的水中後才棄置。
4. 分別用溴化鉀及碘化鉀代替氯化鉀重複步驟 1-3。
5. 用濃磷(V)酸代替濃硫(VI)酸重複步驟 1-4。

結果

表一

	溴水	碘溶液
溶液原有的顏色		
加入稀氫氧化鈉溶液後的顏色		
再加入稀硫(VI)酸後的顏色		

表二

	氯化鉀	溴化鉀	碘化鉀
加入硝(V)酸銀溶液後			
置於暗處			
置於陽光下			
加入硝(V)酸銀溶液後，再 加入過量的稀硝(V)酸			
加入硝(V)酸銀溶液後，再 加入過量的濃氨溶液			

表三

	氯化鉀	溴化鉀	碘化鉀
<u>與濃硫(VI)酸的反應</u>			
可觀察的變化			
釋出的氣體			
<u>與濃磷(V)酸的反應</u>			
可觀察的變化			
釋出的氣體			

討論

- 寫出下列反應的方程式：
 - 溴水與稀氫氧化鈉溶液；
 - 碘溶液與稀氫氧化鈉溶液。
- 題 1 所述的反應，哪一個是歧化作用？
- 題 1 所述的反應是否可逆反應？試加以解釋。
- 溴與稀氫氧化鈉溶液和碘與稀氫氧化鈉溶液的反應有何差異？
- 分別寫出乙部實驗中各鹵化物與硝(V)酸銀溶液反應的離子方程式。
- 舉出可用來辨別下列離子的一些化學試驗：
 - $\text{Cl}^-(\text{aq})$ 和 $\text{Br}^-(\text{aq})$ ；
 - $\text{Br}^-(\text{aq})$ 和 $\text{I}^-(\text{aq})$ 。
- 光對鹵化銀沉澱會起甚麼作用？試加以解釋。

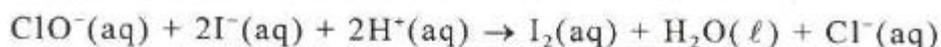
8. 分別寫出丙部實驗中的各固體鹵化物與濃酸反應的方程式。(提示：若反應釋出的氣體含有氣態的鹵素，這顯示已發生兩個反應。)
9. 為甚麼濃硫(VI)酸和濃磷(V)酸與固體鹵化物會有不同的反應？

實驗十四：分析兩種市售漂白水

引言

氯(I)酸鈉(次氯酸鈉)是大部分市售漂白水的有效成分。用以下的方法可測定漂白水氯(I)酸鈉的分量。

在進行分析時，先讓氯(I)酸鈉與過量的碘化鉀在酸性溶液中反應，再用標準的硫代硫酸鈉溶液滴定釋出的碘。有關的反應方程式如下：



化學藥品

兩種牌子的漂白水、1 M 碘化鉀溶液、稀硫(VI)酸、0.050 M 硫代硫酸鈉溶液、新鮮配製的澱粉溶液

儀器

滴定儀器、量筒

步驟



稀硫(VI)酸有刺激性，而濃漂白水則有腐蝕性。



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

1. 用移液管吸取 25.0 cm³ 的漂白水放進一清潔的 250.0 cm³ 容量瓶中，加入去離子水至刻度。
2. 用另一移液管吸取 25.0 cm³ 已稀釋的漂白水放進一錐形瓶中，並加入各 10 cm³ 的 1 M 碘化鉀溶液及稀硫(VI)酸。
3. 用 0.050 M 硫代硫酸鈉溶液進行滴定。當反應混合物變成淺黃色時，加入數滴新鮮配製的澱粉溶液作指示劑，繼續滴定至終點(混合物由深藍色變為無色)。
4. 用另一牌子的漂白水重複步驟 1-3。

結果

標準硫代硫酸鈉溶液的摩爾濃度： _____ mol dm⁻³

牌子甲 商品名稱 : _____ 製造商 : _____
 價錢(每 dm^3 計) : _____

	第一次 (試驗性)	第二次	第三次
滴定管最後讀數 / cm^3			
滴定管起始讀數 / cm^3			
硫代硫酸鈉的體積 / cm^3			

平均滴定值 = _____ cm^3

牌子乙 商品名稱 : _____ 製造商 : _____
 價錢(每 dm^3 計) : _____

	第一次 (試驗性)	第二次	第三次
滴定管最後讀數 / cm^3			
滴定管起始讀數 / cm^3			
硫代硫酸鈉的體積 / cm^3			

平均滴定值 = _____ cm^3

討論

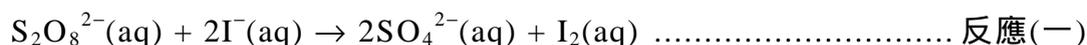
- 計算每一牌子的漂白水：
 - 有效成分的濃度(以 g dm^{-3} 表示)；
 - 每克有效成分的價錢。
- 根據題 1 所得的結果，哪一牌子的漂白水較為物有所值？
- 為甚麼實驗中必須使用過量的碘化鉀？
- 稀硫(VI)酸在實驗中有何功用？
- 導致漂白水失效的主要原因有兩個，其一是與空氣中的二氧化碳起反應，如下列方程式所示：

$$\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{aq})$$
 另一個原因會是甚麼？
- 為甚麼在滴定時不能過早加入澱粉溶液？

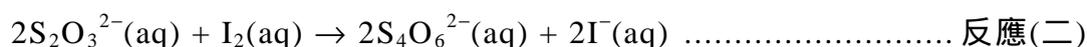
實驗十五：探討過渡金屬離子的催化性質

引言

大部分的過渡金屬及其離子均具催化性質，本實驗探討一些過渡金屬離子如鐵(II)離子、鐵(III)離子及銅(II)離子對過氧二硫(VI)酸根離子與碘離子反應的影響。



在反應混合物中加入定量的硫代硫酸鈉溶液和澱粉溶液，有助測定反應的初速。反應中釋出的碘先與硫代硫酸鈉反應，直至所有的硫代硫酸鈉耗盡，



然後與澱粉溶液作用，令混合物呈現深藍色。

若 t 為混合物初現藍色時所需的時間，則 $\frac{1}{t}$ 可視作反應(一)的初速。

化學藥品

0.2 M 碘化鉀溶液、0.01 M 硫代硫酸鈉溶液、新鮮配製的澱粉溶液、飽和過氧二硫(VI)酸鉀溶液、新鮮配製的 0.1 M 硫(VI)酸鐵(II)溶液、0.1 M 硝(V)酸鐵(III)溶液、0.1 M 硫(VI)酸銅(II)溶液

儀器 / 物料

量筒、錐形瓶、大試管、秒錶

步驟

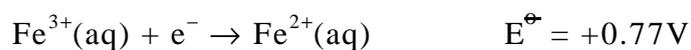
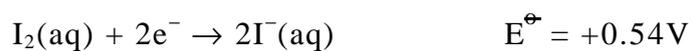


過氧二硫(VI)酸鉀溶液有害。

1. 把各 10 cm³ 的碘化鉀溶液和硫代硫酸鈉溶液，以及 5 cm³ 新鮮配製的澱粉溶液置於一錐形瓶中。
2. 把 20 cm³ 的過氧二硫(VI)酸鉀溶液迅速地倒入錐形瓶中，即時啟動秒錶並搖勻混合物。
3. 記錄混合物初現藍色時所需的時間。
4. 重複步驟 1-3，但須把 3 滴含鐵(II)離子的溶液加入步驟 1 的混合物中。
5. 重複步驟 1-3，但須把 3 滴含鐵(III)離子的溶液加入步驟 1 的混合物中。
6. 重複步驟 1-3，但須把 3 滴含銅(II)離子的溶液加入步驟 1 的混合物中。

討論

1. 為甚麼在每次試驗中都須使用相同分量的反應物？
2. 實驗中使用的過渡金屬離子是否有催化作用？
3. 實驗中使用的過渡金屬離子是同相催化劑或異相催化劑？試加以解釋。
4. 指出實驗中被催化的反應類別？
5. 利用下列的標準電極電勢，解釋為甚麼鐵(II) 離子和鐵(III) 離子都能催化反應(一)。



6. 過渡金屬的催化性質與它們的哪一種通性有關？
7. 為甚麼催化劑能對某個反應起催化作用？

實驗十六：探討碳氫化合物的化學性質

引言

本實驗探討三類碳氫化合物——烷烴(如環己烷)、烯烴(如環己烯)和芳香烴(如甲苯)的化學性質，藉以比較它們的異同。

化學藥品

環己烷、環己烯、甲苯、新鮮配製的溴水、酸化錳(VII)酸鉀溶液、濃硫(VI)酸

儀器/物料

試管、管塞、滴管、鐵粉、石蕊試紙

步驟



環己烷和環己烯易燃，甲苯易燃及有害，溴水有害，而濃硫(VI)酸則有腐蝕性。



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

分別以少量的環己烷、環己烯和甲苯液體進行下列實驗，細心觀察及記錄結果。

甲、易燃性

1. 在煙櫥內把 1 滴的碳氫化合物滴在一塊白瓷片上。
2. 燃點該碳氫化合物，留意火焰的顏色及其黑煙量。

乙、與溴水的反應

1. 把數滴的溴水和約 10 滴的碳氫化合物加入試管中，蓋上管塞，搖勻混合物。觀察試管內混合物的變化。
2. 當以甲苯進行試驗時，若沒有明顯的反應跡象，可加入少量的鐵粉，用濕潤的石蕊試紙測試釋出的氣體。

丙、氧化反應

1. 把 1 cm³ 的酸化錳(VII)酸鉀溶液和數滴的碳氫化合物加入試管中，蓋上管塞，搖勻混合物。觀察試管內混合物的變化。
2. 若在室溫下沒有明顯的反應跡象，可把混合物微熱，再行觀察。

丁、與濃硫(VI)酸的反應

1. 把 1 滴的濃硫(VI)酸和 5 滴的碳氫化合物加入試管中，蓋上管塞，搖勻混合物。
2. 靜置混合物 1-2 分鐘後，觀察混合物會否混溶或是分離成兩液層。

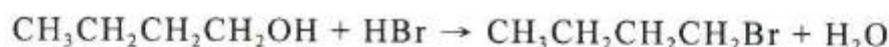
討論

1. 寫出實驗中各反應的方程式及其生成物的名稱。
2. 根據實驗結果，比較各碳氫化合物的化學性質，並解釋其異同之處。
3. 在甚麼情況下，己烷才會與溴反應？寫出其中一個單取代物的結構式。
4. 若苯乙烯與溴在一般情況下反應，其有機生成物會是甚麼？

實驗十七：製備 1-溴丁烷

引言

本實驗利用丁-1-醇($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)與溴化氫(HBr)的親核取代反應製備 1-溴丁烷。



反應中的溴化氫可藉過量的濃硫(VI)酸與溴化鈉反應而製得。



化學藥品

溴化鈉、丁-1-醇、濃硫(VI)酸、濃氫氯酸、碳酸氫鈉溶液、無水硫(VI)酸鈉

儀器/物料

快接儀器、量筒、漏斗、防濺沸小粒、燒杯、試管、滴管、分液漏斗、小錐形瓶、 $-10\text{-}110^\circ\text{C}$ 溫度計

步驟



危險警告

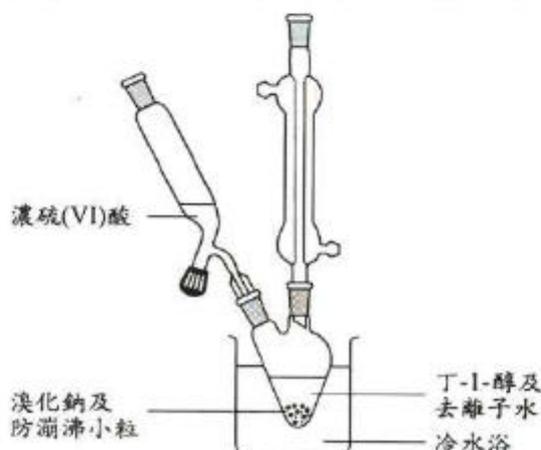


丁-1-醇和 1-溴丁烷易燃及有害，而濃硫(VI)酸和濃氫氯酸則有腐蝕性。

進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

甲、1-溴丁烷的製備

- 把 10 g 的溴化鈉、 10 cm^3 的去離子水、 7.5 cm^3 的丁-1-醇和防濺沸小粒加入一 50 cm^3 的雙頸梨形瓶中，並搖勻。把梨形瓶置於冷水浴中。
- 把 10 cm^3 的濃硫(VI)酸加入一活栓漏斗中，並如下圖所示安裝儀器。



- 小心把濃硫(VI)酸慢慢滴入梨形瓶中(須不時搖勻混合物)。

4. 把混合物小心回流加熱約 30 分鐘。
5. 回流加熱後，靜置混合物數分鐘。
6. 卸去回流冷凝器，改成一蒸餾裝置，慢慢加熱蒸餾，用試管收集 8-9 cm³ 的餾液。

乙、1-溴丁烷的純化

1. 先行檢視兩液層中哪一層是水液層，用滴管抽出水液層並棄置。然後把有機液層倒進一分液漏斗中。
2. 先後用兩次各 5 cm³ 的濃氫氯酸沖洗盛載餾液的試管，並將沖洗液倒進分液漏斗中。蓋好分液漏斗，猛烈搖動 1-2 分鐘(間中打開活栓排氣，以降低漏斗內的氣壓)，然後靜置數分鐘。
3. 待混合液清晰地分成兩液層後，把下層粗產物(含 1-溴丁烷)流進一試管中，然後棄置酸液層。
4. 把粗產物倒回分液漏斗中，先後用兩次各 5 cm³ 的碳酸氫鈉溶液沖洗盛載粗產物的試管，並將沖洗液倒進分液漏斗中。蓋好分液漏斗，猛烈搖動 1-2 分鐘(間中打開活栓排氣，以降低漏斗內的氣壓)，然後靜置數分鐘。
5. 待混合液清晰地分成兩液層後，把下層粗產物流進一乾燥的小錐形瓶中。
6. 加入適量的無水硫(VI)酸鈉，並把小錐形瓶搖動，直至液體變得清澈。
7. 把粗產物傾析入一乾燥的小蒸餾瓶中。
8. 加入防沸小粒，安裝蒸餾裝置(所有儀器均需乾燥)。
9. 小心加熱蒸餾，用一乾燥的小錐形瓶收集在 100-104°C 之間餾出的液體。記錄其沸點(純 1-溴丁烷的沸點為 101°C)。
10. 量度餾液的體積，並計算收穫百分率。

(丁-1-醇的密度為 0.8 g cm⁻³，而 1-溴丁烷的密度則為 1.3 g cm⁻³。)

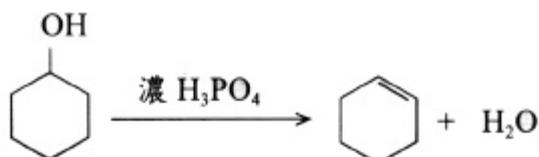
討論

1. 濃硫(VI)酸除與溴化鈉反應生成溴化氫外，在本實驗中還有甚麼作用？
2. 在甲部的步驟 1 中，為甚麼要把梨形瓶置於冷水浴中？
3. 在甲部實驗中，為甚麼反應混合物有時會呈紅棕色？
4. 在乙部的步驟 2 中，加入濃氫氯酸能除去粗產物中的哪些雜質？
5. 在乙部的步驟 4 中，加入碳酸氫鈉溶液能除去粗產物中的哪些雜質？
6. 在乙部的步驟 6 中，加入無水硫(VI)酸鈉有甚麼作用？

實驗十八：製備環己烯

引言

本實驗利用環己醇與濃磷(V)酸的脫水反應製備環己烯。與使用濃硫(VI)酸相比，使用濃磷(V)酸作脫水劑可提高烯烴的收穫百分率。環己醇的脫水反應方程式如下：



化學藥品

環己醇、濃磷(V)酸、飽和氯化鈉溶液、無水氯化鈣、溴水、酸化錳(VII)酸鉀溶液

儀器/物料

快接儀器、量筒、漏斗、滴管、防沸小粒、燒杯、 $-10-110^\circ\text{C}$ 溫度計、分液漏斗、小錐形瓶、濾紙、天平

步驟



危險警告

環己醇和溴水有害，而濃磷(V)酸則有腐蝕性。



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

甲、環己烯的製備

1. 通過漏斗把 10 cm^3 的環己醇倒進一乾燥的 50 cm^3 梨形瓶中，慢慢滴入 4 cm^3 的濃磷(V)酸，搖勻混合物。
2. 加入防沸小粒，並裝上回流冷凝器。
3. 利用熱水浴(溫度維持在約 70°C)把混合物加熱約15分鐘，然後靜置數分鐘。
4. 卸去回流冷凝器，改成一蒸餾裝置。慢慢加熱蒸餾，收集在 $70-90^\circ\text{C}$ 之間餾出的液體。

乙、環己烯的純化

1. 把餾液倒進一分液漏斗中，加入等量的飽和氯化鈉溶液。猛烈搖動分液漏斗1-2分鐘(搖動時須間中打開活栓排氣)，然後靜置數分鐘。
2. 待混合液清晰地分成兩液層後，自漏斗活栓放走下層水溶液(應盡量把水層完全分離)。

4. 把粗產物(含環己烯)傾析入一乾燥的小蒸餾瓶中。
5. 加入防沸小粒，安裝蒸餾裝置(所有儀器均需乾燥)。
6. 用熱水浴加熱蒸餾，並用一已稱重的乾燥小錐形瓶收集在 81-85°C 之間餾出的液體。記錄其沸點(純環己烯的沸點為 83°C)。
7. 記錄環己烯的物理狀態、顏色及氣味。
8. 稱取餾液的質量，並計算收穫百分率(假設實驗中使用過量的濃磷(V)酸)。

丙、生成物官能基的試驗

用下列的方法來試驗生成物(環己烯)的官能基：

1. 把 3 滴生成物加入 1 cm³ 的溴水中，並搖勻。記錄可觀察的變化。
2. 把 3 滴生成物加入 1 cm³ 的酸化錳(VII)酸鉀溶液中，並搖勻。記錄可觀察的變化。

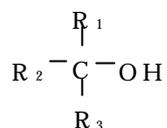
討論

1. 為甚麼使用濃硫(VI)酸作脫水劑會導致較低的收穫百分率？
2. 舉出粗產物在純化前所含的雜質。
3. 在乙部的步驟 1 中，加入飽和氯化鈉溶液能除去粗產物中的哪些雜質？
4. 在乙部的步驟 3 中，為甚麼要加入無水氯化鈣？
5. 舉出純化液態有機化合物的三個主要步驟。
6. 寫出環己烯與下列試劑的反應方程式：
 - (a) 溴水；
 - (b) 酸化錳(VII)酸鉀溶液。

實驗十九：探討醇的一些化學反應

引言

醇的通式可用以下的結構式表示：



式中 R_1 、 R_2 和 R_3 是氫、烷基或苯基。醇的例子有乙醇(CH_3CH_2OH)、丙-2-醇($CH_3CHOHCH_3$)和環己醇($C_6H_{11}OH$)。本實驗探討醇的一些化學反應。

化學藥品

乙醇、甲醇、丙-2-醇、鈉、冰乙酸、濃硫(VI)酸、2-羥基苯酸(水楊酸)、五氯化磷、硝(V)酸銀溶液、重鉻(VI)酸鉀溶液、稀硫(VI)酸

儀器/物料

試管、管塞、木條、pH 試紙、滴管、大試管、燒杯

步驟



乙醇和丙-2-醇易燃，鈉、冰乙酸、濃硫(VI)酸和五氯化磷有腐蝕性，稀硫(VI)酸有刺激性，而甲醇則易燃及有毒。



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

小心進行下列實驗，細心觀察及記錄結果。

甲、涉及 O-H 鍵斷裂的反應

與鈉的反應

1. 把一小塊鈉加入一支盛有 1 cm^3 乙醇的試管中。
2. 鑑定釋出的氣體。
3. 用一片濕潤的 pH 試紙測試混合物的酸鹼度。

與羧酸的反應(酯化反應)

1. 把 10 滴冰乙酸加入一支盛有 10 滴乙醇的大試管中。
2. 小心地加入 6 滴濃硫(VI)酸，把大試管微熱約 5 分鐘(切勿加熱至沸騰)。

3. 待試管冷卻後，把混合物倒進一個盛有 50 cm^3 水的燒杯中，小心地嗅試酯的氣味。
4. 用 2-羥基苯酸(水楊酸)代替冰乙酸，重複步驟 1-3。

乙、涉及 C-O 鍵斷裂的反應

與鹵化磷的反應

1. 在煙櫥內把少量的五氯化磷加入一支盛有 10 滴乙醇的試管中。
2. 用滴管抽取適量的釋出氣體，把它注入硝(V)酸銀溶液中，以鑑定該氣體。
3. 當氣體停止釋出，反應便告完成。把試管內的混合物倒進一個盛有 50 cm^3 水的燒杯中，小心地嗅試氯化烷的氣味。

丙、涉及 $-\text{CH}_2\text{OH}$ 基團和 $-\text{CHOH}$ 基團的反應

一級醇(含 $-\text{CH}_2\text{OH}$ 基團)能被氧化為醛(含 $-\text{CHO}$ 官能基)，然後再被氧化為羧酸(含 $-\text{COOH}$ 官能基)。二級醇(含 $-\text{CHOH}$ 基團)只能被氧化為酮(含 $\text{C}=\text{O}$ 官能基)，但酮不易被氧化。

與酸化重鉻(VI)酸鉀的氧化反應

1. 把 10 滴稀硫酸(VI)酸和 5 滴重鉻(VI)酸鉀溶液放進一支試管中混合，然後加入 5 滴乙醇，搖勻混合物。
2. 把混合物微熱，小心地嗅試釋出的氣體。
3. 分別用下列的醇代替乙醇，重複步驟 1-2：
 - (a) 甲醇；
 - (b) 丙-2-醇。

討論

1. 比較鈉與乙醇和鈉與水的反應，哪一個較快？解釋為何該兩項反應有不同活潑性。
2. 分別寫出鈉與乙醇和鈉與水反應的方程式。
3. 在進行酯化反應實驗時，為甚麼要避免把反應混合物加熱至沸騰？
4. 為甚麼在把酯化反應的混合物倒進水後，酯的氣味才較為明顯？
5. 乙酸乙酯在工業上有甚麼用途？
6. 五氯化磷與乙醇反應時會釋出甚麼氣體？
7. 寫出乙醇與五氯化磷反應的方程式。

8. 利用溴化鉀、濃硫(VI)酸與某一烷醇的反應，可製備 2-溴丙烷。指出所用的是哪一個烷醇，並寫出這反應的方程式。
9. 解釋在乙醇與酸化重鉻(VI)酸鉀的反應所觀察到的變化。
10. 舉出把乙醇氧化為下列物質的方法：
 - (a) 乙醛；
 - (b) 乙酸。
11. 分別寫出甲醇和丙-2-醇氧化反應的方程式及其有機生成物的名稱。

實驗二十：探討酚的化學性質

引言

酚與醇均具有相同的官能基——羥基(-OH)，然而這兩類羥基化合物的化學性質卻不盡相同。本實驗探討這兩類化合物在化學性質上的異同。

化學藥品

酚、乙醇、稀氫氧化鈉溶液、濃氫氯酸、鈉、苯 氯、溴水

儀器 / 物料

瓷片、刮勺、試管、管塞、大試管、燒杯、pH 試紙、錶面玻璃、滴管

步驟



危險警告



乙醇易燃，鈉、濃氫氯酸、稀氫氧化鈉溶液和苯 氯有腐蝕性，而溴水則有害。酚有毒和有腐蝕性，應避免與皮膚接觸。

進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

甲、燃燒

【注意：應在煙櫥內進行這部分實驗。】

1. 燃點一小顆放在白瓷片上的酚晶體，觀察所產生的火燄。
2. 用 2-3 滴的乙醇代替酚，重複步驟 1。

乙、溶解度

1. 把一刮勺分量的酚加入一支盛有 5 cm³ 水的試管中。蓋上管塞，搖勻混合物。
2. 移去管塞，把試管放入熱水浴中微熱，觀察管內所起的變化。
3. 利用冷水浴把試管內的混合物冷卻，再觀察所起的變化。
4. 把少量稀氫氧化鈉溶液加入冷卻後的混合物中並搖勻，觀察所起的變化。
5. 把少量濃氫氯酸加入步驟 4 所得的混合物中並搖勻，觀察所起的變化。

丙、酸性

1. 把少量的酚晶體溶於適量的去離子水中。用 pH 試紙測試這溶液的酸鹼度。
2. 用乙醇代替酚，重複步驟 1。

丁、與鈉的反應

1. 把一小顆酚晶體溶於 1 cm^3 的乙醇中。
2. 把適量酚溶液倒在錶面玻璃上，小心地加入一小塊鈉。觀察所起的變化，並推斷有甚麼物質生成。
3. 用乙醇代替酚溶液，重複步驟 2。

戊、酯化反應

【注意：應在煙櫥內進行這部分實驗。】

1. 在一支試管中，把數小顆酚晶體溶於 2 cm^3 的稀氫氧化鈉溶液中。
2. 小心地加入 5 滴苯酰氯，蓋上管塞並搖勻。觀察所起的變化，並推斷有甚麼物質生成。

己、酚的取代反應

1. 把溴水滴入 1 cm^3 的酚溶液中。
2. 每加進一滴溴水後，搖勻混合物，觀察所起的變化，直至加入過量的溴水為止。

討論

1. 與乙醇相比，酚在燃燒時所產生的火焰有何不同？解釋其差異之處。
2. 與乙醇相比，酚在水中的溶解度有何不同？
3. 解釋酸和鹼怎樣影響酚在水中的溶解度？
4. 為甚麼酚和乙醇有不同的酸度？
5. 比較酚與鈉和乙醇與鈉的反應。
6. 寫出酚與鈉反應的方程式。
7. 根據酚和乙醇在酸性上的差異，解釋它們與鈉反應時的不同速率。
8. 寫出酚與苯酰氯反應的方程式及其有機生成物的名稱。
9. 寫出酚與過量溴水反應的方程式及其有機生成物的名稱。

實驗二十一：製備環己酮

引言

在氧化過程中，一級醇會先轉化為醛，再轉化為羧酸；而二級醇卻只會轉化為酮。環己醇($C_6H_{11}OH$)屬二級醇，會被常用的氧化劑如酸化重鉻(VI)酸鈉氧化為環己酮($C_6H_{10}O$)。

化學藥品

重鉻(VI)酸鈉、濃硫(VI)酸、環己醇、氯化鈉、無水氯化鈣、2,4-二硝基苯肼的甲醇溶液

儀器/物料

錐形瓶、量筒、快接儀器、 $-10-110^{\circ}C$ 溫度計、玻璃棒、防潮沸小粒、大試管、滴管

步驟



重鉻(VI)酸鈉有刺激性，濃硫(VI)酸有腐蝕性，環己醇有害，而 2,4-二硝基苯肼溶液則易燃及有毒。



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

1. 在一個 100 cm^3 錐形瓶內，先把 3.5 g 的重鉻(VI)酸鈉溶於 15 cm^3 的去離子水中，小心地把 2 cm^3 的濃硫(VI)酸加入溶液中(此時須不斷搖勻混合物)。把錐形瓶置於流水中冷卻。
2. 在一個 50 cm^3 梨形瓶中，加入 3 cm^3 的環己醇和從步驟 1 所製成的酸化重鉻(VI)酸鈉溶液並搖勻。此時應把一支溫度計放入混合物中，以助監察溫度的變化。當瓶內溫度升至 $55^{\circ}C$ 時，把梨形瓶置於流水中冷卻，以保持反應混合物的溫度在 $55-60^{\circ}C$ 之間，直至溫度不再上升為止。
3. 繼續搖動梨形瓶 5 分鐘，然後加入 15 cm^3 的去離子水。
4. 加入防潮沸小粒，安裝蒸餾裝置。小心加熱蒸餾，用大試管收集約 10 cm^3 的餾液，記錄其沸點(純環己酮的沸點為 $156^{\circ}C$)。
5. 把 2 g 的氯化鈉加入餾液中，並以玻璃棒攪拌以助溶解。
6. 利用滴管抽出上層的環己酮，並以無水氯化鈣除去水分。記錄生成物的外觀及氣味。
7. 利用與 2,4-二硝基苯肼溶液的反應，以確定生成物為酮。

討論

1. 在步驟 1 中，為甚麼選用重鉻(VI)酸鈉而不用重鉻(VI)酸鉀？
2. 在步驟 6 中，無水氯化鈣可除去水分及哪些雜質？
3. 寫出下列反應的方程式：
 - (a) 環己醇與酸化重鉻(VI)酸鈉；
 - (b) 環己酮與 2,4-二硝基苯肼。

實驗二十二：探討醛和酮的一些化學反應

引言

本實驗探討醛和酮的一些化學反應，並比較這兩類化合物在化學性質上的異同。

化學藥品

飽和硫(IV)酸氫鈉溶液、2,4-二硝基苯肼的甲醇溶液、稀硫(VI)酸、重鉻(VI)酸鉀溶液、甲醛溶液、乙醛、苯醛、丙酮、苯乙酮、0.05 M 硝(V)酸銀溶液、稀氫氧化鈉溶液、稀氨溶液、菲令氏溶液、碘溶液

儀器

試管、燒杯、滴管、量筒

步驟



乙醛易燃及有刺激性，丙酮易燃，苯醛和苯乙酮有害，甲醛溶液有毒，2,4-二硝基苯肼溶液易燃及有毒，稀硫(VI)酸有刺激性，菲令氏溶液和稀氫氧化鈉溶液有腐蝕性，而乾燥的托倫斯試劑則有爆炸性。
進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

小心進行下列實驗，細心觀察及記錄結果，並寫出有關反應的方程式。

甲、與硫(IV)酸氫鈉的加成反應

1. 把 2 cm³ 的飽和硫(IV)酸氫鈉溶液加入一試管中，滴入等量的乙醛。
2. 搖勻混合物及把試管置於冰水中冷卻。
3. 用丙酮代替乙醛，重複步驟 1-2。

乙、與 2,4-二硝基苯肼的縮合反應

1. 把 1-2 滴的乙醛加入一支盛有 2 cm³ 的 2,4-二硝基苯肼溶液的試管中，並搖勻。若沒有晶體形成，可加入少許稀硫(VI)酸，把混合物微熱，然後把試管置於冰水中冷卻。
2. 用丙酮代替乙醛，重複步驟 1-2。

丙、氧化反應

與酸化重鉻(VI)酸鉀的反應

1. 把 5 滴乙醛、2 滴重鉻(VI)酸鉀溶液和 10 滴稀硫(VI)酸加入一支試管中。
2. 搖勻混合物，然後把試管置於熱水浴中微熱。
3. 分別用甲醛溶液、苯醛、丙酮及苯乙酮代替乙醛，重複步驟 1-2。

與托倫斯試劑的反應(銀鏡試驗)

1. 先用去離子水洗滌 5 支試管，然後再用丙酮沖洗，待試管乾燥後才使用。
2. 製備托倫斯試劑：在一支盛有 5 cm³ 硝(V)酸銀溶液的試管中，加入 2-3 滴的稀氫氧化鈉溶液，然後逐滴加入稀氨溶液，直至生成的氧化銀沉澱完全溶解。
【注意：乾燥的托倫斯試劑有爆炸性，切勿讓托倫斯試劑變乾。】
3. 把托倫斯試劑分為 5 等分，置於清潔的試管中。
4. 把 3 滴乙醛加入其中一分的托倫斯試劑中，把混合物置於暖水浴中加熱 5 分鐘。
5. 分別用甲醛溶液、苯醛、丙酮及苯乙酮代替乙醛，重複步驟 4。

與菲令氏試劑的反應(菲令氏試驗)

1. 製備菲令氏試劑：把 3 cm³ 的菲令氏溶液 1 倒進一支試管中，然後逐滴加入菲令氏溶液 2，直至生成的沉澱完全溶解。
2. 把菲令氏試劑分為 5 等分，置於清潔的試管中。
3. 把 3 滴乙醛加入其中一分的菲令氏試劑中，把混合物置於熱水浴中加熱 5-10 分鐘。
4. 分別用甲醛溶液、苯醛、丙酮及苯乙酮代替乙醛，重複步驟 3。

丁、三碘甲烷反應

1. 在一支盛有 5 滴乙醛的試管中，加入 10 滴碘溶液。
2. 把稀氫氧化鈉溶液逐滴加入試管中並搖勻，直至混合物由棕色變為無色。
3. 觀察混合物在微熱前後的變化。
4. 分別用苯醛、丙酮及苯乙酮代替乙醛，重複步驟 1-3。

討論

1. 根據實驗結果，比較醛和酮的化學反應。
2. 舉出一項可用來鑑定羰基化合物的化學試驗。
3. 舉出兩項辨別醛和酮的化學試驗。
4. 在三碘甲烷反應中呈陽性變化的羰基化合物，其結構具有甚麼特徵？

實驗二十三：探討 酸的一些化學反應

引言

羧酸的例子有甲酸(HCOOH)、乙酸(CH₃COOH) 和苯酸(C₆H₅COOH)。在同系列中，第一個成員的化學性質通常與其他成員有所不同。本實驗探討 酸的一些化學反應，並比較它們在化學性質上的異同。

化學藥品

0.1 M 乙酸、0.1 M 乙醇、0.1 M 氫氯酸、2 M 氫氧化鈉溶液、2 M 乙酸、稀氫氯酸、冰乙酸、五氯化磷、95% 乙醇、酸化錳(VII)酸鉀溶液、濃硫(VI)酸、甲酸

儀器/物料

試管、pH 試紙、量筒、蒸發皿、玻璃棒、滴管、燒杯、管塞、木條

步驟



乙醇易燃，稀氫氧化鈉溶液、冰乙酸、五氯化磷、濃硫(VI)酸及甲酸有腐蝕性。



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

小心進行下列實驗，細心觀察及記錄結果。

甲、乙酸

酸性

- 用 pH 試紙測試下列各溶液的酸鹼度：
 - 0.1 M 乙醇；
 - 0.1 M 乙酸；
 - 0.1 M 氫氯酸。
- 把 10 cm³ 的 2 M 氫氧化鈉溶液置於一蒸發皿中，加入 5 cm³ 的 2 M 乙酸。小心地用玻璃棒攪勻混合液，並嗅試其氣味。
- 把約 5 cm³ 的 2 M 乙酸加入混合液中，直至混合液呈現酸性。隨即把混合液蒸發，直至出現固體。
- 把少量在步驟 3 獲得的固體放進一試管中，加入 1-2 cm³ 的稀氫氯酸。把試管微熱，小心地嗅試釋出的蒸氣。

與五氯化磷的反應

【注意：應在煙櫥內進行這部分實驗。五氯化磷遇水會起劇烈反應。每次取用後，須立即蓋好瓶蓋。】

1. 把 1 cm^3 的冰乙酸放進一大試管中，小心地加入少量的五氯化磷，觀察所起的變化。
2. 用乙醇代替冰乙酸，重複步驟 1。

氧化反應

1. 在一支盛有 1 cm^3 酸化錳(VII)酸鉀溶液的試管中，加入等量的冰乙酸。
2. 搖勻混合物，並把試管微熱數分鐘。
3. 細心觀察有沒有發生化學反應。

酯化反應

1. 在一支盛有 1 cm^3 乙醇的試管中，加入 1 cm^3 的冰乙酸，然後加入數滴的濃硫酸(VI)酸。
2. 搖勻混合物，並把試管微熱數分鐘。
3. 待試管冷卻後，把混合物倒進一個盛有 50 cm^3 水的燒杯中，小心地嗅試酯的氣味。

脫水反應

1. 把 1 cm^3 的濃硫酸(VI)酸置於試管中，小心地微熱(切勿加熱至沸騰)。
2. 用滴管加入 3 滴冰乙酸，細心觀察是否有氣體釋出，並鑑定可能釋出的氣體。
【注意：清洗試管時，應把試管內的混合液倒進大量的冷水中，切勿把水加入試管內。】

乙、甲酸

用甲酸代替乙酸，重複甲部實驗。

討論

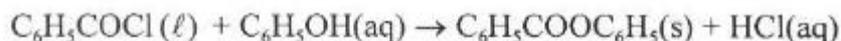
1. 解釋乙酸和乙醇為何有不同的酸度。
2. 寫出乙酸與氫氧化鈉反應的方程式。
3. 當乙酸與氫氧化鈉生成的固體與氫氯酸反應時，有甚麼蒸氣釋出？寫出該反應的方程式。
4. 寫出乙酸與五氯化磷反應的方程式及其有機生成物的名稱。
5. 比較五氯化磷與乙酸和五氯化磷與乙醇的反應。

6. 在酯化反應的實驗中，為甚麼要加入濃硫酸(VI)酸？
7. 寫出乙酸與乙醇反應的方程式及其有機生成物的名稱。
8. 根據實驗結果，甲酸是否容易被氧化？若是的話，甲酸會轉化成甚麼？
9. 根據實驗結果，甲酸會否進行脫水反應？若會的話，該反應會有甚麼生成物？
10. 比較甲酸和乙酸的化學反應。
11. 舉出兩項辨別甲酸和乙酸的化學試驗。

實驗二十四：製備苯酸苯酯

引言

本實驗利用酚(C_6H_5OH)與苯酰氯(C_6H_5COCl)在鹼性溶液中的反應，製備苯酸苯酯：



利用再結晶把獲得的固體粗產物提純，然後測定固體生成物的熔點。

化學藥物

酚、苯酰氯、95% 乙醇、石蠟油、稀氫氧化鈉溶液

儀器/物料

稱量瓶、天平、刮勺、 100 cm^3 錐形瓶、瓶塞、量筒、吸濾裝置、烘箱、濾紙、大試管、管塞、燒杯、玻璃棒、 $-10\text{-}100^\circ\text{C}$ 溫度計、錶面玻璃、熔點測定管、攪棒、橡膠圈

步驟



酚有毒和有腐蝕性、苯酰氯和氫氧化鈉溶液有腐蝕性，而乙醇則易燃。

進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

甲、製備苯酸苯酯

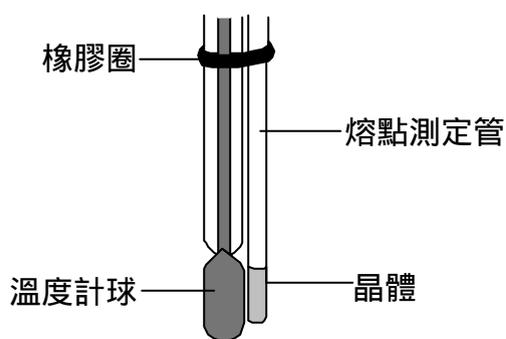
1. 利用稱量瓶稱取 2.5 g 的酚。
2. 把酚倒進一盛有 45 cm^3 的稀氫氧化鈉溶液的錐形瓶中。
3. 把稱量瓶重稱，以求出用去的酚的質量。
4. 把 4 cm^3 的苯酰氯倒進錐形瓶中。【注意：應在煙櫥內進行此步驟，並穿上保護手套。】
5. 蓋上瓶塞，搖動錐形瓶約 15 分鐘(須間中打開瓶塞，以舒減瓶內的壓力)。
6. 把錐形瓶置於冷水浴中，讓固體生成物析出。
7. 利用吸濾裝置過濾固體生成物。用刮勺小心地把固體生成物弄成小塊(切勿把濾紙刺穿)。
8. 以少量去離子水沖洗固體。

乙、再結晶

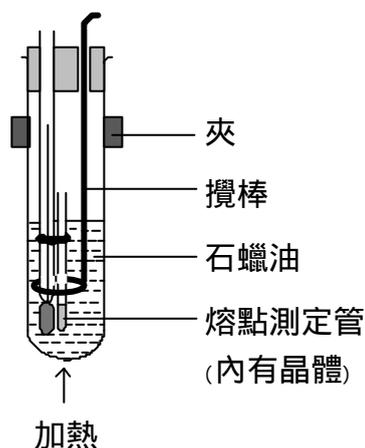
1. 把過濾所得的固體置於一大試管中，加入少量的乙醇以覆蓋固體生成物。
2. 把試管置於熱水浴中(溫度維持在約 60°C)，並用玻璃棒不斷攪拌試管內的混合物。
3. 如固體未完全溶解，可再加入少量的乙醇，令固體剛好完全溶解。
4. 再加入乙醇直至該溶液的體積增加一倍。
5. 把試管置於冰水浴中，讓晶體析出。
6. 利用吸濾裝置過濾晶體，然後用約 1 cm^3 冰冷的乙醇沖洗所得的晶體。
7. 把晶體夾在兩疊濾紙間，吸去晶體表面的乙醇。把晶體轉到一已稱重的錶面玻璃上，並放在烘箱中(溫度設定在 40°C)乾燥 10 分鐘。
8. 把錶面玻璃連同晶體重稱，以求出晶體的質量。
9. 根據所用酚的質量，計算苯酸苯酯的收穫百分率。

丙、測定晶體的熔點

1. 把少量的晶體填進一熔點測定管中，直至填進管內的晶體高約 0.5 cm 。
2. 如圖一所示，把熔點測定管固定於溫度計上。
3. 把石蠟油注入一支大試管中直至半滿，然後如圖二所示，把附有熔點測定管的溫度計及攪棒置於其中。



圖一



圖二

4. 把大試管微熱，並不時把攪棒上下移動，使石蠟油均勻受熱。
5. 記錄晶體開始熔融及完全熔融時的溫度。

結果

稱量瓶和酚的總質量 : _____ g

倒出酚後，稱量瓶的質量 : _____ g

酚的質量 : _____ g

錶面玻璃的質量 : _____ g

錶面玻璃和苯酸苯酯的總質量 : _____ g

苯酸苯酯的質量 : _____ g

苯酸苯酯的熔點範圍 : _____ °C

討論

1. 在甲部的步驟 8 中，為甚麼要用去離子水沖洗晶體？
2. 在計算苯酸苯酯的收穫百分率時，作了些甚麼假設？
3. 為甚麼苯酸苯酯的收穫百分率低於 100%？實驗中哪些步驟可加以改善，以提高該生成物的收穫百分率。
4. 比較實驗所得的晶體的熔點和文獻所載的苯酸苯酯的熔點(69°C)，並據此評論該生成物的純度。

實驗二十五：製備苯酸

引言

本實驗利用苯酰胺($C_6H_5CONH_2$)在鹼性溶液中的水解反應，以製備苯酸(C_6H_5COOH)。

化學藥品

苯酰胺、稀氫氧化鈉溶液、稀氫氯酸、濃氫氯酸

儀器/物料

天平、 100 cm^3 錐形瓶及附有玻璃管的瓶塞、量筒、 250 cm^3 燒杯、玻璃棒、pH 試紙、滴管、吸濾裝置、濾紙、熔點測定器、放大鏡

步驟



稀氫氧化鈉溶液和濃氫氯酸有腐蝕性。

危險警告



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

1. 稱量 3 g 的苯酰胺，把它放進一錐形瓶中，然後加入 50 cm^3 的稀氫氧化鈉溶液。
2. 蓋上附有玻璃管的瓶塞，然後把混合物煮沸約 15 分鐘。當混合物開始沸騰時，鑑定從玻璃管逸出的氣體。
3. 讓反應混合物冷卻，然後把它倒進一燒杯中。一面用玻璃棒攪拌混合物，一面用滴管加入過量的稀氫氯酸，這時杯內會產生大量沉澱。(怎樣得知已加入過量的氫氯酸?)
4. 利用吸濾裝置過濾混合物，然後用最少量的冰水沖洗濾得的固體。
5. 用少量熱水溶解濾得的固體，待它冷卻再結晶，然後進行吸濾，以獲得純淨的晶體。
6. 把晶體放在兩疊濾紙間，吸去晶體表面的水分。用放大鏡觀察晶體的形狀，然後稱取晶體的質量。
7. 測定所得晶體的熔點。
8. 計算收穫百分率。

結果

1. 在步驟 2 中逸出的氣體是 : _____
2. 晶體(苯酸)的顏色 : _____
晶體的形狀 : _____
晶體的質量 : _____ g
3. 晶體的熔點範圍 : _____ °C

討論

1. 寫出在步驟 2 及步驟 3 中反應的方程式。
2. 在步驟 2 中的玻璃管有甚麼功用？
3. 在步驟 2 中，反應混合物經煮沸 15 分鐘後出現了甚麼可觀察的變化？試加以解釋。
4. 在步驟 4 中，為甚麼要沖洗濾得的固體？沖洗用的水為何要少量及冰冷？
5. 為甚麼實驗所得的晶體的熔點通常較文獻所載的苯酸的熔點(122.3°C)為低？
6. 列出一些可用來衡量製備方法優劣的準則？本實驗是否符合這些準則？

實驗二十六：探討胺的化學性質

引言

本實驗探討丁-1-胺 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$) 及苯胺 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) 的一些化學反應。

化學藥品

丁-1-胺、苯胺、稀氨溶液、濃氫氯酸、苯酰氯、氯化銨、硝(III)酸鈉、稀氫氯酸、酚、稀氫氧化鈉溶液、萘-2-酚

儀器/物料

滴管、試管、pH 試紙、錶面玻璃、燒杯、大試管、刮勺、玻璃棒、 -10 - 110°C 溫度計

步驟



丁-1-胺易燃及有刺激性。苯胺有毒，應避免與皮膚接觸。苯酰氯和濃氫氯酸有腐蝕性，酚有毒和有腐蝕性，而萘-2-酚則有害。



應盡量在煙櫥內進行實驗，並戴上安全眼鏡。

甲、鹼性

1. 把 2 滴丁-1-胺加入 10 滴去離子水中，並搖勻。觀察丁-1-胺是否溶於水。
2. 利用苯胺代替丁-1-胺，重複步驟 1。
3. 利用 pH 試紙，分別測試丁-1-胺溶液、苯胺溶液、稀氨溶液及去離子水的 pH 值。

乙、與氫氯酸的反應

1. 把 5 滴丁-1-胺加入 5 滴去離子水中，並搖勻。
2. 把濃氫氯酸逐滴加入混合液中，直至混合液澄清。
3. 在煙櫥內，把適量的混合液倒在一錶面玻璃上，讓混合液蒸發，直至出現固體。觀察結果。
4. 利用苯胺代替丁-1-胺，重複步驟 1-3。
5. 用 10 滴稀氨溶液代替丁-1-胺，重複步驟 2-3。

丙、與苯酰氯的反應

1. 小心地把 0.5 cm^3 的苯酰氯逐滴加入 0.5 cm^3 的苯胺中。
2. 當每次滴入苯酰氯時，搖勻混合物。觀察結果。

丁、與硝(III)酸的反應

1. 把 1 刮勺分量的氯化銨溶於 3 cm^3 的熱水中，加入等量的固體硝(III)酸鈉。觀察結果。
2. 把 3 滴的丁-1-胺加入一試管中，滴入濃氫氯酸直至混合液澄清。用去離子水把混合液稀釋至 3 cm^3 ，然後加入一刮勺分量的固體硝(III)酸鈉。
3. 把混合物置於熱水浴中微熱，小心嗅試混合物的氣味。
4. 用苯胺代替丁-1-胺，重複步驟 2-3。
5. 製備重氮苯鹽溶液：

苯胺與硝(III)酸反應可生成重氮苯離子，若反應的溫度保持在 5°C 以下，生成的重氮苯離子較為穩定，可用來製備其他的化合物。

- (a) 把 2 滴的苯胺和 2 cm^3 的稀氫氯酸加入一試管中，再加入冰水直至該混合液的體積為 5 cm^3 。
- (b) 加入一刮勺分量的固體硝(III)酸鈉，用玻璃棒攪動混合物以助溶解。保持反應混合物在 $0-5^\circ\text{C}$ 之間，以備戊部實驗使用。

戊、重氮苯鹽的偶合反應

1. 把 1 刮勺分量的酚溶於 2 cm^3 的稀氫氧化鈉溶液中，把混合物置於冰水浴中冷卻至 5°C 以下。然後逐滴加入重氮苯鹽溶液，搖勻混合物。觀察結果。
2. 用萘-2-酚代替酚，重複步驟 1。

討論

1. 比較氨、丁-1-胺和苯胺的鹼度。解釋不同之處。
2. 解釋為何苯胺在水及在稀氫氯酸中有不同的溶解度。
3. 分別寫出氨、丁-1-胺和苯胺與氫氯酸反應的方程式。
4. 寫出苯胺與苯酰氯反應的方程式及其有機生成物的名稱。
5. 在丁部實驗中，為甚麼不直接使用硝(III)酸，而要利用硝(III)酸鈉與氫氯酸的反應來產生硝(III)酸？
6. 苯胺與硝(III)酸在微熱下反應會生成哪個有機化合物？該有機化合物具有哪些氣味？
7. 寫出苯胺與硝(III)酸在 5°C 以下反應的方程式。
8. 寫出重氮苯離子與萘-2-酚反應的方程式。

9. 重氮苯鹽與酚的偶合反應可生成哪一類的有機化合物？該類有機化合物在工業上有甚麼用途？
10. 舉出一項辨別一級烷基胺及一級芳香胺的化學試驗。

實驗二十七：探討碳水化合物的一些化學反應

引言

碳水化合物具有羰基化合物的性質，而一些碳水化合物亦同時具有羧基化合物的性質，這是因為它們的無環結構含 C=O 基團。本實驗探討糖類和澱粉的一些化學反應。

化學藥品

葡萄糖、果糖、蔗糖、可溶澱粉、菲令氏試劑、托倫斯試劑、2,4-二硝基苯肼的甲醇溶液、稀硫(VI)酸、稀氫氧化鈉溶液、碘溶液

儀器

刮勺、量管、試管、燒杯

步驟



菲令氏溶液和稀氫氧化鈉溶液有腐蝕性，乾燥的托倫斯試劑有爆炸性，2,4-二硝基苯肼溶液易燃及有毒，而稀硫(VI)酸則有刺激性。



進行實驗時必須戴上安全眼鏡。

甲、葡萄糖

1. 菲令氏試驗

把 1 刮勺分量的葡萄糖溶於 2 cm³ 的去離子水中，加入 1 cm³ 的菲令氏試劑。把混合物置於熱水浴中加熱 5-10 分鐘，留意混合物顏色的變化和會否出現沉澱。

2. 銀鏡試驗

把 1 刮勺分量的葡萄糖溶於 2 cm³ 的去離子水中，加入 2 cm³ 的托倫斯試劑，把混合物置於暖水浴中加熱 5 分鐘，留意混合物顏色的變化。

【注意：乾燥的托倫斯試劑有爆炸性，切勿讓托倫斯試劑變乾。】

3. 與 2,4-二硝基苯肼的反應

把 0.5 g 葡萄糖溶於 1 cm³ 的去離子水中，加入 5 cm³ 的 2,4-二硝基苯肼溶液。留意會否出現晶體及其顏色。若沒有晶體生成，則加入少量稀硫(VI)酸，把混合物微熱，然後置於冰水浴中冷卻。

乙、果糖

用果糖代替葡萄糖，重複甲部實驗。

丙、蔗糖

把 1 g 的蔗糖溶於 5 cm³ 的去離子水中。把這溶液分為兩等分供下列實驗使用。

1. 菲令氏試驗

用其中一分的蔗糖溶液，進行菲令氏試驗(參考甲部的步驟 1)。

2. 水解反應

(a) 在其餘一分的蔗糖溶液中加入 5 滴稀硫(VI)酸，把混合液置於熱水浴中加熱約 5 分鐘。

(b) 加入稀氫氧化鈉溶液，直至混合液呈現中性。然後用這混合液進行菲令氏試驗。

丁、澱粉

把 0.1 g 的可溶澱粉加入一盛有 1 cm³ 去離子水的小燒杯中，用玻璃棒把混合物攪成漿狀，再加入 10 cm³ 的沸水，用玻璃棒攪拌混合液以助溶解。把澱粉溶液分為兩等分供下列實驗使用。

1. 碘液試驗

把 2 滴的碘溶液加入其中一分的澱粉溶液中，留意混合物顏色的變化。

2. 水解反應

(a) 把 5 滴稀硫(VI)酸加入其餘一分的澱粉溶液中，把混合液置於熱水浴中煮沸約 10 分鐘。

(b) 加入稀氫氧化鈉溶液，直至混合液呈現中性。然後把混合液分為兩等分。

(c) 用其中一分混合液進行碘液試驗。

(d) 用其餘一分的混合液進行菲令氏試驗。

討論

1. 寫出葡萄糖與菲令氏試劑反應生成的沉澱的名稱。
2. 為甚麼葡萄糖和果糖能令菲令氏試劑及托倫斯試劑還原？
3. 在與 2,4-二硝基苯肼反應中，呈現陽性變化的碳水化合物含有哪個官能基？
4. 寫出蔗糖水解反應的方程式。
5. 在丁部實驗中，為甚麼要把澱粉與稀硫(VI)酸的混合液煮沸 10 分鐘？
6. 舉出一項辨別還原糖和非還原糖的化學試驗。

1. 評審能力範圍(在括號內的百分率為該能力在評審分數中所佔的比重)

能力範圍 A (高級程度 40% , 高級補充程度 40%)

— 操作技巧、觀察技巧、一般實驗表現

能力範圍 B (高級程度 40% , 高級補充程度 50%)

— 表達數據、解釋結果、計劃實驗及設計習作

能力範圍 C (高級程度 20% , 高級補充程度 10%)

— 對化學實驗工作的態度

2. 評審能力範圍 A 的方法

此範圍的評分須在實驗課內直接觀察學生的表現而取得。下列標準可作評分時參考。

(a) 有條不紊的工作

- (i) 正確的操作次序
- (ii) 有效及有目的地使用儀器
- (iii) 有效地利用工作時間
- (iv) 在有限的指示下製訂一套可行的工作程序

(b) 實驗技巧

- (i) 儀器的正確使用及其讀數的準確度。例如：
 - (1) 天平
 - (2) 溫度計
 - (3) 計時器
 - (4) 容量儀器
 - (5) 簡單電動儀器
 - (6) 其他簡單儀器
- (ii) 進行以下操作的能力：
 - (1) 過濾
 - (2) 氣體的製備及收集
 - (3) 結晶
 - (4) 蒸餾及回流
 - (5) 氣體及其他物質的乾處理
 - (6) 液體-液體萃取
 - (7) 熔點及沸點的測定
 - (8) 簡單的色層分析

(iii) 安全地處理化學藥品的能力

除了實際觀察學生進行操作的技巧外，教師亦可基於學生在實驗中的收穫率、生成物的純度、滴定數據的一致性、儀器讀數的準確性，進行間接的評審。

(c) 手法熟練程度

- (i) 進行實驗時是否快捷及有無信心
- (ii) 能否成功地完成某項操作

(d) 整齊

- (i) 工作範圍是否整潔
- (ii) 桌面空間的使用是否適當
- (iii) 實驗儀器的放置是否有條不紊

(e) 觀察技巧

- (i) 基於可容許的誤差範圍，將學生的實驗讀數和預定的評分標準作比較。
- (ii) 學生在觀察時或觀察後的口頭報告。

3. 評審能力範圍 B 的方法

- (a) 學生應能在實驗進行時準確地記錄觀察結果。
- (b) 在進行定量實驗時，學生應
 - (i) 明白實驗所依據的原理和認識用來計算結果的正確化學方程式。
 - (ii) 能有效率地完成計算工作。
 - (iii) 認識實驗結果的可靠性及導致其出現誤差的各種原因、有關誤差的大小。
- (c) 在進行定性實驗時，學生應能辨別有關反應的類型，並能從實驗時所得的觀察結果推斷出合理的結論。
- (d) 學生應能把實驗數據合理地表達及說明，並從中得出邏輯性的結論。評審時亦可根據學生對非預期結果所表現的反應，和他/她對實驗結果所持的分析能力。
- (e) 評審時可根據學生策劃和完成實驗的能力，即能否預計可能遇到的困難，能否改良儀器組合或實驗程序來克服這些難處，以及能否滿意地完成計劃好的實驗。

- (f) 上述的種種能力，主要藉學生所寫的實驗報告來加以評核，辦法至易。此外，教師亦可利用其他方法，例如發問、簡單口頭匯報、或在實驗課內安排小型測驗等來評審。不過，無論用那種方法所評定的分數，都應揉合在所給予學生的實驗報告最終評分之內，並用等級或分數的形式在學生的實驗報告冊上註明。

4. 評審能力範圍 C 的方法

在中六及中七學年完結時，教師須就各個學生對實驗工作的態度給予總評。評審時可參考下列指引：

學生是否

- (a) 具有自信和善於應變，無需依賴他人指導而工作。
- (b) 對工作感興趣、具熱誠與求知慾。
- (c) 勇於面對問題，不屈不撓。
- (d) 在獨立或小組工作中表現良好。
- (e) 留意實驗的安全問題。

5. 評審工作

(a) 一般注意事項

在課程開始時，教師即應告知學生他們的實驗工作會在校內評審。教師無須用同一的實驗來評審全班學生，但如果個別學生在不同時候接受不同測試，最好能讓每個學生在各個能力範圍內都得到充分評審。

評審工作應盡可能在正常實驗課內進行。教師如果覺得有需要讓學生知道，可預先向他們說明；但無論如何，評審工作應在不著跡下進行。教師無須在同一天及同一實驗中評審所有學生。

(b) 評審標度

教師須就各個能力範圍和各個用作評審的練習評分。

就各個能力範圍評分時，須按下列以十分為滿分的計分法：

10-9	優異
8-7	良好
6-5	一般
4-3	較差
2-1	甚差

(c) 分數的評定

對個別實驗的評分，如果教師想用某一實驗來評審學生兩個能力範圍，或用多種方法來評審學生的某一能力範圍，則每個能力範圍或評審方法均須單獨地評分。

分數的評定可根據下列三種方法：

(i) 按評分表進行評分

教師可設計一些合適的評分表來評審實驗中各個部分的工作。該等評分表能使教師根據學生所寫的實驗報告，就其觀察結果、準確程度、記錄模式、演譯方法和整體編排而評分。

(ii) 按學生在某一特別工序上的表現的印象評分

教師可藉在實驗課時記錄得的每個學生的優劣表現，作為印象評分的根據。

(iii) 按長時間觀察學生在某方面的表現所得的整體印象評分。

(d) 評審實驗的次數

(i) 實驗工作須在高級程度或高級補充程度課程的兩年內評審。

(ii) 每一考生均須符合下列要求：

		高級程度	高級補充程度
每年最少評分次數	能力範圍 A	≥ 2	≥ 1
	能力範圍 B	≥ 2	≥ 1
	能力範圍 C	每學年完結時 評分一次	於中七完結時只 作一次評分
兩年課程內，最少評分次數		12 (最低限度： 5A, 5B 及 2C)	7 (最低限度： 2A, 2B 及 1C)
兩年課程內，最少評審的實驗次數 (不包括能力範圍 C)		7	—

(iii) 重讀生及轉校生

重讀考生及轉校考生以前在評審制或實驗考試中獲得的分數，不予計算。

高級程度考生— 教師須在學生重讀年內分別就能力範圍 A 及 B 評分最少四次，又就能力範圍 C 評分一次。

高級補充程度考生— 教師須在學生重讀年內分別就能力範圍 A 及 B 評分最少兩次，又就能力範圍 C 評分一次。

(e) 記錄評審結果

教師應將以十分為滿分所作出的評分紀錄於香港考試局提供的教師評審制電腦軟件內。

有關使用該電腦軟件的詳情，教師可參閱高級程度化學科教師評審制電腦軟件使用手冊。

(f) 實驗類別

教師可自行選擇各類型實驗來進行評審，使學生可以涉獵不同範圍和類別的實驗，從而獲得如定性、定量、製備技巧等的經驗，而不是只限於某一兩種範圍或類別的經驗。

評審用的實驗雖然不應經事前排練，但亦不應用作評審學生某些毫無經驗的操作。

實驗範圍

- (i) 物質的轉變和這些轉變的模式
- (ii) 化學平衡
- (iii) 動力學
- (iv) 能學

實驗種類

(i) 製備練習

製備無機和有機化合物。其中涉及利用實驗室內一些慣用的技術，例如處理氣體的方法、過濾、結晶、再結晶、蒸餾、回流、乾處理、液體與液體間的提取法、與及利用檢定熔點或沸點來鑑定純度的方法。

(ii) 定量練習

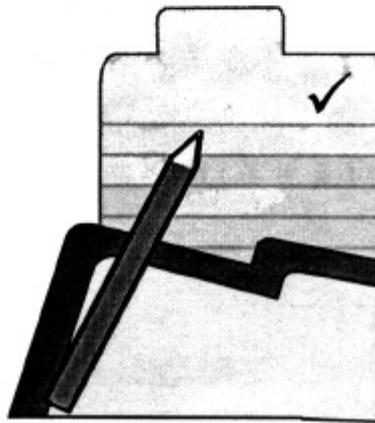
- (1) 容量分析法(可以是某些實驗的一部份)。
- (2) 計量關係的研習，包括研習氧化數的變化。
- (3) 研習化學平衡、測定平衡常數、分配系數、酸鹼離解常數等，以及緩衝溶液的使用。
- (4) 量度簡單化學電池中的 e.m.f.，和利用 pH 計或指示劑來測定 pH 值。
- (5) 反應速率的研習，以量度反應初速的研習為主；影響反應速率的因素。
- (6) 簡易熱計量的量度—反應焓變、中和焓變。

(iii) 定性練習

- (1) 研習無機化學中一些常見的反應類別，例如沉澱、由氧化還原反應所引起的歧化作用、水解、絡合物生成反應等。
- (2) 陽離子和陰離子水溶液間的反應、簡單的試管實驗。
- (3) 離子的檢定、有機和無機物質的定性分析法、簡易色層法的使用。
- (4) 利用簡單的試管實驗，探討並比較脂族化合物和芳烴族化合物中各個官能團的化學反應。

第三章

實驗評分參考



本章以數個不同種類的實驗作例子，提供一些評分重點，給教師在評審學生實驗技能時作參考。

實例一：測定揮發性液體的相對分子質量(實驗細節可參考頁3)

能力範圍 B

<u>評分重點</u>	<u>分數</u>
• 運用適當的方程式及實驗數據，計算測試液體的摩爾質量(方法正確、步驟簡潔易明、計算準確)。	3
• 以 g mol^{-1} 來表示摩爾質量。	1
• 指出兩種計算方法所得的摩爾質量不同的原因，如理想氣體方程式的不足，在 s.t.p.下摩爾體積只是一個由多種氣體的摩爾體積求得的平均值等。	2
• 指出若注射器針頭短於玻璃氣筒的管嘴時，可能有部分的測試液體沒有氣化，令計算所得的摩爾質量較實際的摩爾質量為大。	2
• 指出實驗中誤差的來源，例如：小注射器內的測試液體的流失；量得的溫度只是蒸氣套內的溫度，並不是氣體的實際溫度。	2
	<hr/> <u>10</u>

實例二：用乙二酸來標定氫氧化鈉溶液(實驗細節可參考頁9)

能力範圍 A

評分重點	分數
• 正確及有效率地使用天平稱取所需的水合乙二酸。	2
• 能把全部水合乙二酸轉移至容量瓶中，即利用洗滌瓶將燒杯內剩餘的溶液沖洗入容量瓶中。	1
• 以正確的方法及沖洗液清洗滴定管及移液管。	1
• 把乙二酸溶液注入滴定管時，確保活栓至管嘴的空間填滿溶液。	1
• 正確地使用移液管膠泵。	1
• 讓移液管嘴輕觸錐形瓶內側或溶液的液面，以排出最後一滴溶液。	1
• 控制滴定管活栓的手勢正確。	1
• 接近滴定終點時，懂得用去離子水把附在錐形瓶內側的乙二酸沖洗入錐形瓶中。	1
• 準確地讀取滴定管的起始及最後讀數(無視差)。	1
	<hr/> 10 <hr/>

能力範圍 B

評分重點	分數
• 用稱得的水合乙二酸的質量，計算出乙二酸的準確濃度，並以 mol dm^{-3} 來表示。	1
• 準確記錄滴定管的起始及最後讀數至兩位小數。	1
• 選用適當的滴定值來計算平均滴定值。	1
• 計算氫氧化鈉溶液的準確濃度(方法正確、步驟簡潔易明、計算準確)。	3
• 氫氧化鈉溶液的準確濃度須以 3 或 4 位有效數字及以 mol dm^{-3} 來表示。	1
• 指出選用酚酞作這滴定的指示劑的原因。	1
• 指出在步驟 7 中先用稀氫氯酸，再用水來沖洗盛載氫氧化鈉溶液的移液管的原因。	1
• 指出實驗誤差的來源，如滴定終點的判斷。	1
	<hr/> 10 <hr/>

實例三：熱量滴定(實驗細節可參考頁11)

能力範圍 A

評分重點	分數
• 在甲部實驗中每次進行中和反應實驗前，用去離子水清洗發泡膠杯。	1
• 準確地讀取溫度計的讀數(無視差)。	1
• 以正確的方法及沖洗液清洗滴定管及移液管。	1
• 把酸注入滴定管時，確保活栓至管嘴的空間填滿溶液。	1
• 選用合適的儀器——移液管，來量取乙部實驗的鹼溶液。	1
• 正確地使用移液管膠泵。	1
• 讓移液管嘴輕觸發泡膠杯內側或溶液的液面，以排出最後一滴溶液。	1
• 控制滴定管活栓的手勢正確。	1
• 在進行滴定的過程中，採取適當的步驟以減少熱量的流失，如迅速地量度溫度、使用保溫套等。	2
	10

能力範圍 B

評分重點	分數
• 利用表一的資料，繪出準確的圖像(包括標示 y-軸為混合液的溫度變化，x-軸為酸/鹼溶液的體積。)	1
• 利用表二的資料，繪出準確的圖像(包括標示 y-軸為混合液的最高溫度，x-軸為酸溶液的體積。)	1
• 利用所得的圖像，分別求取甲乙兩部實驗的鹼溶液的摩爾濃度。	2
• 利用所得的圖像，分別求取甲乙兩部實驗的中和焓變。	2
• 從蒐集所得的實驗結果，正確評論中和焓變與酸鹼組合的關係。	1
• 指出在計算中和焓變時所作的假設，如反應混合物的密度為 1.0 g cm^{-3} 及其比熱容為 $4.2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 。	1
• 指出方法一的優點是失熱較少，所量得的最高溫度較為準確。	1
• 指出方法二的優點是量度溶液的體積較為準確。	1
	10

實例四：弱酸離解常數的測定(實驗細節可參考頁18)

能力範圍 A

評分重點	分數
• 用已知 pH 值的緩衝溶液，校準 pH 計。	1
• 以正確的方法及沖洗液清洗滴定管及移液管。	1
• 把鹼溶液注入滴定管時，確保活栓至管嘴的空間填滿溶液。	1
• 正確地使用移液管膠泵。	1
• 讓移液管嘴輕觸錐形瓶內側或溶液的液面，以排出最後一滴溶液。	1
• 控制滴定管活栓的手勢正確。	1
• 準確的滴定終點(即混合液剛由無色變為淡紅色)。	1
• 準確地讀取滴定管的起始及最後讀數。	1
• 用完 pH 計後，把它的電極放在去離子水中待下次使用。	1
• 在每次使用 pH 計前，用去離子水及被測試的溶液沖洗 pH 計的電極。	1
	10

能力範圍 B

評分重點	分數
• 用列表方式表達實驗結果(包括 pH 值、 pK_a 值和 K_a 值)。	1
• 準確記錄 pH 計的讀數。	1
• 計算每個酸的 K_a 值(方法正確、步驟簡潔易明、計算準確)。	2
• K_a 值以 mol dm^{-3} 表示。	1
• 根據所得的 K_a 值，把各酸按強度依次排列。	1
• 解釋各酸的不同酸度。	2
• 指出導致實驗所得的 K_a 值與文獻所載的 K_a 值不同的原因。	2
	10

實例五：探討過渡金屬離子的催化性質(實驗細節可參考頁38)

能力範圍 B

<u>評分重點</u>	<u>分數</u>
• 用列表方式表達實驗結果(包括時間、反應的初速)。	1
• 用混合物初現藍色時所需的時間，計算每個反應的初速，並以 s^{-1} 表示。	1
• 指出在每次實驗中使用相同分量的反應物是要避免反應初速受反應物的分量的影響。	1
• 用所得的反應初速，指出各過渡金屬離子是否有催化作用。	1
• 解釋為何實驗中使用的過渡金屬離子為同相催化劑。	1
• 指出反應(一)是氧化還原反應。	1
• 利用標準電極電勢，解釋為甚麼鐵(II)離子和鐵(III)離子均可作為反應(一)的催化劑。	2
• 指出過渡金屬的催化作用是與它們的可變氧化態性質有關。	1
• 指出催化劑使反應改循另一途徑(催化途徑)進行，而且催化途徑的活化能會較低，因此反應速率增加。	1
	10

實例六：製備環己烯(實驗細節可參考頁44)

能力範圍 A

評分重點	分數
• 安全措施：全時間戴上安全眼鏡；滴入濃磷(V)酸時，避免直接用手拿著梨形瓶。	2
• 正確地安裝回流加熱裝置。	2
• 正確地安裝蒸餾裝置。	2
• 在甲部的步驟 4 中，用熱水浴加熱蒸餾以收集在 70-90°C 之間餾出的液體。	1
• 正確地使用分液漏斗，包括間中打開活栓排氣。	1
• 用適量的無水氯化鈣除去粗產物中的水分。	1
• 實驗所得的沸點在預定的範圍內。	1
	<u>10</u>

能力範圍 B

評分重點	分數
• 準確記錄環己烯的物理狀態、顏色及氣味。	1
• 計算收穫百分率(方法正確、步驟簡潔易明、計算準確)。	2
• 指出與使用濃磷(V)酸相比，使用濃硫(VI)酸作脫水劑會導致較低的烯烴收穫百分率的原因。	1
• 指出飽和氯化鈉溶液可從粗產物中除去的雜質。	1
• 指出無水氯化鈣在純化中的功用。	1
• 指出純化液態有機化合物的三個主要步驟。	2
• 解釋以溴水及酸化錳(VII)酸鉀溶液試驗生成物的結果。	2
	<u>10</u>

實例七：探討醇的一些化學反應(實驗細節可參考頁46)

能力範圍 A

<u>評分重點</u>	<u>分數</u>
• 安全措施：全時間戴上安全眼鏡；加入冰乙酸、濃硫(VI)酸或五氯化磷時，避免直接用手拿著試管；用熱水浴把易燃的混合物加熱。	3
• 使用適量的試劑。	1
• 用濾紙吸去鈉表面的石蠟油及使用一小塊的鈉。	2
• 把少量的乙醇與鈉的反應混合物滴在 pH 試紙上，而不是以試紙放入混合物中。	1
• 只把酯化反應的混合物微熱。	1
• 嗅試反應混合物氣味的方法正確。	1
• 在指定時間內完成實驗。	1
	<u>10</u>

能力範圍 B

<u>評分重點</u>	<u>分數</u>
• 用列表方式表達實驗結果。	1
• 準確記錄實驗結果。	2
• 指出乙醇與鈉反應生成氫，並解釋為甚麼乙醇與鈉的反應混合物的 pH 值大於 7。	1
• 解釋鈉與乙醇反應和鈉與水反應的不同活潑性。	1
• 解釋為甚麼在進行酯化反應實驗時，要避免把反應混合物加熱至沸騰。	1
• 解釋為甚麼在把酯化反應的混合物倒進水後，酯的氣味才較為明顯。	1
• 解釋在乙醇與酸化重鉻(VI)酸鉀反應所觀察到的變化。	1
• 分別指出把乙醇氧化為乙醛以及氧化為乙酸的方法。	2
	<u>10</u>

實例八：製備苯酸(實驗細節可參考頁61)

能力範圍 A

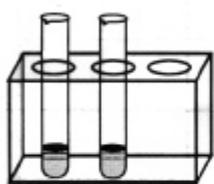
<u>評分重點</u>	<u>分數</u>
• 安全措施：全時間戴上安全眼鏡；在把混合物煮沸時，小心控制火焰以防止滿沸。	2
• 用濃氫氯酸鑑定逸出的氨氣。	1
• 用 pH 試紙測試反應混合物，以確定加入過量的稀氫氯酸。	1
• 正確地操作吸濾裝置，包括在停止過濾時先把漏斗提起或把喉管拔除以避免發生倒吸。	2
• 用最少量的冰水沖洗濾得的固體。	1
• 進行再結晶時，用最少量的熱水溶解濾得的固體。	1
• 測定晶體的熔點的步驟正確。	1
• 實驗所得的熔點在預定的範圍內。	1
	<u>10</u>

能力範圍 B

<u>評分重點</u>	<u>分數</u>
• 準確記錄晶體的質量至兩位小數。	1
• 計算收穫百分率(方法正確、步驟簡潔易明、計算準確)。	1
• 指出反應裝置中玻璃管的功用。	1
• 指出並解釋反應混合物經煮沸 15 分鐘後，出現的可觀察變化。	1
• 指出在步驟 2 中逸出的氣體是氨，並解釋鑑定方法的原理。	1
• 指出在步驟 4 中，用水沖洗濾得的固體的原因，並指出用少量及冰冷的水是要減少生成物因溶於水中而失去。	2
• 指出實驗所得晶體的熔點通常較文獻所載的熔點為低是因生成物中含有雜質。	1
• 列出一些可用來衡量某個製備方法優劣的準則，如收穫百分率及生成物的純度等，並利用這些準則來衡量本實驗的優劣。	2
	<u>10</u>

附 件

1. 化學實驗評分表格
2. 常用化學藥品的濃度資料
3. 參考書籍



常用化學藥品的濃度資料

下表列出一些在實驗室中常用化學藥品的濃度資料，供教師參考。

溶液	濃度(M)	
	稀	濃
<u>酸 / 鹼類</u>		
硫(VI)酸	1	18
氫氯酸	2	12
硝(V)酸	2	16
乙酸	1 或 2	17.4
氫氧化鈉溶液	2	6
氨溶液	1	15
<u>其他</u>		
重鉻(VI)酸鉀溶液	0.1 或 0.125 或 1	
酸化錳(VII)酸鉀溶液	0.02 或 0.1	
硝(V)酸銀溶液	0.05 或 0.1	
溴水	0.08	
碘溶液	0.08	

* 上表未列出的常用溶液的濃度一般在 0.1-2 M 之間。

化學藥品的危險性是與它們的性質及濃度有關的，下表列出一些常用的酸/鹼溶液的潛在危險：

酸/鹼	刺激性	腐蝕性
硫(VI)酸	0.5 - 2 M	2 M 或以上
氫氯酸	4 M 或以上	濃溶液
硝(V)酸	1 - 4 M	4 M 或以上
乙酸	2 - 5 M	5 M 或以上
氫氧化鈉溶液	0.2 - 1 M	1 M 或以上
氫氧化鉀溶液	0.2 - 1 M	1 M 或以上
氨溶液	5 M 或以上	濃溶液

濃硝(V)酸及濃氫氯酸分別會釋出有害的二氧化氮及氯化氫，進行實驗時應使用最少的分量，並確保空氣流通。在使用這些附有危險警告的化學藥品時，必須加倍小心並盡量戴上安全眼鏡。

參考書籍

書名	作 / 譯者	出版者	年份
高級程度化學實驗	李宏祺、李宏強、 陳培德、王載興	上海書局	1993
科學實驗室安全手冊	香港教育署	香港教育署	1994
中學化學科常用英漢辭彙	香港教育署	香港教育署	1990
化合物系統命名法指引 (第二版)	香港考試局	香港考試局	1993
化學化工百科詞典	黃榮茂等	曉園	1987
英漢化學辭典	薛德炯	商務	1971
A-Level Practical Chemistry	B. Ratcliff	Cambridge	1990
Advanced Practical Chemistry	Clark & Clynes	Hodder & Stoughton	1979
Advanced Practical Chemistry	Thompson & Attshlis	John Murray	1985
Advanced Practical Chemistry Resource Pack	Thompson & Attshlis	John Murray	1984
Assignments in Practical Chemistry (with Teachers' Guide)	Rogers & Williams	Hon Wing	1984
Chemical Nomenclature, Symbols and Terminology for Use in School Science	Chemical Nomenclature Sub- committee	Association for Science Education	1985
Chemistry in Context: Laboratory Manual and Study Guide (2nd Edition)	Hill & Holman	Nelson	1989
Hazardous Chemicals - A Manual for Schools and Colleges	Scottish Schools Science Equipment Research Centre	Oliver & Boyd	1979
Hazards in the Chemical Laboratory (5th Edition)	S.G. Luxon	The Royal Society of Chemistry	1992
Practical Assessments in Advanced Chemistry	Earl & Wilford	Nelson Blackie	1990
Revised Nuffield Advanced Science: Book of Data	Nuffield-Chelsea Curriculum Trust	Longman	1984
Solutions for Laboratory (1st Edition)	HK Laboratory Technicians' Association	HK Laboratory Technicians' Association	1979
Topics in Safety		Association for Science Education	1988