

國際化學奧林匹亞試題 及其解答彙編(四)

魏明通

國立臺灣師範大學科學教育中心

第九屆國際化學奧林匹亞試題

西曆1977年於捷克 布拉迪斯拉發舉行

試題

一、比較以化學式為 $M_2S_2O_x$ 所代表的三種鹽， x 代表不同的整數， M 為鹼金族元素。

這三種鹽各自適合於下面所敘的某些特性。

- a. 陰離子以 $O-O$ 鍵為特徵。
- b. 陰離子以 $S-S$ 鍵為特徵。
- c. 陰離子以 $S-O-S$ 鍵為特徵。
- d. 它是由硫酸氫鹽的熱分解而生成的。
- e. 它是由硫酸氫鹽的陽極氧化而生成的。
- f. 它是由亞硫酸鹽的水溶液與硫的反應所生成的。
- g. 它的水溶液可使溴化銀溶解。
- h. 它的水溶液能夠與氫氧化物(MOH)起中和反應而產生硫酸鹽(M_2SO_4)。
- i. 在水溶液中，它能使 $Mn(II)$ 鹽氧化成過錳酸鹽。

問題：

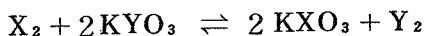
- 1. 把正確的 x 值填入於表中的各分子式內，並把符合於上述特徵的字母填入相應的方格中。

M_2S_2O					
M_2S_2O					
M_2S_2O					

- 寫出上述三種鹽陰離子的結構式，並指出其中的 σ 鍵和 π 鍵。
- 寫出上述 d, e, f, g, h, i 等各化學過程的反應方程式。

二、a. 注意：在桌上有編號 1~5 的信封，隨着問題只能打開唯一你認為正確的信封。打開的信封是不正確時要扣分。把沒有打開的信封和你的答案一起繳回。

鹵素 X 與另一鹵素化合物 KYO_3 的水溶液以下列方程式進行反應：



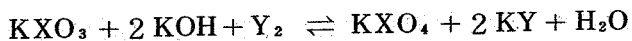
- 鹵素 X 的原子序比鹵素 Y 高。(如果你覺得這回答正確時，打開信封 1)。
- 鹵素 X 的原子序比鹵素 Y 低。(如果你覺得這回答正確時，打開信封 2)。

選擇正確的回答 1 或 2，並打開信封，依照信封內的指示繼續解答。

[信封 1]

你的回答是正確的，繼續做下去。

化合物 KXO_3 在鹼性溶液中被鹵素 Y 氧化，生成 X(VII) 的化合物 KXO_4 ，同時鹵素 Y 被還原為鹵化物的 KY。



鹵化鉀 KY 的水溶液與硝酸銀溶液反應，產生 AgY 白色沈澱。此沈澱不溶於水，但易溶於氨水。

- 鹵素 Y 是氟，(信封 3)。
- 鹵素 Y 是氯，(信封 4)。
- 鹵素 Y 是溴，(信封 5)。

選擇正確的答案 3, 4 或 5 而打開相應號碼的信封。依照信封內的指示，繼續解題。

[信封 2]

你的回答是不正確的。打開信封 1，繼續解題。

[信封 3]

你的回答是不正確的。選擇打開信封 4 或 5。

〔信封4〕

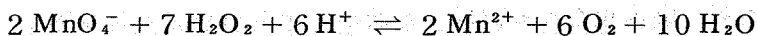
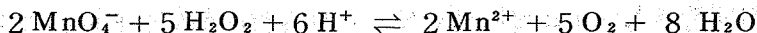
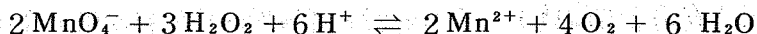
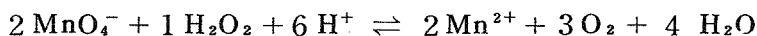
你的回答是正確的。選擇最後的正確答案是6或7。



〔信封5〕

你的回答是不正確的。選擇打開信封3或4。

b. 過錳酸根離子與過氧化氫在酸性溶液中反應，得到 $\text{Mn}(\text{II})$ 鹽，同時放出氧氣。



問題：

1. 上列化學方程式中係數正確的有：

(1) 所有的方程式 ☐

(2) 有幾個方程式 ☐

(3) 只有一個方程式 ☐

(4) 沒有 ☐

在方格中用「+」填入你認為正確的，並解釋你的決定。

2. 那一反應物是氧化劑，那一是還原劑？

3. 在標準狀態時，在酸性溶液中使用過量的過氧化氫與過錳酸鉀反應而放出氧氣 112 cm^3 ，需要多少的過錳酸鉀？

三、環丁烷二羧酸的同分異構物A、B、C、D和E，其中一種是外消旋性。它們各表現下列特性：

a. 只有化合物C容易形成環狀酸酐。

b. 化合物B在高溫時，產生環狀酸酐。

c. 只有化合物A在加熱時，放出二氧化碳。

d. 在高溫時D與E均不變化。

e. 丙二酸二乙酯二莫耳與乙醇鈉 (EtONa) 反應時，生成鈉鹽。此鈉鹽與二碘甲烷 (CH_2I_2) 反應生成一種四酯 ($\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}_8$)。此新的酯與二莫耳乙醇鈉和一

莫耳二碘甲烷反應生成一莫耳四酯($C_{16}H_{24}O_8$)。此四酯($C_{16}H_{24}O_8$)經鹼水解後，酸化生成四羧酸。加熱此四羧酸，產生B和E的混合物。

問題：

1. 寫出A、B、C、D和E相應的化學式。使用 $\blacktriangle$ 標出在環平面上方的官能基團，使用 |||| 標示在環平面下方的官能基團。例如：



2. 使用化學方程式表示 a.、b.、c. 的過程。

四、a.

化合物A和化合物B有相同的通式 $C_7H_{14}O_6$ ，但是物理性質（例如：熔點、旋光率）不同，惟均屬於含有六員雜環的糖類。在沸騰情況下，把1%硫酸溶液分別加入於化合物A和化合物B時，得到含有40.0% C和6.71% H的同樣的化合物C。還原化合物C（例如催化劑存在時加氫，或用氫化物 $Na(BH_4)$ 還原），析出晶體狀的產物D，它不能還原斐林試劑並且沒有旋光性。化合物C被溫和的氧化劑氧化（例如，冷的次溴酸鈉溶液）生成一種D-型的多羟基單羧酸鹽。

問題：

1. 設定化合物A、B、C和D的結構。
2. 如果你發現本題是含糊的，解釋其理由。

b.

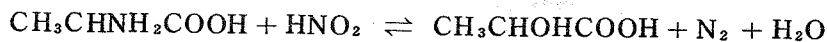
一種通式為 $C_6H_{12}O_2$ 具有旋光性的酯11.6克與過量的氫氧化鈉溶液一起加熱水解。水解完成後生成的鹼性混合物用乙醚萃取數次，剩下的水溶液沒有旋光性。乙醚萃取物全部用無水硫酸鎂乾燥。過濾乙醚溶液，從溶液中蒸出乙醚並重蒸剩餘物而得到沸點 $100^\circ C$ 的液體7.4克（收率100%）。

問題：

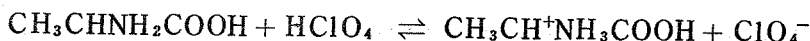
1. 寫出該酯的結構式。
2. 如果在上述方法中，鹼性水解後得到的水溶液具有旋光性時，具有相同通式 $C_6H_{12}O_2$ 的酯可能是什麼結構？
3. 寫出這兩種酯，用氫氧化鈉鹼性溶液水解的化學方程式。

五、兩種有機酸HA和HB的銅(I)鹽，微溶於水，在已知pH的緩衝溶液中配成飽和溶液。設兩種鹽的溶度積是 $K_{sp}(\text{CuA})$ 和 $K_{sp}(\text{CuB})$ ，酸的游離常數為 $K_a(\text{HA})$ 和 $K_a(\text{HB})$ ，試問溶液中陽離子 Cu^+ 的濃度為多少？

六、胺基酸可由測量其與亞硝酸反應所放出的氮氣體積來定量(Van Slyke法)，例如：



另一種定量方法是胺基酸與過氯酸標準溶液的滴定，例如：



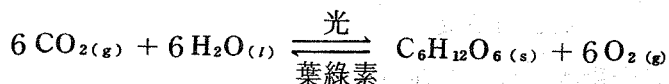
然後用醋酸鈉標準溶液逆滴定過量的過氯酸(在非水溶液中完成)。

把0.1當量濃度的過氯酸溶液 50.0 cm^3 加入於胺基乙酸試樣的冰醋酸溶液中，發生反應後，使用0.150N醋酸鈉標準溶液滴定過量的過氯酸，結果消耗了醋酸鈉標準溶液 16.0 cm^3 。

問題：

假定使用Van Slyke法分析同量的試樣，試問在壓力102658 Pa和 20°C 時，放出多少體積的氮氣？

七、下列方程式可概括表示光合作用：



此反應在 25°C 時的 ΔH 及 ΔS 為：

$$\Delta H = 2.816 \times 10^6 \text{ J}, \Delta S = -182 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

如果對於1莫耳反應變化的 ΔH ， ΔS 則：

$$\Delta H = 2.816 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}, \Delta S = -182 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

假使把光合作用的逆過程設計成一個原電池，在一個電極上把氧氣還原成水，而在另一個電極上把葡萄糖氧化成二氧化碳。

問題：

1. 如此借助光合作用的反應，使光能轉變成電能的電池的電動勢為多少？

註：在此一信封中，你可以找到此反應的電動勢和自由焓變化間的關係。(注意！如果你打開信封會被扣分。)

2. 假如我們想要給光合作用方程式中的“光”定量，請計算有多少莫耳波長為 500 nm 的光子參加上述反應。
3. 設有一個邊長為 10 m 的方形游泳池，其中有能進行光合作用的綠色海藻。如果在平均照度下，預計從 1 cm^2 面積上能產生 1 mA 電流，則該游泳池產生的電力有多少？

八、a.

19 世紀中期，有一位化學家要測定一新元素 X 的莫耳質量。因無其他方法，選擇下面途徑。

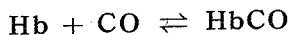
他成功地製備了含有元素 X 的四種化合物 A、B、C 和 D。並且測定了在每一種化合物中 X 的含量（即質量百分比）。在 250°C 時，四種化合物都是氣態存在，將這些氣態化合物分別導入於預先抽成真空的四個燒瓶中，直到每一個燒瓶內的壓力達到 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，然後稱燒瓶的質量。減去空燒瓶的質量而得到燒瓶內氣體的質量。使用氮氣重覆這一個過程得到如表所示數據：

氣 體	氣體的總質量 (克)	氣體中元素 X 的含量 (質量%)
N_2	0.652	—
A	0.849	97.3
B	2.398	68.9
C	4.851	85.1
D	3.583	92.2

問題：確定元素 X 可能的莫耳質量。

b.

環境破壞的許多因素中，空氣被一氧化碳汙染為其中之一。它的最主要來源是燃燒式發動機。一氧化碳的毒性是由於它與血球中的血紅蛋白生成一種羰基白紅蛋白（ HbCO ）化合物。



在通常情況下，生成的羰基血紅蛋白的化學鍵較氧血紅蛋白（ HbO_2 ）的化學鍵約強 200 倍，因此使血紅蛋白不能輸送氧氣。當空氣中含 50 ppm 一氧化碳，即在血液中羰基血紅蛋白達 10 % 時，人開始感到缺乏氧氣。

通常情況下，在肺裡吸入的空氣中之氧溶解在血液中，通過呼吸保持濃度在 $1.6 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。血紅蛋白在肺微血管中的濃度亦保持一定的 $8 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。

問題：

1. 如果速率常數 $k = 2.1 \times 10^6 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ （ 37°C 即正常體溫），求氧血紅蛋白生成的速率。
2. 在某些情況中（例如一氧化碳中毒），需要使氧血紅蛋白的生成速率增加到 $1.1 \times 10^{-4} \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

- (1) 假設在血液中血紅蛋白的濃度是定值，計算所需要氧氣的濃度。
- (2) 假定在血液中氧氣的濃度與進入肺裡的氧氣壓力成正比，由此請提出一種實用的解決方法。

九、〔實驗題〕

應用目視比色法，追蹤一種反應物的濃度變化，從得到的實驗數據，用圖解法畫出此反應物濃度變化與時間的相關曲線。

步驟：

1. 配製溴溶液的標準濃度比色溶液

使用注射器量取下列定量體積的 0.01 M 溴水，分別加入於 10 隻相同的試管中：1 號試管 10.0 cm^3 ；2 號試管 9.0 cm^3 ；3 號 8.0 cm^3 ；……9 號 2.0 cm^3 ；10 號試管 1.0 cm^3 。然後除第 1 號試管外，加蒸餾水於每 1 隻試管到總體積為 10.0 cm^3 。用塞子塞好試管搖動試管使溶液混合均勻。把這些試管放在有白色背景的試管架上。計算每隻試管中溴溶液的濃度，以 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 表示。

2. 混合溴溶液 100 cm^3 和 1.00 M 甲酸 1.0 cm^3 。混合後立即移 10 cm^3 於同樣的試管中。比較反應混合物的色度（以 1 分鐘為時間間隔）與標準溶液色度，研討溴濃度的變化與經過時間的關係。把時間（t）和濃度（Br）數據填入表中。

繪圖：

畫出溴濃度與時間的相關曲線，並從圖中找出反應的半生期。

問題：

1. 假定反應是化學計量的，寫出溴與甲酸的反應方程式。
2. 在分析化學裡，可以使用在酸性溶液中溶解溴化物與溴酸鹽的混合物的方式製備溴的標準溶液。使用化學方程式解釋這種製備方法。

十、〔實驗題〕

使用次氯酸鹽溶液與丙酮溶液的測溫滴定法。找出反應物的當量及反應生成物。

步驟：

使用在實驗室溫度調製的丙酮及次氯酸鹽進行反應。將次氯酸鹽溶液 100.0 cm^3 加到保溫燒杯中，插入一隻溫度計，使用滴定管加入 4 莫耳濃度的丙酮於其中，每次加 1.0 cm^3 後用溫度計不斷攪拌（小心，不要打碎溫度計）並讀出達到的最高溫度。只要溫度升高，就繼續加入丙酮溶液。最後再加 3 份丙酮溶液便結束實驗。保存這反應混合物，或許你還要使用它。

問題：

1. 使用溫度變化和所加丙酮溶液的數據畫出滴定曲線，從曲線找出滴定終點，用莫耳表示反應物的當量。
2. 寫出反應方程式和生成物的名稱。
3. 從得到的數據提出一個計算反應熱近似值的方法。
4. 設計從反應混合物中分離生成物的方法及鑒別的方法。
5. 次氯酸鹽溶液的正確濃度，亦可使用測量次氯酸鹽經催化分解後所放出氧氣的體積來確定。使用化學方程式說明此一方法的原理，並用圖解法表示此計算步驟。

十一、〔實驗題〕

如果將過量已知濃度的氫氧化物溶液，加於一份已知重量的銨鹽試樣中，煮沸除去放出的氨，可用酸標準溶液滴定方式決定未反應的氫氧化物之量。

步驟：

稱量三份銨鹽試樣（準確至 0.001 g ），分別放入於三個 250 cm^3 錐形瓶中。

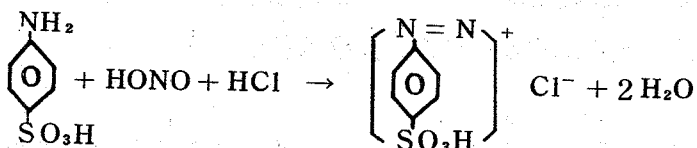
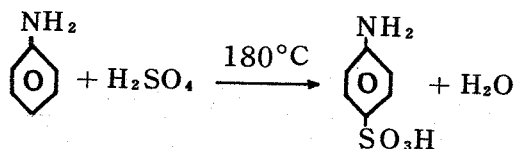
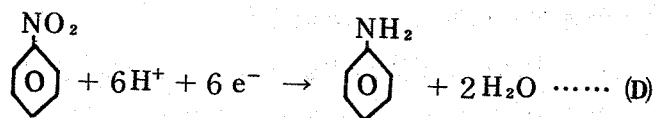
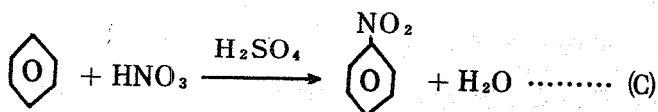
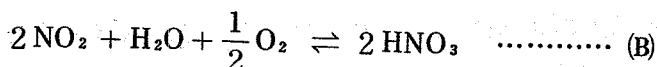
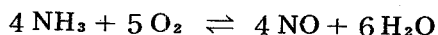
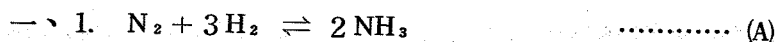
各加入 0.2 當量濃度的氫氧化鈉溶液 50 cm³ 於每一含試樣的錐形瓶。各加入數顆沸石後，用小火緩慢加熱錐形瓶，直到逸出的氣體中不含氨為止。除氨後，使溶液冷卻至實驗室溫度。加 2~3 滴溴瑞香草酚藍 (BTB) 指示劑，用 0.2 當量濃度的草酸標準溶液滴定到溶液最初出現黃色而不褪為止。

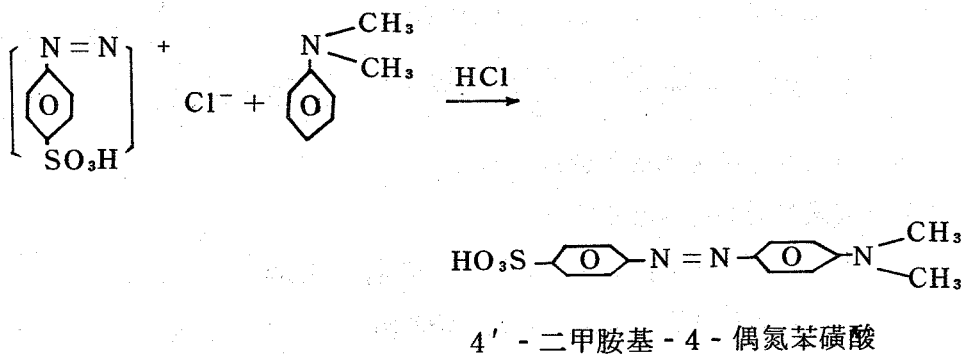
問題：

1. 根據實驗數據，求銨鹽的莫耳質量。
2. 本實驗的試樣是一種無機一元酸的鹽，敘明它是那一種鹽。
3. 試計算你測量的絕對誤差與相對誤差。
4. 寫出溶液中被證實的鹽的離子反應。

第六屆國際化學奧林匹亞試題解答

參考解答





2. $m = \frac{M}{F \times Z} \times I \times t$

而 $I = \frac{b \times E_b - E_p}{R_v + b \times R_i} = \frac{10 \times 1.5 \text{ V} - 1.5 \text{ V}}{0.5 \Omega + 10 \times 0.4 \Omega} = 3 \text{ A}$

式中 $F = 96500 \text{ Coulomb} \cdot \text{mol}^{-1}$

b 為電池數

E_b 為 1 個電池的電壓

E_p 為極化電壓

R_v 為伏特計的電阻

R_i 為電池的內電阻

t 為 8 hr 56 min 7 sec = 32167 sec

$\therefore m_{\text{H}_2} = \frac{1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{96500 \text{ Col} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 3 \text{ A} \times 32167 \text{ s} = 1 \text{ g}$

$1 \text{ g H}_2 = 0.5 \text{ mol}$

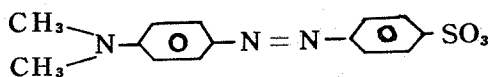
由反應式, $\text{H}_2 \div \frac{1}{3} \text{ mol NH}_3 \div \frac{1}{3} \text{ mol HNO}_3 \div \frac{1}{3} \text{ mol C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 \div$

$\frac{1}{3} \text{ mol C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

苯胺分子量 = 93 g/mol

$\therefore$ 生成物 D, 即苯胺質量 = $n \times M = \frac{1}{3} \text{ mol} \times 93 \text{ g/mol} = 31 \text{ g}$

3. 甲基橙

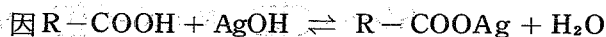


二、1.(1) 化合物A：設其分子式為 $(C_xH_yO_z)_n$

$$x : y : z = \frac{48.60}{12} : \frac{8.10}{1} : \frac{43.20}{16} = 1 : 2 : 0.67$$

設 $n = 3$ 時，其化學式為 $C_3H_6O_2$

其式量為 $74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$



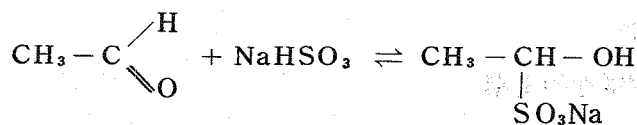
化合物A為丙酸， $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$

(2) 化合物D：設其分子式為 $(C_xH_yO_z)_n$

$$\text{即 } x : y : z = \frac{54.54}{12} : \frac{9.09}{1} : \frac{36.37}{16} = 1 : 2 : 0.5$$

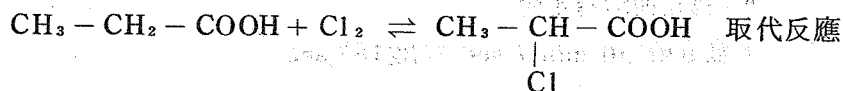
設 $n = 2$ ，即化學式為 $C_2H_4O_1$ ，式量為 $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

化合物D為乙醛， CH_3CHO



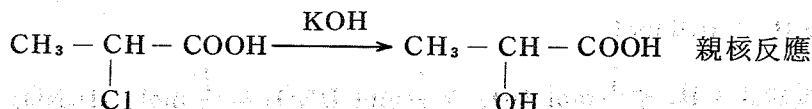
此生成物含 21.6 % 硫

2. 3.



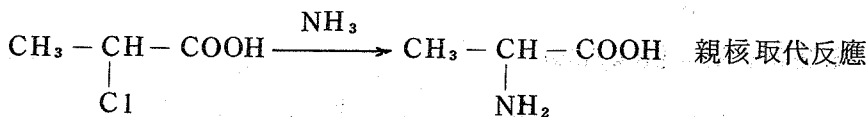
(A)

(B)



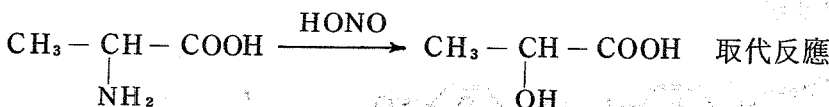
(B)

(G)



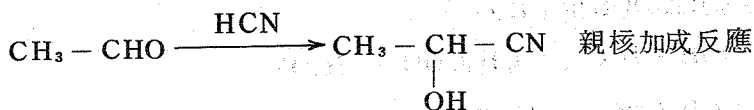
(B)

(C)



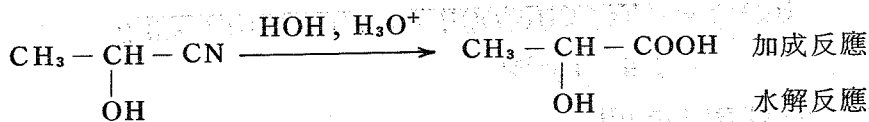
(C)

(G)



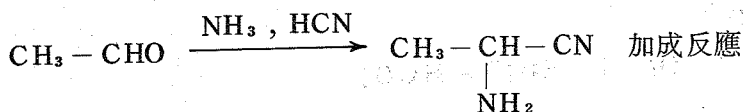
(D)

(E)



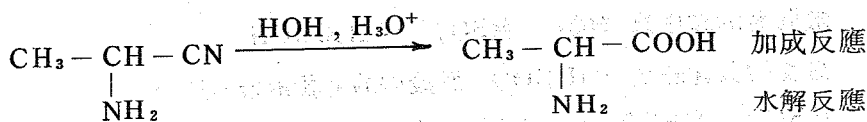
(E)

(G)



(D)

(F)

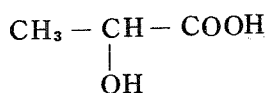


(F)

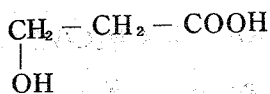
(C)

4. 羧基丙酸的異構體

(1) 位置異構

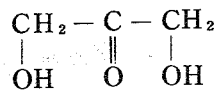
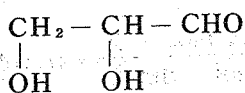
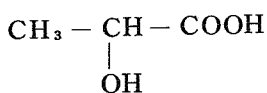


α -羥基丙酸

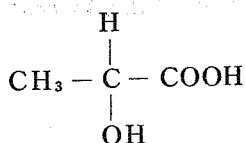


β -羥基丙酸

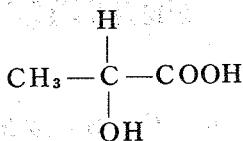
(2) 結構異構



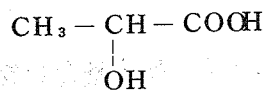
(3) 立體異構



D(+)

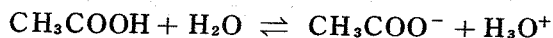


L(-)



外消旋混合體

三、1. 0.2M CH₃COOH的〔H₃O⁺〕



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a [\text{CH}_3\text{COOH}]} = \sqrt{1.8 \times 10^{-5} \times 0.2} \\ = 1.9 \times 10^{-3} \text{M}$$

2. 0.2M HCl的 pH

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log [2 \times 10^{-1}] = 1 - \log 2 \\ = 0.7$$

3. $\text{HSO}_4^- + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-$

acid 1 base 2 base 1 acid 2

4. 比較游離常數：

酸強度的順序為 $\text{HCl} > \text{HSO}_4^- > \text{CH}_3\text{COOH}$

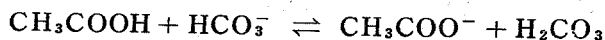
最強的共軛鹼為 CH_3COO^- 而最弱的共軛鹼為 Cl^- 。

5. $\text{HSO}_4^- + \text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{PO}_4^-$

因為 $K_{\text{HSO}_4^-} \gg K_{\text{HPO}_4^{2-}}$

平衡向右即生成 SO_4^{2-} 及 H_2PO_4^- 方向移動。

6. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HCO}_3^-$



因為 $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} > K_{\text{H}_2\text{CO}_3} > K_{\text{HCO}_3^-}$

平衡向右即生成 CH_3COO^- 及 H_2CO_3 方向移動。

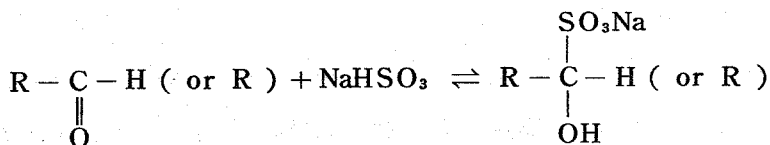
7. $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 0.02 \text{ dm}^3 = 0.004 \text{ mol}$

$$\therefore V_{\text{NaOH}} = \frac{0.004 \text{ mol} \times 2}{0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}} = 0.04 \text{ dm}^3$$

$$8. V_{\text{HCl}} = \frac{0.2 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 310 \text{ K}}{202.65 \text{ kPa}} = 2.544 \text{ dm}^3$$

四、1. 設有機化合物C為 $\text{R}-\text{C}-\text{H}$ (或R)





$$\text{式量: } M_c \quad M_{\text{NaHSO}_3} = 104 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad M_c + 104$$

物質 C 的莫耳質量比 = 2.7931

$$\therefore \frac{M_c + 104}{M_c} = 2.7931$$

$$\text{求得 } M_c = 58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

因此 C 爲 $\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_3$

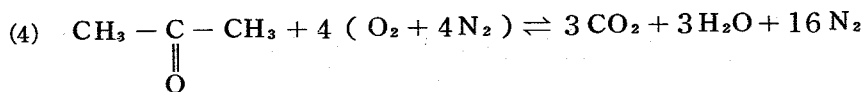
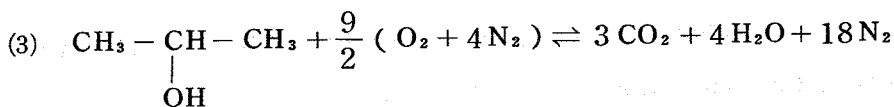
A 爲 $\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\underset{|}{\text{CH}}}-\text{CH}_3$

B 爲 $\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_3$

2. 在 STP 時，氣體混合物中含有 N_2 及 CO_2 (H_2O 已液化)，其中的 CO_2 可被氫氧化鋇溶液吸收。

$$(1) \quad V_{\text{CO}_2} = 5.432 \text{ dm}^3 \times 0.1546 = 0.84 \text{ dm}^3$$

$$(2) \quad V_{\text{N}_2} = 5.432 \text{ dm}^3 - 0.84 \text{ dm}^3 = 4.592 \text{ dm}^3$$



設 $\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{CH}_3$ 爲 x 莫耳， $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$ 爲 y 莫耳

$$\text{由(1), (2), (4)可得: } 3x \times 22.4 + 3y \times 22.4 = 0.84$$

$$\text{由(2), (3), (4)可得: } 18x \times 22.4 + 16y \times 22.4 = 4.592$$

解上兩式得: $x = 0.0025 \text{ mol}$, $y = 0.01 \text{ mol}$

$$\frac{x}{y} = \frac{0.0025}{0.01} = \frac{1}{4}$$

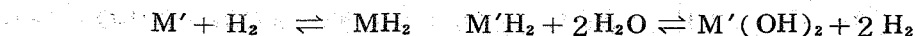
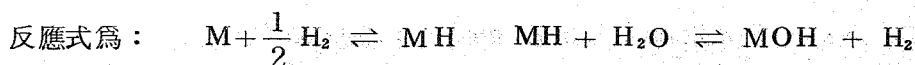
五、訂正：

科學教育月刊第124期44頁所列第六屆國際化學奧林匹亞試題第五題漏列一段文字，以致可能無法回答，至感抱歉。現將正確試題及其解刊登如後：

試題：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 cm^3 （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% 。將沉澱過濾後加熱，它的質量減少了 25 mg 。當把計量的碳酸銨加到上述鹼性溶液中，生成一種微溶的沉澱，同時放出氨氣，且溶液中的氫氧化物的含量減少到 16.81% 。

試問開始時混合物中的兩金屬元素及計算其質量。

解：週期表中能夠與氫反應而生成離子化合物的為鹼金族及鹼土金族元素。依照題意為不同族的金屬元素，因此一元素為鹼金族（M），另一元素為鹼土金族（M'）元素。



反應時消耗的水之莫耳數爲：

$$0.270 \text{ g} \times \frac{1}{3} \div 18 \text{ g/mol} = 0.005 \text{ mol}$$

未反應的水之莫耳數爲：

$$0.270 \text{ g} \times \frac{2}{3} \div 18 \text{ g/mol} = 0.01 \text{ mol}$$

因爲所有鹼金族氫氧化物（如 NaOH ， KOH ）都易溶於水而鹼土金族氫氧化物爲微溶於水，因此沉澱爲 $\text{M}'(\text{OH})_2$ 。設溶液中溶解的物質質量爲 x

$$\text{即} \quad m_{\text{MOH}} + m_{\text{M}'(\text{OH})_2} = x$$

依照題意鹼性溶液中所含氫氧化物爲 30%

$$\text{即} \quad \frac{x}{x + 0.18 \text{ g}} \times 100 = 30$$

求得 $x = 0.077 \text{ g}$ 而此量為反應產物總質量的

$$100\% - 59.05\% = 40.95\%$$

氫氧化物的總生成量為

$$0.077 \text{ g} \times \frac{100}{40.95} = 0.188 \text{ g}$$

故固態(沉澱)的 $M'(\text{OH})_2$ 的質量為

$$0.188 \text{ g} - 0.077 \text{ g} = 0.111 \text{ g}$$

加熱反應為 $M'(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} M'\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

減少的質量即 H_2O 之量為 0.027 g

故 $M'\text{O}$ 的質量為 $0.111 \text{ g} - 0.027 \text{ g} = 0.084 \text{ g}$

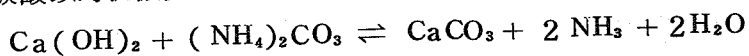
$$\frac{M_{M'\text{O}}}{M_{M'\text{O}} + \text{H}_2\text{O}} = \frac{M_{M'\text{O}}}{M_{M'\text{O}} + 18} = \frac{0.084}{0.111}$$

求得 $M_{M'\text{O}} = 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$M_{M'} = M_{M'\text{O}} - M_{\text{O}} = 56 - 16 = 40 (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

故 $M' = \text{Ca}$ $M'(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{OH})_2$

與碳酸銨的沉澱反應為：



前述未起反應的水為 0.18 g ，故溶液的質量為

$$0.18 \text{ g} + 0.077 \text{ g} = 0.257 \text{ g}$$

與 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 反應生成沉澱後氫氧化物含量減少到

$$16.81\%, \quad \therefore 16.81 = \frac{\text{MOH 質量}}{\text{溶液質量}} \times 100$$

設存在於溶液中的氫氧化鈣莫耳數為 W ，而 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 式量為 $74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，

$$\therefore 16.81 = \frac{0.077 - W \times 74}{0.252 - W \times 74 + 2W} \times 100$$

$$W = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

故在沉澱和溶液中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 總莫耳數為：

$$n_{\text{Ca}(\text{OH})_2} = \frac{0.111 \text{ g}}{74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$= 0.002 \text{ mol} = 0.148 \text{ g}$$

對 $M'H + 2H_2O = M'(OH)_2 + 2H_2$, $n_{H_2O} = 0.004 \text{ mol}$

對 $MH + H_2O = MOH + H_2$, $n_{H_2O} = 0.001 \text{ mol}$

$$\therefore n_{MOH} = 0.001 \text{ mol}$$

$$m_{MOH} = 0.188 \text{ g} - 0.148 \text{ g} = 0.04 \text{ g}$$

$$M_{MOH} = \frac{m_{MOH}}{n_{MOH}} = \frac{0.04 \text{ g}}{0.001 \text{ mol}} = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\therefore MOH = NaOH$$

此兩種金屬元素混合物的組成爲： Na 0.001 mol , Ca 0.002 mol

或 Na 0.023 g , Ca 0.080 g

六、實驗題：根據特性辨認。

七、實驗題：5 號試管 NH_4^+

6 號試管 Hg^{2+}

7 號試管 OH^-

8 號試管 Fe^{3+}

9 號試管 Cu^{2+}

八、實驗題：10 號試管溶液中含： Ba^{2+} , Al^{3+} , Cl^- , CO_3^{2-}