

國際化學奧林匹亞試題 及其解答彙編(三)

魏明通

國立臺灣師範大學科學教育中心

第六屆國際化學奧林匹亞試題

西曆 1974 年於羅馬尼亞布加勒斯特舉行

試題

一、爲進行水的電解實驗，設計了一個電路。電路中有一個伏特計、鉑電極和一個由十個乾電池連在一起的電池組。每一個乾電池的電壓是 1.5 V ，內電阻爲 $0.4\ \Omega$ ，伏特計的電阻是 $0.5\ \Omega$ ，電池組的極化電壓爲 1.5 V 。電流通過電路中的電解液 8 小時 56 分 7 秒。由此得到的氫氣和另一種物質作用而合成一種氣態物質 A，A 經過電化學氧化，由氧化物轉變爲物質 B。

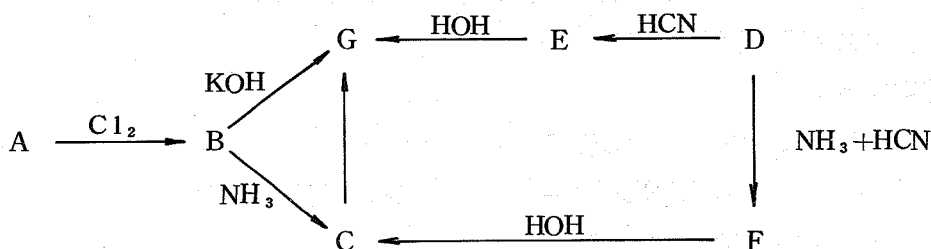
用物質 B 可製備 C，C 被氫還原後得到物質 D。D 在 180°C 和濃硫酸反應，產生對胺基苯磺酸。通過重氮化反應，再和 N - 二甲基苯胺作用，就生成了一種名爲甲基橙的偶氮染料。

問題：

1. 寫出上面所提及的各反應化學方程式。
2. 試計算物質 D 的質量。
3. 寫出甲基橙指示劑的正確化學名稱，並且結構式表示此指示劑隨溶液中氫離子濃度改變而發生的變化。

原子量：N = 14，O = 16，C = 12，H = 1

二、物質 G 可由下圖所示的數種方法來製備：



化合物 A 含有 48.60 % 的碳，8.1 % 的氫和 43.30 % 的氧（均為質量百分率）。它可與新製備的氯化銀反應而生成一種難溶的鹽，0.74 克的 A 以此反應可得 1.81 克的銀鹽。

化合物 D 含碳 54.54 %，氫 9.09 % 和氧 36.37 %。它可和亞硝酸氫鈉化合而生成一種含硫 21.6 % 的化合物。

問題：

1. 簡要寫出反應過程及 A 和 D 的結構式。
2. 寫出 B、C、E、F、G 的結構式。
3. 指出上圖中按箭頭標示的反應類型，並詳細討論 $B \rightarrow G$ 和 $D \rightarrow E$ 的反應。
4. 寫出 G 可能異構體的結構式並指出異構類型。

原子量：C = 12，H = 1，O = 16，Ag = 108，Na = 23，S = 32

三、使用下列各為 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 溶液：

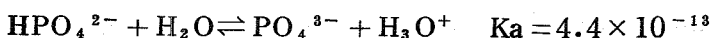
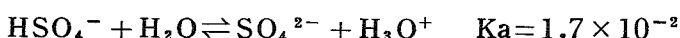
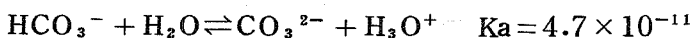
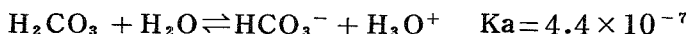
A : HCl B : HSO_4^- C : CH_3COOH D : NaOH
 E : CO_3^{2-} F : CH_3COONa G : HPO_4^{2-} H : H_2SO_4

問題：

1. 計算溶液 C 的氫離子濃度。
2. 計算溶液 A 的 pH 值。
3. B 和 E 可起反應，寫出此化學反應的方程式並註明共軛酸鹼對。
4. 比較 A、B 和 C 的酸鹼性，並確定那一種顯示最強的鹼性並解釋你的結論。
5. 寫出 B 和 G 起反應的化學方程式並說明平衡移動的方向。

6. 寫出C和E起反應的化學方程式並說明平衡移動的方向。
7. 計算中和20.0 cm³的H溶液所需D溶液的體積。
8. 如果氯化氫在壓力為202.65 KPa，溫度為37°C時為氣態，即在1升A溶液中氯化氫的體積為多少。

游離常數：



原子量：Na = 23，S = 32，O = 16

四、一混合物含有機物A和B，兩者都含有氧並能以任何比例互相混合，在冷卻情形下，氧化此混合物使生成一種能和亞硫酸氫鈉化合的物質C。在與亞硫酸氫鈉反應中，生成的物質的莫耳比，對物質C來說是等於2.7931。

A和B的混合物可以在含20% O₂和80% N₂（均為體積百分率）的計量空氣中燃燒，經測量在標準狀態下產生的總體積為5.432 dm³的氣體混合物。使此氣體混合物通過氫氧化鋇溶液，其體積減少了15.46%。

問題：

1. 寫出A和B的結構式。
2. 計算A和B在混合物中的莫耳比。

原子量：C = 12，O = 16，S = 32，Na = 23

五、我們發現在門得列夫週期表中，不同族的兩種金屬元素的混合物在加熱情況下和56 cm³（在STP時測定的體積）的氫氣反應，即產生兩種離子化合物。使此兩種離子化合物和270 mg水反應，有1/3的水起反應。反應後生成了一種鹼性溶液，其中所含氫氧化物30%（質量），同時產生一種沉澱，其質量是反應產物總質量的59.05%。過濾沉澱後加熱，其質量減少到16.81%。

試問開始時混合物中的兩金屬元素及計算其質量。

六、〔實驗題〕

數隻試管中含有下列未知樣品：

一種羧酸鹽，一種酚，一種碳水化合物，一種醯胺，使用實驗桌上提供的試劑，辨認每隻試管內的物質。

七、〔實驗題〕

使用 7 號試管內的溶液辨認 5、6、8 及 9 號試管溶液中的陽離子。不使用任何指示劑，確定 7 號試管中的溶液是酸或鹼性。

八、〔實驗題〕

10 號試管中的溶液含有兩種陽離子和兩種陰離子。使用實驗桌上提供的試劑，辨認這些離子。

第七屆國際化學奧林匹亞試題

西曆 1975 年於匈牙利維斯布瑞姆舉行

試題

一、在 20°C 時，從 320 克 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ 飽和溶液中蒸發 160 克的水後，有多少克的 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 晶體析出？（在 20°C 時， $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ 飽和溶液的濃度為 5.50 %）。

原子量：K = 39.10，Al = 26.98，S = 32.06，O = 16.0，H = 1.01

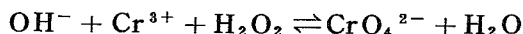
二、為實驗需要製備一種含有鋁、鋅、矽及銅的合金。此合金 1000 mg 與鹽酸作用時，生成氫氣 843 cm^3 （在 0°C ，101.325 KPa）及未溶物 170 mg。此合金 500 mg 與氫氧化鈉溶液反應時，生成氫氣 517 cm^3 （在 0°C ，101.325 KPa），尚有部份固體未溶。

問題：試計算合金的質量百分組成。

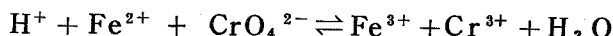
原子量：Al = 26.98，Zn = 65.37，Si = 28.09，Cu = 63.55

三、一合金含銀、銅及鉻，質量為 1500 mg，經溶解後溶液中含有 Ag^+ ， Cu^{2+} ， Cr^{3+} ，用水稀釋到 500 cm^3 。取此溶液 50 cm^3 進行下列實驗：

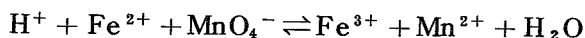
除去銀、銅後，依照下列反應式（未平衡）氧化鉻



加入 0.100 mol / dm^3 $\text{Fe}(\text{II})$ 鹽溶液 25.00 cm^3 ，發生下列反應式（未平衡）的反應：



根據下列反應式（未平衡）氧化溶液中未用完的 $\text{Fe}(\text{II})$ 鹽溶液，使用 0.020 mol · dm^{-3} 的過錳酸鉀溶液 17.20 cm^3 。



在另一實驗裡，取原始溶液 200 cm^3 進行電解，在此電解實驗中，電解析出金屬的電流效率為 90%，電流為 2 A，在 14.50 分內，三種金屬都定量析出。

問題：平衡上述三個反應方程式並計算合金的質量百分組成。

原子量：Cu = 63.55，Ag = 107.87，Cr = 52.00

四、3% 甲酸溶液的密度 $\rho = 1.0049 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，其 pH = 1.97。

問題：稀釋多少倍後，甲酸溶液的游離度增加為稀釋前的 10 倍？

原子量：H = 1.01，C = 12.01，O = 16.0

五、在醛同系物中，醛 B 位於醛 A 之後。將醛 B 19 克加於醛 A 100 克的質量百分濃度為 23% 溶液中。此混合溶液 2 克和硝酸銀的氨溶液反應，析出銀 4.35 克。

問題：

1. 決定所用的是什麼醛。
2. 寫出此兩種醛的結構式。

原子量：C = 12.01，O = 16.0，H = 1.01，Ag = 107.87

六、反應 $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ 在 600°C 時的平衡常數為 70.0。

問題：

1. 設依照下列比例混合反應物，達到平衡時有多少 (%) 的碘轉變為碘化鉀？

(1) 在 600°C，按 1:1 比例混合。

(2) 在 600°C ，按 $2(\text{H}_2) : 1(\text{I}_2)$ 比例混合。

2. 在 600°C 時，需用多少莫耳氫氣和 1 莫耳碘混合，才能使反應達到平衡時，碘變成碘化氫的轉化率為 99%？

七、一種飽和碳氫化合物 A 經催化而氧化，部分轉變為仲醇（第二醇）B，部分轉變為酮。在催化劑存在時，酮被硝酸氧化成分子式為 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$ 的化合物 D。化合物 D 與醋酸酐加熱反應，生成一種酮 E 及二氧化碳和水。化合物 E 和化合物 C 的結構相似，只是 E 比 C 少一個亞甲基。化合物 D 是生產一種重要的縮合聚合物的人造纖維的一種原料。

試寫出化合物 A、B、C、D、E 的結構式。

- 八、1. 依照表中左邊所列分子的特性，把肯定的答案用“+”符號填入於表中相應的方格內。

特 性 \ 分 子	C_2H_4	N_2H_4	H_2O_2	H_2F_2
二個同種原子間有共價鍵				
分 子 間 有 雙 鍵				
平 面 分 子 結 構				
極 性 分 子				
分 子 內 有 氫 鍵				
與 水 反 應 呈 鹼 性				

2. 下列結論和表均有空缺的地方，把相應的詞填入結論中，化學式填入表中。

結論：表中各直列分子（或離子）的電子結構是_____。

CH_4	C_2H_6	CO_3^{2-}		$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	
NH_4^+	$\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$		NO_2^+		N_2

九、〔實驗題〕

試劑瓶中分別盛有下列各化合物的水溶液：硝酸銀、鹽酸、硫酸銀、硝酸鉛、氨水及氫氧化鈉。

試利用它們相互間的反應，辨認各號試劑瓶中所盛的是那一化合物。

注意，不能使用其他任何試劑。試驗時不要把溶液全部用完，實驗後各瓶中還留數 cm^3 溶液。實驗開始時，可以擬訂一實驗計畫，並對此臨時計畫進行評價後再將結果填入表中。

將你觀察到的現象用下列符號填入表中各方格內對角線的下部：

白色沉澱↓，有色沉澱↓↓，形成可溶於水的錯離子〔 〕，放出氣體↑。

把反應中生成的沉澱，錯離子或氣體填入表中相應方格內對角線的上部。

根據你的實驗結果，把最後結論填入表中最下面一行空格中。

試 劑 瓶 號	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
化合物的化學式						

十、〔實驗題〕

有數隻試管，每隻試管中各盛有一種固體化合物，即氯化物、碘化物、氧化物、氫氧化物、硫化物、硫酸鹽或碳酸鹽。它們分別和下列所示的一種陽離子結合：

Ag^+ 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Sb(V) 、 Sn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cr^{3+} 、 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Ba^{2+} 。

問題：使用你實驗桌上的試劑實驗並寫出給予你的各種固體化合物試樣的化學式。

注意：實驗時不要把所有的固體試樣全部用完。每隻試管中應留有少量固體。當你有確定的結果後，才填下表。

化 合 物			
試樣號碼	化 學 式	試樣號碼	化 學 式
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

十一、〔實驗題〕

三個密封的安瓿 (ampule) 中分別盛有三種試樣。它們都是芳香族化合物：一種是碳氫化合物；一種是酚；一種是醛。只使用為你準備的試劑，辨認給予你試樣是何種化合物。

注意：要小心打開安瓿，只根據觀察試樣的物理特性（如顏色、氣味等）來鑒定試樣是不夠的。

當有了確定的結果後，才填下表：

試樣號碼	試 劑	觀 察	化 合 物 種 類
1			
2			
3			

十二、〔實驗題〕

碳酸鈉晶體在長期放置過程中，將失去部份結晶水，其含水量可變，而放置長時間後，其結晶水數將保持一平均值。

試管中的碳酸鈉溶液是用 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot X \text{H}_2\text{O}$ 配製的，其質量表示於試管上。

試測定每莫耳碳酸鈉所含結晶水的莫耳數。計算的準確度到 0.01 莫耳。

步驟：把試管中的溶液定量的移到 100 cm^3 的量瓶中，用不含二氧化碳的蒸餾水（預先加熱至沸騰，並冷卻至室溫的）稀釋至刻度為主。量取 10 cm^3 溶液倒入於 100 cm^3 錐形瓶中，用上述蒸餾水稀釋到 30 cm^3 。加入甲基橙指示劑 2~3 滴後，用已知濃度的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 鹽酸溶液滴定到指示劑變色為止。煮沸溶液 1~2 分，以趕出溶於溶液中的二氧化碳。如果溶液顏色變黃色時，冷卻後繼續滴定到指示劑變色。根據 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 鹽酸的總用量，計算試樣中碳酸鹽的含量。

原子量：Na = 22.99，C = 12.01，O = 16.00，H = 1.01

第八屆國際化學奧林匹亞試題

西曆 1976 年 於東德 哈勒舉行

試題

一、1. 使用通用的符號和化學式說明所謂的過氧化物。寫出六種过氧化物的化學式。

2. 寫出兩種定量測定過氧化鈣（II）中過氧化物含量的化學方程式。

3. 用化學方程式表示下列化學反應：

(1) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ ，溶於水，和過量氫氧化鈉溶液混合，生成亮綠色溶液。加入過氧化氫於此溶液時，顏色轉變為黃色。

(2) 把紫色錳化合物的溶液和過氧化氫溶液混合，溶液褪色並放出氣體。

二、有一水合物試樣，重 2.3793 克，其化學式為 $\text{M}_x\text{A}_y \cdot Z \text{H}_2\text{O}$ 其中 M 為金屬。此試樣與過量的 SOCl_2 作用，將生成的氣態生成物導入於含有鹽酸和過氧化氫的氯化鋇溶液中。此時被氣態生成物攜帶出來的少量 SOCl_2 ，可用冷凍法除去。反應時，從溶液析出的沈澱為 14.004 克，其中硫的質量百分含量為 13.74 %。

在另一個反應中，把 1.1896 克原試樣溶解於水，並用水稀釋到 100 cm^3 。此溶液 20 cm^3 需與 $0.2\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 硝酸銀溶液 10 cm^3 反應，此滴定反應生成沈澱 0.28664 克（用電導法測定滴定終點）。

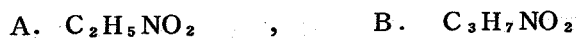
問題：

1. 計算水合物的化學式（使用元素週期表中的原子量）。
2. 設一莫耳水合晶體中所含最多的結晶水數為 7，請寫出其他不符合題意的一種可能的水合物實例。

三、取含有 5% 鐵的硫化鐵（II）試樣 5 克和鹽酸反應。

1. 計算在標準狀態時生成的氣體體積。
2. 求此氣體混合物的體積百分組成。

四、四種具有下列化學式的常見天然物質為：



四種物質與鹼金屬氫氧化物反應，生成鹼金屬的鹽，在中性或酸性溶液中，反應發生在氮原子上。

問題：

1. 寫出 A、B、C、D 化合物的結構式。
2. 四種物質中那些具有旋光性，哪些不具有旋光性？
3. 寫出這些天然物質及由兩個 A 分子反應的生成物中所含官能基的化學式。寫出存在於上述反應生成物中的天然物質名稱。
4. 有一種在工業上重要的環狀化合物含有與問題 3. 相同的官能基。
 - (1) 試寫出此一環狀化合物的結構式。
 - (2) 寫出可由上述化合物所得高分子化合物的特徵部分的結構式。
 - (3) 寫出同樣在工業上重要的高分子化合物的同分異構體特徵部分的結構式。
 - (4) 敘明上述兩種高分子化合物中官能基的名稱。

五、1. 分子式為 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_3$ 的有機化合物 A 與氫氧化鈉溶液起皂化反應而生成化合物 B 和 E。

2. 物質B經兩步驟的氧化反應，生成物質C。
3. 物質C和溴反應而生成取代生成物D，D在氫氧化鈉溶液中起水解反應而生成物質E。
4. 物質E和計量的鹽酸反應，生成化合物F，化合物F含C 40.0%，H 6.66%，其餘為氧。
5. 物質F是生物代謝過程的一種重要產物。
6. 化合物F二莫耳脫去一莫耳水，生成一種不穩定的化合物G。
7. 物質F亦可由含氮化合物H，直接和亞硝酸反應來製得。反應量之關係為H物質4.45克可生成F物質4.5克。

問題：

1. 試寫出上述所有反應的化學方程式。
2. 寫出A→H各有機化合物的結構式。

六、使用氣體溫度計測量一間較大房間內的溫度。為此，在 20°C ， 101.325 KPa 時，將氮氣充入於容積為 80 cm^3 的玻璃管內。在整個房間裡，緩慢而平穩地移動玻璃管以測量溫度。在較高的溫度時氣體膨脹而逸出玻璃管。逸出的氣體被上部液體（其蒸氣壓可忽略而不計）所捕獲。逸出氣體的總體積為 35 cm^3 （ 20°C ， 101.325 KPa ）。

問題：

1. 使用於充填玻璃管的氮氣有多少莫耳？
2. 較高溫度時，從管中逸出的氮氣有多少莫耳？
3. 設玻璃管的膨脹可忽略而不計，試計算在實驗條件下房間內的平均溫度。
4. 設使用50%氮氣和50%氫氣（均為體積）代替純氮進行實驗，將有什麼改變？

七、蓄電池充電後硫酸溶液的密度 $\rho = 1.28\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，相當於36.87%（質量）的硫酸。放電後鉛蓄電池中硫酸溶液密度下降到 $\rho = 1.10\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，相當於14.35%的硫酸。（法拉第常數F為 $26.8\text{ A}\cdot\text{h}\cdot\text{mol}^{-1}$ ）

問題：

1. 寫出充電及放電的全部反應的化學方程式。

2. 依照問題 1 的化學反應式生成和消耗的水與硫酸的質量。
3. 設硫酸的含量變化範圍如上述所示，計算一個電容量為 $120\text{A}\cdot\text{h}$ 的蓄電池中，需加入多少質量的硫酸。
4. 對於電容量為 $120\text{A}\cdot\text{h}$ 的蓄電池，計算充電和放電後硫酸溶液體積間的差值。

八、〔實驗題〕

一種試樣中含有下列陽離子中的兩種及陰離子中的一種：

Ag^+ ， Pb^{2+} ， Fe^{2+} ， Cr^{3+} ， Co^{2+} ， Al^{3+} ， Mn^{2+} ， SO_4^{2-} ， NO_3^- ， Cl^- 。

使用下列試劑辨認試樣中所含的陽離子和陰離子：

2 N 鹽酸，濃硫酸，2 N 硫酸，2 N 硝酸，2 N 乙酸，氫氧化鈉，氨水，過氧化氫，碳酸鈉，硝酸鉀，硫氰酸銨，四硼酸鈉，氟化鈉，乙醇，氯化鋇，硝酸銀，氯化銨，硫酸亞鐵銨，茜素 S。

依照下列要求將結果填入表中。

1. 在試劑一欄中，填入爲了辨認試樣中所含某種陽離子或陰離子存在或不存在所使用試劑的化學式。
2. 在“+ / -”欄中，使用“+”和“-”符號，分別註明存在或不存在於試樣中的離子。

九、〔實驗題〕

有一含草酸與草酸鈉的溶液，試測定在實驗條件下，溶液中所含草酸和草酸鈉的毫克數。

可使用的試劑爲：過錳酸鉀溶液（濃度 = $0.01972\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ），氫氧化鈉溶液（ $0.1019\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ），濃硫酸及酚酞溶液。

十、〔實驗題〕

有四種編號爲 1—4 的未知脂肪族有機物試樣，其化學通式爲 $\text{A}-\text{CH}_2-\text{B}$ ，有些試樣爲水溶液。

進行下列實驗：

1. 測定溶液的 pH 值。

2. 試樣與鹽酸反應。
3. 試樣與鹼金族氫氧化物反應。(鹼性水解—在有迴流冷凝的容器中沸騰5分鐘)，以確認為鹵化物。

下列性質及數據可供給你

- (1) 在實驗的條件下，一種化合物能生成丙酮。
- (2) 對於相同化合物，其碳和氫的含量(質量百分率)和相對分子質量都已知並提供這些數據。可是提供數據的順序與試樣的順序並不一致。

根據你的實驗結果和有關數據，寫出每種試樣物質的A和B的化學式。

將你的結果填入表中，以“+”“-”符號，分別表示正負結果。

第三屆國際化學奧林匹亞試題解答

一、解：設該氣體化合物為x，根據理想氣體方程式

$$P M_x = P R T$$

$$\text{此地 } M_x = \text{分子量} = 22.4 \times 2.05 = 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$x \text{ 氣體的莫耳數 } n_x = \frac{23 \text{ g}}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$$

$$\text{產生二氧化碳的莫耳數 } n_{\text{CO}_2} = \frac{44 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1 \text{ mol}$$

$$\text{因此碳的莫耳數 } n_c = 1 \text{ mol}, \therefore \text{碳的質量 } m_c = 12 \text{ g}$$

$$\text{產生水的莫耳數 } n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{27 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.5 \text{ mol}$$

$$\text{因此氫的莫耳數 } n_H = 2 \times 1.5 \text{ mol} = 3 \text{ mol} \text{ 即 } m_H = 3 \text{ g}$$

23 g 氣體燃燒生成碳 12 g，氫 3 g，此氣體所含氧的質量為

$$23 - 12 - 3 = 8 \text{ g}$$

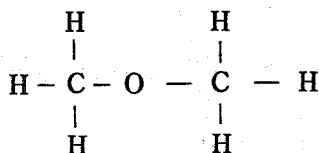
$$\therefore \text{氧的莫耳數 } n_o = \frac{8 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$$

$$n_c : n_H : n_o = 1 : 1.5 : 0.5 = 2 : 3 : 1, \text{ 分子式 } \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$$

可能的化學式有



在常溫乙醇為液體，甲醚為氣體，因此此氣體化合物的結構式為



二、設第一種蘇打晶體的化學式為 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot X \text{H}_2\text{O}$

試樣質量 $m_1 = 1.287 \text{ g}$ 與鹽酸反應放出 100.8 cm^3 二氧化碳，

$$\therefore n_{\text{CO}_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \times 0.1008}{0.082 \times 273} = 0.0045 \text{ mol} = n_1$$

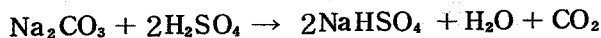
$$\text{試樣一莫耳質量 } M_1 = \frac{1.287 \text{ g}}{0.0045 \text{ mol}} = 286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + X M_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\text{所含結晶水數 } X = \frac{M_1 - M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{(286 - 106) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 10$$

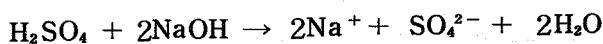
故試樣的化學式： $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

設第二種試樣的化學式為 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot Y \text{H}_2\text{O}$

$m_2 = 0.715 \text{ g}$ 與硫酸反應為：



剩下的硫酸用氫氧化鈉中和



氫氧化鈉消耗的莫耳數 $n_{\text{NaOH}} = 0.1 \text{ mol/L} \times 0.05 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$

因硫酸與氫氧化鈉反應的莫耳比 = 1 : 2

$$\text{故 } n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1}{2} \times 0.005 \text{ mol} = 0.0025 \text{ mol} = n_2$$

$$M_2 = \frac{m_2}{n_2} = \frac{0.715 \text{ g}}{0.0025 \text{ mol}} = 286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

第二種試樣一莫耳質量與第一種試樣相同

因此兩種蘇打晶體的組成相同，均為 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ 。

三、 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$

依照題意，設開始時 $n_{\text{CO}} = 1 \text{ mol}$ ， $n_{\text{H}_2\text{O}} = 1.5 \text{ mol}$

反應後達到平衡時，80% 一氧化碳變為二氧化碳，即 $n'_{\text{CO}} = 0.2 \text{ mol}$ ，

$$n'_{\text{H}_2\text{O}} = 1.5 \text{ mol} - 0.8 \text{ mol} = 0.7 \text{ mol}, \quad n'_{\text{CO}_2} = 0.8 \text{ mol} = n'_{\text{H}_2}$$

$$\therefore PV = nRT \quad \therefore V = n \frac{RT}{P} \quad \text{因 } \frac{RT}{P} \text{ 爲常數}$$

$$\frac{V'}{V} = \frac{n'}{n} \quad \text{平衡時氣體總莫耳數 } n = 0.2 + 0.7 + 0.8 + 0.8 = 2.5 \text{ mol}$$

$$\text{一氧化碳的體積百分率} = \frac{V_{\text{CO}}}{V} = \frac{n_{\text{CO}}}{n} = \frac{0.2}{2.5} = 0.08 = 8\%$$

$$\text{水蒸氣的體積百分率} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n} = \frac{0.7}{2.5} = 0.28 = 28\%$$

$$\text{二氧化碳的體積百分率} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n} = \frac{0.8}{2.5} = 0.32 = 32\%$$

$$\text{氫的體積百分率} = \frac{V_{\text{H}_2}}{V} = \frac{n_{\text{H}_2}}{n} = \frac{0.8}{2.5} = 0.32 = 32\%$$

$$\text{平衡時: } m_{\text{CO}} = 0.2 \text{ mol} \times 28 \text{ g/mol} = 5.6 \text{ g}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0.7 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 12.6 \text{ g}$$

$$m_{\text{CO}_2} = 0.8 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 35.2 \text{ g}$$

$$m_{\text{H}_2} = 0.8 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol} = 1.6 \text{ g}$$

$$m = m_{\text{CO}} + m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{CO}_2} + m_{\text{H}_2} = 55.0 \text{ g}$$

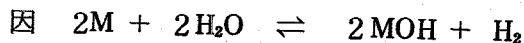
$$\text{一氧化碳的重量百分率} = \frac{m_{\text{CO}}}{m} = \frac{5.6}{55.0} = 0.102 = 10.2\%$$

$$\text{水蒸氣的重量百分率} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m} = \frac{12.6}{55.0} = 0.229 = 22.9\%$$

$$\text{二氧化碳的重量百分率} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{m} = \frac{35.2}{55.0} = 0.640 = 64.2\%$$

$$\text{氫的重量百分率} = \frac{m_{\text{H}_2}}{m} = \frac{1.6}{55.0} = 0.029 = 2.9\%$$

四、1. 設此二鹼金族元素爲M



可知欲生成 1 莫耳氫，需要 2 莫耳M

$$\text{此兩金屬平均莫耳質量} = \frac{m}{n} = \frac{4.6 \text{ g}}{0.2 \text{ mol}} = 23 \text{ g/mol}$$

因銣的莫耳質量爲 85.5 g 之多，而合金之平均莫耳質量只有 23 g/mol，因此另一種鹼金族元素可能是最輕之鋰。

$$\text{2. 合金中 } n_{\text{Rb}} + n_{\text{Li}} = 0.2 \text{ mol}$$

$$m_{\text{Rb}} + m_{\text{Li}} = 4.6 \text{ g}$$

$$n_{\text{Rb}} \times 85.5 + n_{\text{Li}} \times 7 = 4.6 \text{ g}$$

$$n_{\text{Rb}} \times 85.5 + (0.2 - n_{\text{Rb}}) \times 7 = 4.6 \text{ g}$$

$$\text{求得 } n_{\text{Rb}} = 0.0408 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Li}} = 0.2 - 0.0404 = 0.1592 \text{ mol}$$

$$\text{鉀的重量百分率} = \frac{0.0408 \times 85.5}{4.6} = 0.76 = 76\%$$

$$\text{鋰的重量百分率} = \frac{0.1592 \times 7}{4.6} = 0.24 = 24\%$$

五、反應式： $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

$$n_{\text{CuO}} = \frac{m_{\text{CuO}}}{M_{\text{CuO}}} = \frac{20 \text{ g}}{79.5 \text{ g/mol}} = 0.2516 \text{ mol} = n_{\text{CuSO}_4}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{CuO}} = n_{\text{CuSO}_4} = 0.2516 \text{ mol}$$

反應所得到硫酸銅溶液質量 = m_{CuO} + 硫酸溶液的質量

$$\begin{aligned} &= m_{\text{CuO}} + \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \\ &= 20 \text{ g} + \frac{0.2516 \text{ mol} \times 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.2} = 20 \text{ g} + 123.28 \text{ g} \\ &= 143.28 \text{ g} \end{aligned}$$

在硫酸銅溶液中所含硫酸銅的分率為

$$\frac{n_{\text{CuSO}_4} \times M_{\text{CuSO}_4}}{143.28} = \frac{0.2516 \times 159.5}{143.28} = 0.28$$

在 20°C 時硫酸銅飽和溶液中硫酸銅的分率為： $\frac{20.9}{100 + 20.9} = 0.173$

在硫酸銅晶體 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 中硫酸銅的分率為：

$$\frac{M_{\text{CuSO}_4}}{M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}} = \frac{159.5}{159.5 + 90} = \frac{159.5}{249.5} = 0.639$$

設 m_1 為硫酸銅晶體的質量，

m_2 為 20°C 時硫酸銅飽和溶液的質量，

m 為反應時的硫酸銅溶液質量，

$$\text{即 } 0.639 m_1 + 0.173 m_2 = 0.28 m$$

$$0.639 m_1 + 0.173 (143.28 - m_1) = 0.28 \times 143.28$$

$$\text{求得 } m_1 = 32.9 \text{ g} \quad \therefore \text{硫酸銅晶體析出 } 32.9 \text{ 克}$$

六、設該金屬第一種氧化物為 M_2O_x

$$\text{即 } 2 : X = \frac{m_M}{M_M} : \frac{m_O}{M_O} = \frac{0.7745}{M_M} : \frac{0.2255}{16} = \frac{54.95}{M_M} \dots\dots (1)$$

設同金屬第二種氧化物為 M_2O_Y

$$2 : Y = \frac{m_M}{M_M} : \frac{m_O}{M_O} = \frac{0.4952}{M_M} : \frac{0.5048}{16} = \frac{15.695}{M_M} \dots\dots (2)$$

$$\text{用(2)式除(1)} \quad \frac{Y}{X} = \frac{54.95}{15.695} = 3.5 = \frac{7}{2}$$

$X = 2$ 代入(1) 得 $M_M = 54.95 \text{ g/mol}$ 即錳 (M_M)

第一種氧化物為 Mn_2O_2 即 MnO

第二種氧化物為 Mn_2O_7

第四屆國際化學奧林匹亞試題解答

一、在第一實驗與鹽酸反應的固體元素混合物之質量為：

$$1.52 - 0.56 = 0.96 \text{ 克 而產生 } 0.896 \text{ L 氫,}$$

$$0.96 : \frac{0.896}{22.4} \times 2 = X : 1 \text{ 求得金屬對氫的化合量為 } 12, \text{ Mg, Al, Ca, 等}$$

中以原子價2，原子量24的 Mg 為最可能與鹽酸反應生成氫



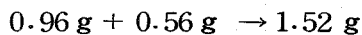
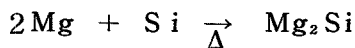
在第二實驗裡 $1.52 - 0.96 = 0.56$ 克固體元素與氫氧化鈉溶液反應，放出 0.896 L 氫氣。

$$\text{其化合量為 } 0.56 : \frac{0.896}{22.4} \times 2 = Y : 1 \quad Y = 7$$

在 Na, Mg, Al, Si 中原子價4價而原子量28的矽最可能與氫氧化鈉反應生成氫。



在第三實驗，加熱鎂與矽，生成矽化鎂

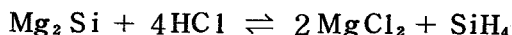


$$\text{鎂的質量分率} = \frac{0.96}{1.52} = 0.63 \quad \text{矽的質量分率} = \frac{0.56}{1.52} = 0.37$$

$$\text{設化學式為 } \text{Mg}_x\text{Si}_y, \quad X : Y = \frac{0.63}{24} : \frac{0.37}{28} = 2 : 1$$

故其化學式為 Mg_2Si

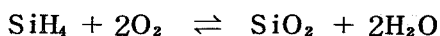
矽化鎂與鹽酸的反應：



$$n_{\text{Mg}_2\text{Si}} = \frac{1.52 \text{ g}}{76 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$$

$$n_{\text{SiH}_4} = \frac{0.448 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$$

生成的矽烷與氧的反應：



$$0.448 \text{ L} \quad 0.896$$

體積 $V = 1 \text{ L}$ 並設溫度一定不變時

$$P' = \frac{n'}{n} P$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{1 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.0446 \text{ mol}$$

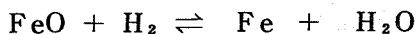
$$\text{在反應中消耗的氧之莫耳數為 } \frac{0.896}{22.4} = 0.04 \text{ mol}$$

∴ 在密閉容器中所剩的氧之莫耳數為

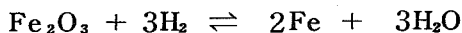
$$n' = 0.0446 \text{ mol} - 0.04 \text{ mol} = 0.0046 \text{ mol}$$

$$p' = \frac{0.0046}{0.04} p \doteq 0.1 p \text{ 即壓力減少到十分之一。}$$

二、混合物被氫還原的反應為：



在此反應中 $n_{\text{Fe}} = n_{\text{FeO}}, n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{FeO}}$

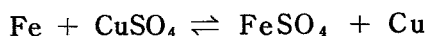


在此反應中 $n_{\text{Fe}} = 2n_{\text{Fe}_2\text{O}_3}, n_{\text{H}_2\text{O}} = 3n_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$

混合物 4.72 g 經氫還原後，得鐵 3.92 g

$$\text{其總莫耳數爲 } \frac{3.92 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.07 \text{ mol} = n_{\text{Fe}} + n_{\text{FeO}} + 2n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \cdots \cdots (1)$$

混合物與硫酸銅的反應爲鐵取代硫酸銅之銅的反應



在此反應增加的質量爲 $4.96 - 4.72 = 0.24 \text{ g}$

一莫耳鐵在取代反應後增加之質量爲

$$64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} - 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

由增加質量 0.24 g 可求混合物中鐵的莫耳數

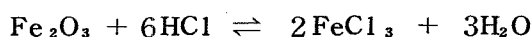
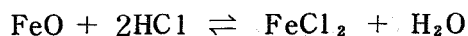
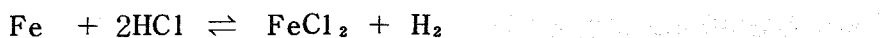
$$n_{\text{Fe}} = \frac{0.24 \text{ g}}{8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.03 \text{ mol} \cdots \cdots (2)$$

$$\text{與氫反應後生成 } 0.90 \text{ g 水, } n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0.90 \text{ g}}{18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05 \text{ mol}$$

$$\text{而 } n_{\text{H}_2\text{O}} = 0.05 \text{ mol} = n_{\text{FeO}} + n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \cdots \cdots (3)$$

由(1)、(2)、(3)式可求得 $n_{\text{FeO}} = 0.02 \text{ mol}$, $n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0.01 \text{ mol}$

1.求鹽酸 (7.3 %) 的需要量



$$\begin{aligned} \therefore n_{\text{HCl}} &= 2n_{\text{Fe}} + 2n_{\text{FeO}} + 6n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \\ &= 2 \times 0.03 \text{ mol} + 2 \times 0.02 \text{ mol} + 6 \times 0.01 \text{ mol} \\ &= 0.06 \text{ mol} + 0.04 \text{ mol} + 0.06 \text{ mol} = 0.16 \text{ mol} \end{aligned}$$

另一面，生成的氯化鐵 (FeCl_3) 被 Fe 所還原爲氯化亞鐵 (FeCl_2)

而消耗鐵： $\text{Fe} + 2\text{FeCl}_3 \rightarrow 3\text{FeCl}_2$

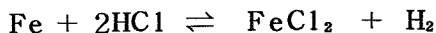
$$n_{\text{Fe}} = \frac{1}{2} n_{\text{FeCl}_3} = n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0.01 \text{ mol}$$

因 $n_{\text{HCl}} = 2n_{\text{Fe}}$ ，酸的消耗量將減少 0.02 mol

故鹽酸的需要量 $n_{\text{HCl}} = 0.16 \text{ mol} - 0.02 \text{ mol} = 0.14 \text{ mol}$

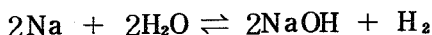
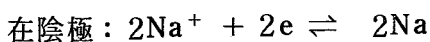
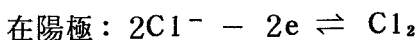
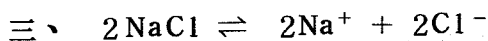
$$\begin{aligned}\text{此塩酸爲 } 7.3\% \text{ 濃度, } \therefore \text{其體積 } V &= \frac{0.14 \text{ mol} \times 36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.073 \times 1.03 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} \\ &= 68 \text{ mL}\end{aligned}$$

2. 求 STP 時放出氫氣體積

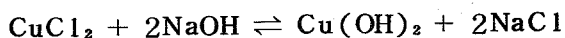


混合物中的鐵爲 0.03 mol，其中 0.01 mol 還原 FeCl_3 ，故與酸反應的 Fe 爲 0.02 mol，可生成氫 0.02 mol

$$\text{在 STP 時體積爲 } 0.02 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 0.448 \text{ L}$$



電解過程中不斷地攪拌，尚有下列反應進行



假設所有的氯與銅反應，電解過程中電解液中的氯化鈉的量保持不變

$$m_{\text{NaCl}} = 2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 0.2 \text{ dm}^3 \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 23.4 \text{ g}$$

在陰極所收集氫氣爲 22.4 dm^3 $\therefore n_{\text{H}_2} = 1 \text{ mol}$

生成一莫耳 H_2 ，需消耗 2 莫耳水， $\therefore m_{\text{H}_2\text{O}} = 36 \text{ g}$

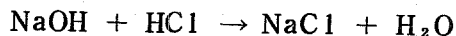
電解前氯化鈉溶液質量 = $200 \text{ cm}^3 \times 1.10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 220 \text{ g}$

$$\therefore \% \text{ NaCl} = \frac{23.4 \text{ g}}{220 \text{ g}} = 0.1064 = 10.64 \%$$

電解後氯化鈉溶液質量 = $220 \text{ g} - 36 \text{ g} = 184 \text{ g}$

$$\% \text{ NaCl} = \frac{23.4 \text{ g}}{184 \text{ g}} = 0.1272 = 12.72 \%$$

四、鹽酸與氫氧化鈉的反應為：



50g 4%濃度氫氧化鈉溶液中氫氧化鈉為 $50\text{g} \times 0.04 = 2\text{g}$

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{2\text{g}}{40\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05\text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = \frac{50\text{g} \times 0.01825}{36.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.025\text{ mol}$$

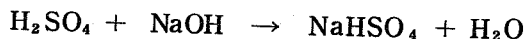
$$\begin{aligned} \text{因此未反應氫氧化鈉的莫耳數 } n_{\text{NaOH}} &= 0.05 - 0.025 \\ &= 0.025\text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{生成一莫耳水時的中和熱 } \Delta H = - \frac{m \times c \times \Delta t}{n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$= - \frac{100\text{g} \times 4.19\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (23.4 - 20)}{0.025\text{ mol}}$$

$$= - 57000\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

加硫酸溶液時所起的反應為：



$$m_1 \times c_1 \times t_1 + m_2 \times c_2 \times t_2 = m \times c \times t$$

此地的 $c_1 = c_2 = c$

$$\therefore m_1 t_1 + m_2 t_2 = m t$$

$$t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m} = \frac{100 \times 23.4 + 70 \times 20}{170}$$

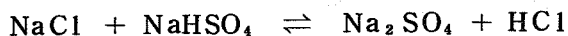
$$= 22^\circ\text{C}$$

1. 求溶液的最後溫度必須加氫氧化鈉和硫酸反應所升高的溫度

$$t = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}} \times \Delta H}{m \times c} = \frac{0.025\text{ mol} \times 57000\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}}{170\text{g} \times 4.19\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} = 2\text{K} = 2^\circ\text{C}$$

$$\therefore \text{溶液的最後溫度} = 22^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C} = 24^{\circ}\text{C}$$

2. 蒸發溶液時發生下列反應



蒸發後最後殘留的固體物質為 Na_2SO_4

$$\begin{aligned} m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} &= n \times M = 0.025 \text{ mol} \times 142 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 3.55 \text{ g} \end{aligned}$$

五、空氣的密度在 S.T.P. 時為 1.293 克/升，故生成的溴碳氫化合物的密度為

$$1.293 \times 5.207 = 6.732 \text{ g/L}$$

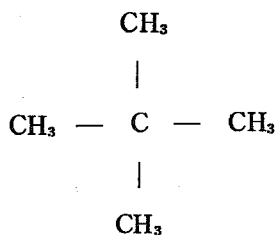
$$\text{其分子量} = 6.732 \text{ g/L} \times 22.4 \text{ L/mol} = 151 \text{ g/mol}$$

因溴的原子量 = 80，分子量 151 的溴碳氫化合物，很顯然為一溴化合物，如果是二溴化合物時分子量超過 160 不合題意。碳氫化合物的氫被溴取代，

$$\text{碳氫化合物的分子量} = 151 - 80 + 1 = 72$$

$\therefore$ 相應碳氫化合物的化學式為 C_5H_{12}

即 2, 2-二甲基丙烷，其結構式為



六、化合物 A 含氧 = $100 - 41.38 - 3.45 = 55.17\%$

$$\text{其化學式中 } \text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{41.38}{12} : \frac{3.45}{1} : \frac{55.17}{16} = 1 : 1 : 1$$

實驗式為 CHO

化合物 B 含氧 = $100 - 55.81 - 6.97 = 37.22$

$$\text{其化學式中 } \text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{55.81}{12} : \frac{6.97}{1} : \frac{37.22}{16} = 2 : 3 : 1$$

實驗式爲 C_2H_3O

化合物D含氧 = $100 - 35.82 - 4.48 = 59.70$

其化學式中 $C : H : O = \frac{35.82}{12} : \frac{4.48}{1} : \frac{59.70}{16} = 4 : 6 : 5$

實驗式爲 $C_4H_6O_5$ ，式量 = 134

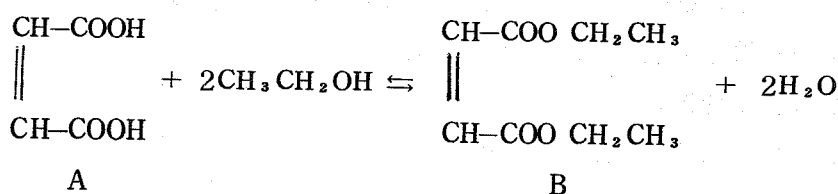
2 N 氫氧化鉀溶液 20 cm^3 等於 $2 \text{ mol} / 1000 \text{ cm}^3 \times 20 \text{ cm}^3 = 0.04 \text{ mol}$

= $0.04 \text{ mol} / V$ D 物質 $V = 1$ 或 2 或 3 ， $V = 1$ 時

化合物D $2.68 \text{ g} \div 0.04 \text{ mol} = 67 \text{ g/mol}$

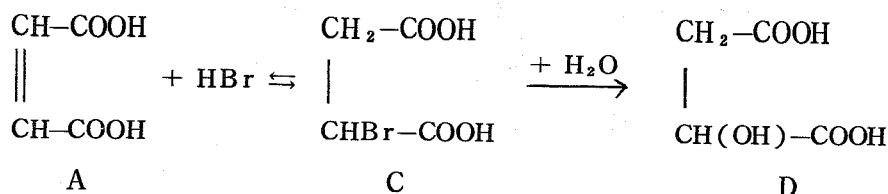
$V = 2$ 時 其分子量 = 134 g/mol ，符合於化合物D的式量故化合物D爲 $C_4H_6O_5$

反應方程式：



順丁烯二酸

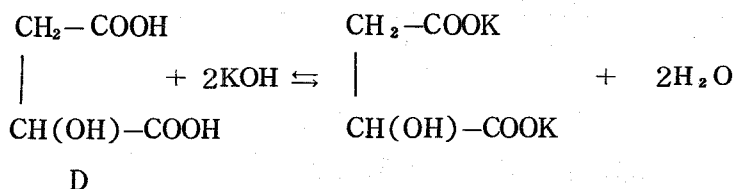
順丁烯二酸乙酯



順丁烯二酸

2-溴-1,4-丁二酸

2-羥基-1,4-丁二酸



第五屆國際化學奧林匹亞試題解答

一、設經硝化反應後生成的化合物的化學式為 $C_6H_xO_yN_z$

此化合物為苯的羥基硝基衍生物，即 $C_6H_{6-(Y-2Z)-Z}(OH)_{Y-2Z}(NO_2)_Z$

還原反應為： $R-NO_2 + 6H \rightleftharpoons R-NH_2 + 2H_2O$

$$\therefore \text{此化合物的化合量} : E = \frac{M}{6Z} \dots\dots(1), M \text{ 為化合物之分子量}$$

用於還原的電量： $Q = 4350 \text{ coulomb} \times 0.8 = 3480 \text{ coulomb}$

$$\text{求得化合量 } E = \frac{\frac{m}{F}}{\frac{3480}{F}} = 0.458 \times \frac{96500}{3480} = 12.7$$

代入上式得

$$M = 12.7 \times 6Z = 76.2Z \dots\dots(2)$$

$$\text{化合物含氧百分率} = \frac{Y \times 16}{M} \times 100 = 49\%$$

$$M = 32.7Y \dots\dots(3)$$

$$M = 6 \times 12 + 1 \times X + 16 \times Y + 14Z = 72 + X + 16Y + 14Z$$

苯的羥基衍生物通式中氫原子數 X

$$X = 6 - (Y - 2Z) - Z + Y - 2Z$$

$$\therefore X = 6 - Z \dots\dots(4) \text{ 代入 } M$$

$$M = 72 + 6 - Z + 16Y + 14Z$$

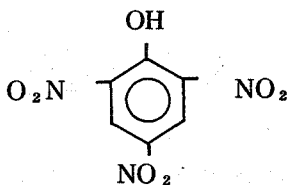
$$M = 78 + 16Y + 13Z \dots\dots(5)$$

由(2), (3), (4), (5) 可得 $M = 229 \text{ g/mol}$

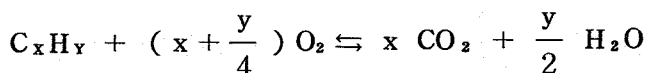
$$X = 3, \quad Y = 7, \quad Z = 3$$

分子式為 $C_6H_3O_7N_3$ ，即 $C_6H_2(OH)(NO_2)_3$ ，

2, 4, 6-三硝基酚



二、設此烴的分子式爲 C_xH_y ，與氧的反應爲：



$$n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} = \frac{0.162 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.009 \text{ mol}$$

$$n_{C_xH_y} = \frac{0.009 \text{ mol}}{\frac{y}{2}} = \frac{0.018}{y} \text{ mol} \quad \dots\dots (1)$$

$$n_{O_2} = \left(x + \frac{y}{4}\right) \times \frac{0.009 \text{ mol}}{\frac{y}{2}} = \frac{x + \frac{y}{4}}{y} \times 0.018 \text{ mol} \quad \dots\dots (2)$$

$$n_{CO_2} = x \times \frac{0.009 \text{ mol}}{\frac{y}{2}} = \frac{x}{y} \times 0.018 \text{ mol} \quad \dots\dots (3)$$

反應前混合氣體的總莫耳數 n 爲

$$n = \frac{P V}{R T} = \frac{101.325 \text{ KPa} \times 1 \text{ dm}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 406.5 \text{ K}} = 0.03 \text{ mol}$$

$$\text{即 } n_{C_xH_y} + 2n_{O_2} = 0.03 \text{ mol} \quad \dots\dots (4)$$

反應後的壓力 $P = 101.325 \text{ kPa} \times 1.05 = 106.4 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned} \text{混合物的總莫耳數 } n &= \frac{PV}{RT} \\ &= \frac{106.4 \text{ kPa} \times 1 \text{ dm}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 406.5 \text{ K}} = 0.0315 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$n_{\text{CO}_2} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}} = 0.0315 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2} + n_{\text{O}_2} = 0.0225 \text{ mol} \quad \dots\dots (5)$$

解(1), (2), (3), (4)及(5) 得 $x = 3$, $y = 6$

混合物中的烴分子式為 C_3H_6 , 即丙烯。

三、1. 設 CH_3COOH 的游離常數為 K_1 , 混合後的游離度為 α_1 , 其濃度為

$$C_1 = 1 \times 10^{-3} \text{ M} = C$$

設 HClO 的游離常數為 K_2 , 混合後的游離度為 α_2 , 其濃度為

$$C_2 = 1 \times 10^{-3} \text{ M} = C$$

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)C \times \alpha_1 C}{(1 - \alpha_1)C} = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)\alpha_1 C}{1 - \alpha_1} \quad \dots\dots (1)$$

同樣

$$K_2 = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)C \times \alpha_2 C}{(1 - \alpha_2)C} = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)\alpha_2 C}{1 - \alpha_2} \quad \dots\dots (2)$$

$$\because K_1 \gg K_2, \quad \alpha_1 \gg \alpha_2 \quad \therefore \alpha_1 + \alpha_2 \div \alpha_1$$

$$(1)\text{式可改爲 } k_1 = \frac{\alpha_1^2 C}{1 - \alpha_1}$$

$$\text{即 } K_1 (1 - \alpha_1) = \alpha_1^2 C \quad \text{或} \quad C \alpha_1^2 + K_1 \alpha_1 - K_1 = 0$$

$$\text{將已知數值代入 } 10^{-3} \alpha^2 + 1.8 \times 10^{-5} \alpha_1 - 1.8 \times 10^{-5} = 0$$

$$\text{求得 } \alpha_1 = 0.125 = 12.5\%$$

$$(2)/(1) \quad \text{得} \quad \frac{K_2}{K_1} = \frac{(1-\alpha_1)\alpha_2}{(1-\alpha_2)\alpha_1} \quad \text{把 } \alpha_1 = 0.125 \text{ 代入式中}$$

$$\text{求得 } \alpha_2 = 2.94 \times 10^{-4} = 2.94 \times 10^{-2}\%$$

$$2. \quad K_2 = \frac{[H^+][ClO^-]}{[HClO]} = \frac{\alpha_2 C \times \alpha_2 C}{(1-\alpha_2)C} = \frac{\alpha_2^2 C}{1-\alpha_2}$$

$$\because \alpha_2 \ll 1, \quad 1-\alpha_2 \doteq 1 \quad \therefore K_2 = \alpha_2^2 C$$

$$3.7 \times 10^{-8} = \alpha_2^2 \times 0.01$$

$$\alpha = 6.08 \times 10^{-3} = 0.608\%$$

$$\begin{aligned} 3. \quad [H_3O^+] &= \alpha_1 C + \alpha_2 C = (\alpha_1 + \alpha_2) C \\ &= (0.125 + 2.94 \times 10^{-4}) \times 10^{-3} \\ &= 1.25 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \end{aligned}$$

$$\text{pH} = 3.9$$

四、加熱乾燥殘渣 2.0 g，得到水蒸氣 0.9g 及氣體氧化物。因此

$$n_{H_2O} = \frac{0.9 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05 \text{ mol}$$

$$\text{而氣體氧化物爲 } 2.0 \text{ g} - 0.9 \text{ g} = 1.1 \text{ g}$$

$$\text{混合氣體莫耳數} = \frac{1.68 \text{ dm}^3}{22.4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.075 \text{ mol}$$

設該氣體氧化物爲 A_xO_y

$$n_{A_xO_y} = 0.075 \text{ mol} - 0.05 \text{ mol} = 0.025 \text{ mol}$$

$$M_{A_xO_y} = \frac{m_{A_xO_y}}{n_{A_xO_y}} = \frac{1.1 \text{ g}}{0.025 \text{ mol}} = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$= X M_A + Y M_O = X M_A + 16 Y$$

設 $y = 1$ 時

$$44 = X M_A + 16$$

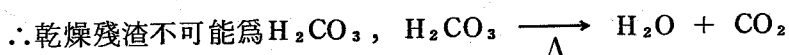
$$X M_A = 28, \text{ 有可能是 } X = 2$$

$$\text{即 } 2 \times 14 = 28, \text{ 原子量 } 14 \text{ 爲 } N, \text{ 即 } N_2O$$

$$\text{設 } y = 2 \text{ 時, } 44 = X M_A + 16 \times 2$$

$$X M_A = 12 \text{ 可能 } X = 1 \text{ 即 } CO_2$$

$$\text{因爲 } n_{A_xO_y} : n_{H_2O} = 0.025 : 0.05 = 1 : 2$$



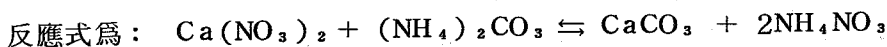
$$M_{MB} = \frac{m}{n} = \frac{1.25 \text{ g}}{0.0125 \text{ mol}} = 100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_{MO} = \frac{m}{n} = \frac{0.7 \text{ g}}{0.0125 \text{ mol}} = 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

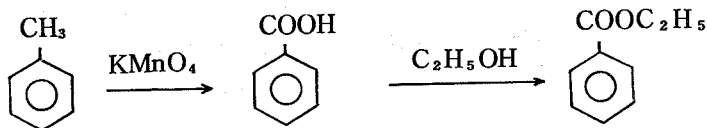
$$M_M = M_{MO} - M_O = 56 - 16 = 40 \quad \therefore M = Ca, MO = CaO$$

因在 $1100^\circ C$ 分解而沈澱的莫耳質量爲 $100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

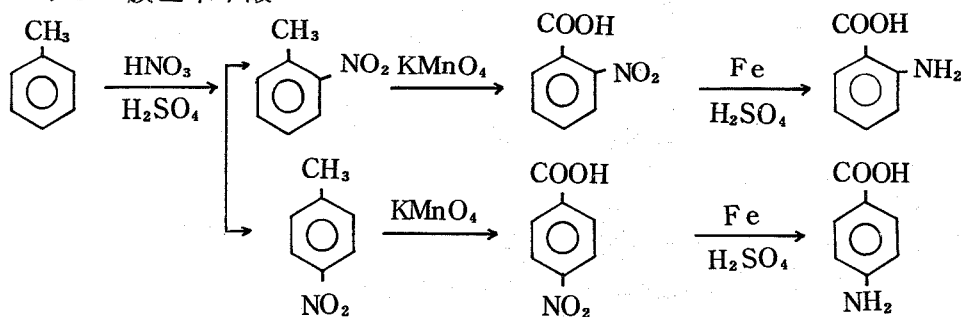
$\therefore$ 沈澱爲 $CaCO_3$ 即碳酸鈣。



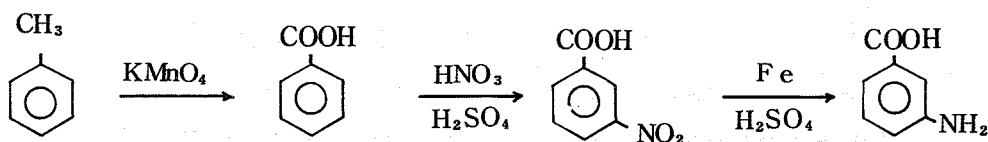
五、1. 製備苯甲酸乙酯 (科教月刊123期第7頁7行, 漏列乙酯兩字而刊登爲苯甲酸, 請修正。)



2. 製備 O-, P- 胺基苯甲酸:



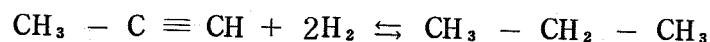
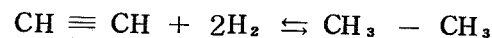
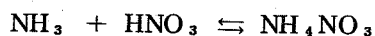
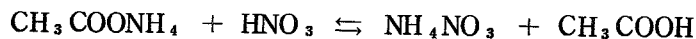
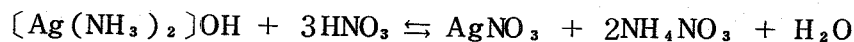
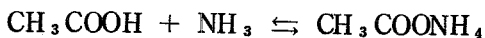
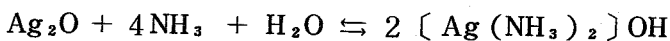
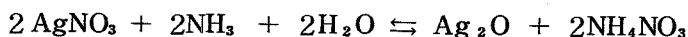
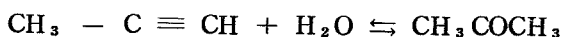
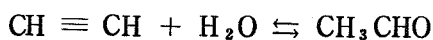
製備 m- 胺基苯甲酸:



六、1. 混合烴的分子量 = $2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 14.4 = 28.8 \text{ g} \cdot \text{mol}$

由其分子量，能夠與水反應及其溶液的反應性質，可推知只有乙炔 C₂H₂ (分子量 26) 及丙炔 C₃H₄ (分子量 40) 之混合物合於題意。

2. 各反應方程式



3. 乙炔、丙炔在未氫化前混合氣體的莫耳數在 S T P 時為

$$V = \frac{11.2 \text{ dm}^3}{2} = 5.6 \text{ dm}^3 \quad \therefore n = \frac{5.6 \text{ dm}^3}{22.4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.25 \text{ mol}$$

$$M_{\text{C}_2\text{H}_2} = 26, \quad M_{\text{C}_3\text{H}_4} = 40, \quad M_{\text{混合氣體}} = 28.8$$

$$26X + 40(0.25 - X) = 28.8 \times 0.25$$

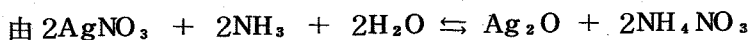
$$X = 0.2$$

$$\therefore n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 0.2 \text{ mol}, \quad n_{\text{C}_3\text{H}_4} = 0.05 \text{ mol}$$

水合反應前

$$n_{\text{混合氣體}} = \frac{16.8 \text{ dm}^3}{22.4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.75 \text{ mol}$$

$$n_{\text{AgNO}_3} = C \times V = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 0.07 \text{ dm}^3 = 0.07 \text{ mol}$$



$$\text{可知 } n_{\text{Ag}_2\text{O}} = \frac{1}{2} 0.07 \text{ mol} = 0.035 \text{ mol}$$

$$\text{而 } n_{\text{AgBr}} = \frac{m}{M} = \frac{9.4 \text{ g}}{188 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05 \text{ mol}$$

由 2 所列的反應式：

$$\text{可得未反應的氧化銀莫耳數為 } n_{\text{Ag}_2\text{O}} = 0.025 \text{ mol}$$

$$\text{因此反應的氧化銀為 } n_{\text{Ag}_2\text{O}} = 0.035 \text{ mol} - 0.025 \text{ mol} = 0.01 \text{ mol}$$

由於稀釋，反應的物質莫耳數為：

$$n_{\text{CH}_3\text{CHO}} = n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 0.35 \text{ mol}$$

	水的反應	氯化反應	總莫耳數
C_2H_2	0.35 mol	0.20 mol	0.55 mol
C_3H_4	0.15 mol	0.05 mol	0.20 mol
			0.75 mol

$$C_2H_2 \text{ 體積百分率} = \frac{0.55}{0.75} \times 100 = 73.33 \%$$

$$C_3H_4 \text{ 體積百分率} = \frac{0.20}{0.75} \times 100 = 26.67 \%$$

4. 水合反應的煙之百分率

$$C_2H_2 = \frac{0.35}{0.55} \times 100 = 63.64 \%$$

$$C_3H_4 = \frac{0.15}{0.20} \times 100 = 75.00 \%$$

後話：第三屆至第五屆國際化學奧林匹亞試題於123期的科學教育月刊介紹，在一個月期間不知道有多少學生能夠解答？請與本期的參考答案對對看。毫無疑問的，國際化學奧林匹亞的試題內容，遠超過我國高級中學化學課程標準很多，學生不但要很熟悉於化學的基本概念，而且要有理解、分析、綜合及邏輯推理的能力才能在有限的時間內做正確的解題工作。我國已在多所高級中學設置數理科資優班，從事科學資優教育。相信本國際化學奧林匹亞的試題及其解答，可供師生們最好的挑戰性教材。