

國際化學奧林匹亞試題集(二)

魏明通

國立臺灣師範大學科學教育中心

自從122期科學教育月刊刊登第一屆至第二屆國際化學奧林匹亞試題及其解答以後，編著接到專家學者及教師們的電話指教，不必一次把問題及解答同時刊登，最好在下一期刊登問題，讓教師與學生們有足夠的時間探討解答的途徑，設法自行解決問題。在下一期再刊登其參考答案，使師生們能核對以提高教學效果。編者很贊同這些寶貴的建議，因此在本(123)期刊登第三屆至第五屆的試題，請教師及學生們，在這一個月內設法解題，在下一(124)期，將刊登參考答案及第六至八屆試題。在此所刊登的試題及其解答參考 IChO 的英文試題及1988年4月科學普及出版社的國際奧林匹克化學競賽題及解答，經本人配合我國高級中學使用的化學名詞、化學術語及我們慣用的語氣而改編，以適合於我國高級中學教師及學生們使用。

第三屆國際化學奧林匹亞試題

西曆1970年於匈牙利布達佩斯舉行

試 題

一、燃燒某一氣體23克時，得到二氧化碳44克及水27克。此氣體在標準狀態時的密度為 $2.05 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。試寫出此氣體化合物的結構式。

二、將一種蘇打晶體樣品1.287克與過量的鹽酸反應時，在標準狀態時測得放出 100.8 cm^3 的氣體。

另有一種蘇打晶體0.715克用0.2N硫酸 50 cm^3 來分解，蘇打完全被分解後，所

剩下的硫酸需用 0.1 N 的氫氧化鈉溶液 50 cm³ 中和 (使用甲基橙指示劑進行滴定)。試問：

1. 第一種蘇打晶體樣品，每一碳酸鈉分子含有多少分子的結晶水？
2. 兩種蘇打晶體的組成是否相同？

原子量：Na = 23 , H = 1 , C = 12 , O = 16

三、將一氧化碳與 1.5 倍體積的水蒸氣混合，如有 80 % 的一氧化碳轉變為二氧化碳，試問平衡狀態下，氣體混合物的組成 (依重量及體積百分率計算)。

四、某一合金由鉀與另一種鹼金族元素組成。此一合金樣品 4.6 克與水反應，所放出的氫氣在標準狀態時的體積為 2.241 升，試問：

1. 此合金的另一組成元素是那一種鹼金族元素？
2. 求此合金的重量百分組成？

原子量：Li = 7 , Na = 23 , K = 39 , Rb = 85.5 , Cs = 133

五、氧化銅 20 克與溫熱的 20 % 硫酸溶液反應而生成硫酸銅溶液。試問當溶液冷卻到 20°C 時有多少克的硫酸銅晶體 (CuSO₄ · 5 H₂O) 析出？

原子量：Cu = 63.5 , S = 32 , O = 16 , H = 1

硫酸銅在 20°C 時的溶解度為 20.9 g CuSO₄ / 100 g H₂O

六、某金屬氧化物含氧 22.55 %，同一金屬的另一氧化物含氧 50.48 %，均為質量百分率。試問此金屬元素的原子量是多少？

七、〔實驗題〕

有一未知樣品是 1.2 莫耳濃度硫酸和 1.47 莫耳濃度鹽酸的混合物。試使用有效而簡易的方法測定：

1. 在 1 dm³ 溶液中所含酸的總量 (以體積算)。
2. 在 1 dm³ 樣品中所含硫酸和鹽酸的質量。

八、〔實驗題〕

選用合適的試劑和簡便的方法，對所給予的編號試管內物質從事定性分析，並寫出其分子式。

對於所辨認出的物質，寫出十個化學反應式，其中五個為生成沉澱的反應式；兩個為放出氣體的反应式；三個為有關氧化還原的反應式。

第四屆國際化學奧林匹亞試題

西曆1972年於蘇俄莫斯科舉行。

試題

一、將重1.52克的含兩種固態元素的混合物與過量的鹽酸反應，放出一種氣體 0.896 dm^3 ，反應後尚有0.56克固體物質殘留不溶於過量的鹽酸。

在另一實驗裡，取同一混合物試樣1.52克與過量10%的氫氧化鈉溶液反應，則放出氣體 0.896 dm^3 並有0.96克不溶的固體殘留。

在第三實驗中，將同一混合物試樣1.52克，隔絕空氣加熱至高溫時生成一種化合物。此一化合物在鹽酸中能夠完全溶解並放出一種未知氣體 0.448 dm^3 ，將所得的全部氣體通入 1 dm^3 充滿氧的密閉容器中，該未知氣體與氧反應後，容器中的壓力減少到十分之一。

試寫出上列各反應的化學方程式並用計算證明其正確性。在解答本題時，氣體體積可視為在標準狀態測定的，所用的原子量都用整數值。

二、新製成的亞鐵(II)化合物，鐵(III)化合物和鐵等三種混合物放入裝有氫氣的密閉容器中加熱。此混合物4.72克在容器中反應後生成3.92克的鐵和0.90克的水。

同樣混合物4.72克與過量的硫酸銅(II)溶液反應，可得到固態混合物4.96克。

試問：

1. 欲完全溶解原來的混合物4.72克，試計算所需要濃度7.3%的鹽酸（密度= 1.03 g/cm^3 ）多少公撮？
2. 在標準狀態時，放出的氣體體積多少？

原子量：H = 1，O = 16，S = 32，Cl = 35.5，Fe = 56，Cu = 64

三、2 莫耳濃度的氯化鈉溶液 ($\rho = 1.10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) 200 cm^3 在銅電極的電解池中，不斷攪拌下進行電解至陰極上收集氣體 22.4 dm^3 時停止電解。

試計算在電解後，溶液中所含氯化鈉的重量百分率。

原子量：H = 1，O = 16，Na = 23，Cl = 35.5，Cu = 64。

四、在 20°C 時，將 4 % 氫氧化鈉溶液 50 克與 1.825 % 鹽酸溶液 50 克在絕熱容器中混合。在這過程中溶液的溫度增加到 23.4°C ，其後再將 20°C 的 3.5 % 硫酸溶液 70 克加到以上溶液中。

試問：

1. 計算溶液的最後溫度。

2. 計算蒸發溶液後，所殘留固體物質重量。

原子量：H = 1，O = 16，Na = 23，S = 32，Cl = 35.5

五、溴與一未知的碳氫化合物反應，得到唯一的生成物，其密度為空氣密度的 5.207 倍。試決定此一未知碳氫化合物的結構式。

原子量：H = 1，C = 12，Br = 80

六、有機化合物 A 含碳 41.38 %，氫 3.45 %，其餘為氧。化合物 A 與乙醇在酸的存在時加熱而得到一種新物質 B。新物質 B 中含碳 55.81 %，氫 6.97 %，其餘為氧。原始化合物 A 與溴化氫反應可得生成物 C。C 在水中煮沸後產生物質 D。物質 D 含碳 35.82 %，氫 4.48 %，其餘為氧。物質 D 2.68 克能夠與 2 N 氫氧化鉀溶液 20 公撮完全反應。

1. 試確定 A、B、C 及 D 物質的結構式。

2. 試寫出上述各反應的化學方程式。

原子量：H = 1，C = 12，O = 16，K = 39

七、〔實驗題〕

使用實驗台上的試劑和簡單器材，確定十隻編號試管內的未知樣品。寫出辨認每一

物質所用的最重要反應的化學方程式。凡在溶液中發生的反應，寫出其離子反應方程式。

八、〔實驗題〕

在 6 月 16 日製得甲酸與過量乙醇的混合物。此混合物在一密閉容器中保存近一個月。使用實驗台上所給的試劑與儀器，試定量測定在競賽當時，此混合物的組成。計算最初混合時酸與醇的重量百分比。

第五屆國際化學奧林匹亞試題

西曆 1973 年於保加利亞索非亞舉行

試題

一、苯的一羥基衍生物經硝化反應後，生成一種含氧 49.0 % (質量) 的化合物。用電化學法還原此化合物 0.458 克時需要電量 4350 庫倫，其效率為 80 %。

設電化學的還原產物是一種芳香族的羥基胺基衍生物時，試確定化學計算關係及該化合物的結構式。

$$F = 96500 \text{ 庫倫}$$

二、一種氣態烴和氧的混合物，放在體積為 1 dm^3 的容器中，其溫度為 406.5 K ，壓力為 101325 Pa 。混合物中氧的量恰好為與烴反應所需量的兩倍。烴燃燒後，在同溫時，容器內的壓力增加 5 %。設燃燒此烴所生成的水質量為 0.162 克，試確定混合物中的烴是什麼。

三、混合 0.01 mol/dm^3 的醋酸溶液 10 cm^3 與等體積的 0.01 mol/dm^3 次氯酸溶液，其後稀釋到總體積為 100 cm^3 。醋酸的游離常數為 1.8×10^{-5} ，而次氯酸的游離常數為 3.7×10^{-8} 。

試計算：

1. 該溶液中每一種酸的游離度。
2. 如果被稀釋的溶液中不含醋酸，試求次氯酸的游離度。
3. 稀釋後醋酸和次氯酸混合溶液的 pH 值。

四、當兩種未知物質的溶液按照化學計量比混合時，產生 1.25 克含有兩價金屬 M 的鹽之沉澱。加熱此一沉澱到 1100°C 時分解而產生 0.70 克固態金屬氧化物 MO 和另一氣態氧化物。過濾後蒸發其濾液即剩下質量為 2.0 克的乾燥殘渣，加熱此一殘渣到 215°C ，即分解而得到兩種產物：一種氣態氧化物和 0.90 克的水蒸氣。此兩種氣體混合物的總體積在標準狀況時為 1.68 dm^3 。試確定兩種未知化合物並寫出上面所提各過程的化學反應方程式。

五、使用你所知有關苯及其衍生物的性質，試寫出以最短的流程製備苯甲酸及 o-，m-，p- 胺基苯甲酸的化學反應方程式。

六、兩種氣態烴為相鄰的同系物混合在一起，其密度為氫氣的 14.4 倍。將此混合物 16.8 dm^3 進行水合反應，並使水合產物被水吸收而得到 350 克溶液。取此溶液 10 克和由 1 N 硝酸銀溶液 70 cm^3 所製備的氧化銀共熱後，用氨水溶解未反應的氧化銀，將殘留的沉澱過濾，並用硝酸使濾液呈酸性後加入過量的溴化鈉，即產生沉澱 9.4 克。

將未反應的烴混合物和 50 % 過量的氫氣混合，通過熱鉑催化劑上面時，最後體積減少到 11.2 dm^3 （氣體體積都是 STP 時的體積）。

試問：

1. 開始時的混合物是什麼烴？
2. 寫出上面所提各過程的化學反應方程式。
3. 以體積百分比計算開始時混合氣體的組成。
4. 每種烴水合反應的百分數是多少？

七、〔實驗題〕

在 12 隻編號的試管中放有下列鹽溶液： AgNO_3 ， BaCl_2 ， $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ， NaCl ， KI ， ZnCl_2 ， NH_4Cl ， $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ， $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ， CrCl_3 ， $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$ ， $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

試管的編號與上述鹽溶液的順序並不相同，試使用最少的操作步驟，辨認各個試管內的鹽溶液是什麼。按照試管的號碼寫出相應的鹽名稱並寫出鑒別反應的化學方程式。

八、〔實驗題〕

六隻試管中含有下列化合物：

Na_2CO_3 或 NaHCO_3 , NiCl_2 或 CuCl_2

AgNO_3 或 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, ZnCl_2 或 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

ZnSO_4 或 KI , NH_4NO_3 或 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

試管的號碼與所給化合物的順序並不相同。試選用合適的試劑辨定每隻試管內的物質，並用化學方程式描述鑒定反應。

九、〔實驗題〕

現有標識1、2、3號的3隻試管，試選用合適的試劑辨認每隻試管內的物質，並寫出每隻試管內化合物的適當化學式及各反應的化學方程式。

檢 討

從這些國際化學奧林匹亞競賽的試題，可看出許多我們要進軍國際化學奧林匹亞時，要留意的事項：

1. 使用SI制單位：例如體積單位為 dm^3 而壓力單位為帕 (Pa)。雖然高中化學教科書一部分使用SI制，但自中國小開始我國學生習慣使用C.G.S制的單位，因此在今後的教學中需要加強使用SI制的單位，方能在國際舞台上能夠與其他國家學生公平競爭。
2. 許多人批評我國高級中學現用化學教科書太難，可是自第三屆競賽開始，化學奧林匹亞試題之難度增加很多，尤其是有機化學方面超出我國高級中學化學課程的範圍甚多，學生需要有高度的理解、分析及綜合能力方能應付考試。此一點在輔導化學資優學生時，特別重要。
3. 實驗題大部分都是辨認物質的定性分析實驗為主。這一點也是我國高中化學最弱的一環。高中化學實驗中如何加強定性分析實驗，使學生能夠具有有效辨認物質的能力，是高中化學教學活動中特別留意的要件。
4. 無論是無機化學、有機化學或實驗題，時常要求學生寫出反應的化學方程式。因此在化學教學中需加強學生寫化學方程式的能力。