

第 31 屆國際化學奧林匹亞選訓營初選

方泰山* 陳竹亭**

*國立臺灣師範大學 化學系

**國立臺灣大學 化學系

緒論：

中華民國參加第 31 屆國際化學奧林匹亞選訓營的初選管道之一的北、中、南三區筆試於 4 月 10 日分別在台師大、彰師大、高師大同步舉行。報名參選三區的學生人數分別是 65 人、41 人、24 人，共 1

30 人，而實際到考的人數則為 50 人、38 人、16 人，共 104 人，到考率為 80%。

試題在工作委員會初選試題召集人蕭次融教授，將三位教授的命題組卷成本文所公佈之試題及其參考解答。成績評定結果，最高分為 82 分，由推甄考上陽明醫學系的斗六高中應屆畢業生陳芝瑜同學所得。成績在 70 分以上的，北區有 9 位、中區有 6 位、南區有 4 位，而成績在 30 分以下的共 8 人，最低分落在北區的 17 分。中位數的分數，北區為 53 分、中區 52 分、南區 56 分，平均分數 54 分。初選錄取的名單 18 名，連同全國化學能力競試 7 名與資優營 5 名（名單如表一）將參加自 4 月 19 日起二個星期的選拔訓練營，而優勝的前四名，將代表我國參加 7 月 4 日~11 日在泰國曼谷舉行的第卅一屆國際化學奧林匹亞競賽。

表一 選訓營名單

序號	姓名	性別	就讀學校
1	吳爵宏	男	台南一中
2	江瑛芝	女	崑山高中
3	高承楷	男	高雄中學
4	彭昱環	男	花蓮高中
5	王永安	男	新竹高中
6	盧子敏	男	建國中
7	柯又升	男	大同高中
8	陳芝瑜	女	斗六高中
9	陳培儂	男	武陵高中
10	蔡羽書	男	建中
11	杜哲嘉	男	協同高中
12	楊勝凱	男	彰化高中
13	陳婉瑜	女	北一女
14	黃致遠	男	建中
15	翁浩睿	男	高雄中學

序號	姓名	性別	就讀學校
16	黃懷萱	女	高雄女中
17	胡立志	男	建中
18	鄭存甫	男	彰中
19	陳必榮	男	中一中
20	曾煥忻	男	實驗中學
21	林依德	男	建中
22	呂政勳	男	嘉義高中
23	陳少康	男	豐原高中
24	吳平宇	男	武陵高中
25	張孝澤	男	建中
26	朱如瓏	男	武陵高中
27	吳德浩	男	武陵高中
28	蕭暉議	男	正心高中
29	范原嘉	男	實驗高中
30	傅勁逢	男	中二中

註：序號 1~7 為八十七年度全國化學能力競試優勝者，8-25 為本初選錄取者，26~30 為春假化學資優營優勝入選者。

試題及參考解答

I. 基本實驗技巧單選題(16%) (答錯不倒扣，共 8 小題，每題 2 分)

- (c) 1. 不小心將濃酸濺入眼睛，最好的應變方法是用下列那一種物質淋洗？
- (a)濃 NaOH (b)Ca(OH)₂ (aq)
(c)大量的自來水 (d)可以不需加以處置
- (d) 2. 欲將實驗室的濃硫酸稀釋，其過程應是將水倒入酸？
- (a)是的，以避免酸濺出 (b)是的，以減低濃酸的濃度梯度
(c)是的，酸密度較大，應置於溶液底層 (d)不是，最好的方法是將濃硫酸漸次倒入水中
- (b) 3. 讀取滴定管之刻度時，應將你的眼睛視線維持和管內的液面平行？
- (a)是的，如此滴定管比較不會破裂 (b)是的，如此可以避免視差
(c)是的，可以減低因液壓之差 (d)不是，這樣做法是不對的
- (d) 4. 若你是第一次試驗用鹼金屬和水之反應，是否應該用 K 而不是 Na？
- (a)是的，K 比 Na 較不危險 (b) 是的，K 較 Na 便宜
(c)K 所產生的 KOH 比 Na 所產生的 NaOH，在實驗室較不危險
(d)否，最好還是先用 Na 試試看
- (b) 5. 若不小心將 Hg 掉落地上，爲了避免汞污染，可撒一些下列何者於其上？
- (a)CaCl₂，以產生不溶性的甘汞 Hg₂Cl₂ (b)硫粉，將 Hg 轉變成非揮發性 HgS
(c)硫酸銅晶體，將 Hg 做成 Cu 汞齊 (d)不需加任何物質，因其會自然揮發而清除
- (a) 6. 硝酸銀溶液最好貯存在深色瓶子中？
- (a)是的，避免因光而分解 (b)是的，避免因產生過氧化物而爆炸
(c)是的，深色瓶子不含有會和 AgNO₃ 反應的成分
(d)不是，深色瓶子只有對那些不易溶解的銀鹽才有效
- (b) 7. 要蒸餾溶液，在開始前最好先放幾粒"沸石"？
- (a)是的，他們有助於混合溶液的均勻， (b)是的，他們可避免溶液的過熱而產生"爆沸"
(c)是的，他們可幫助蒸餾過程的裂解產量， (d)不是，他們只是造成溶液的污染
- (a) 8. 若實驗需要較長時間，用手持熱的東西，爲避免燙傷手，必須要戴手套。試問要挑選下列那一種材質的手套？
- (a)棉花製的 (b)任何塑膠 (c) 高級尼龍 (d)紙漿製的

II. 選擇題(依各題應選數目作答)(15%) (共5小題, 每題3分)

(e.f) 1. 下列那兩種氣體常被稱做"生物氣體":

其一, 若加入 $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 會有白色沉澱, 此沉澱加入 $\text{HCl}(\text{aq})$, 則會產生多量氣泡。

其二, 將其燃燒, 則其1莫耳需要2莫耳的氧, 而得水和二氧化碳。

(a) N_2 (b) O_2 (c) Cl_2 (d) CO_2 (e) NH_3 (f) CH_4 (g) SO_2 (a.c.e) 2. 某分子, AX_3 , 關於其結構與性質, 下列那三項的組合是正確的?

(a) 該分子的四個原子在同一平面上

(b) 該分子的結構, 可用 sp^3 混成軌域加以描述

(c) 該分子不具有極性

(d) 該分子具有一定方向的偶極性

(e) 該分子各鍵結間的夾角必為 120°

(a.c) 3. 比較等體積的 0.1 M 硫酸與 0.1 M 醋酸兩溶液, 其相似之處為下列那兩項?

(a) pH 值都小於 7

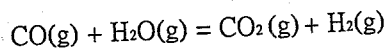
(b) 含有等量的離子濃度

(c) 加入等體積的 0.1 M 氫氧化鈉溶液, 都會有等值的鈉離子濃度

(d) 加 0.1 M 氯化鈉溶液都會產生沉澱

(e) 以 0.1 M 氫氧化鈉溶液滴定, 到達酸鹼滴定終點時, 所需滴定液的量都一樣

(c) 4. 於定溫時, 在一體積為 1 公升的密閉容器中反應的平衡式為

置入 $\text{CO}(\text{g})$ 與 H_2O 各 0.01 莫耳, 當達平衡 $[\text{CO}_2] = 0.005$ 莫耳/升, 此時若再加入0.02 莫耳 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. 新平衡的 $[\text{CO}_2]$ 與 $[\text{CO}]$ 各為多少莫耳/升? (單選)

(a) 0.05 與 0.005 (b) 0.01 與 0.025 (c) 0.0075 與 0.0025

(d) 0.005 與 0.005 (e) 0.003 與 0.0007

(a.c) 5. 將某烷與炔的混合氣體 82 mL, 在 25°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 時, 測得其質量為 85mg 則下

列有關此混合氣體正確的敘述是那二項?

(a) 能使 $\text{Br}_2 / \text{CCl}_4$ 溶液退色(b) 混合氣體 10 mL 可以完全與 20 mL 的 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 加成.

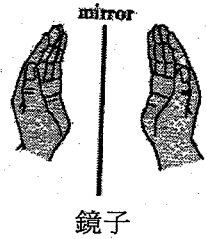
(c) 混合氣體必定有甲烷

(d) 混合氣體肯定沒有乙炔

(e) 混合氣體一定有乙烷

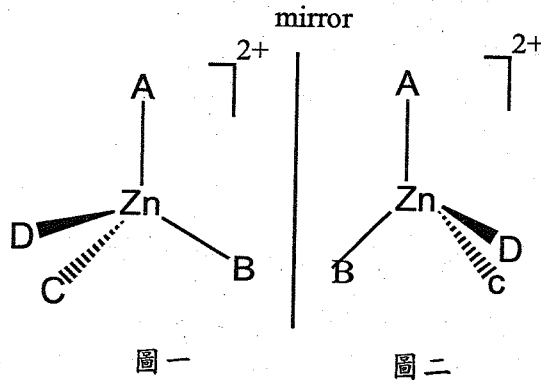
III、非選擇題

一、光學異構物是指兩個互為鏡像，彼此無法重疊的分子。分子各具有光學活性，使極化光的極化平面旋轉，並且旋轉的方向互為相反。光學異構物如下圖所示，左手和右手互為鏡像，但無法重疊。



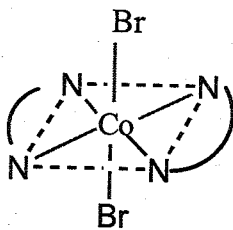
[問一] 假設有 A、B、C、D 四個不同配位基，四面體的 $[ZnABCD]^{2+}$ 離子錯合物是否會有光學活性？請說明之。(4%)

解答： $[ZnABCD]^{2+}$ 為四面體的結構，如下圖一所示，而鏡像的結構如圖二所示。因鏡像無法與之重疊，故有光學異構物，必有光學活性。

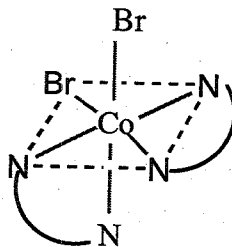


[問二] 錯合物離子 $[Co(en)_2Br_2]^+$ 的結構為八面體形，請畫出其幾何及光學異構物之立體空間結構。(en = $-NH_2-CH_2-CH_2-NH_2$ ，為雙牙基螯合配體，只取鄰位)(5%)

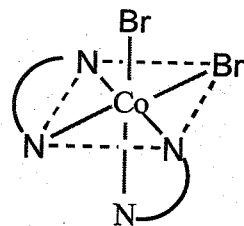
解答：圖三與圖四(或圖五)互為幾何異構物，圖四與圖五互為光學異構物。



圖三



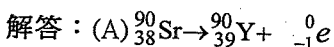
圖四



圖五

二、圖六表示 10.0 克銻-90($^{90}_{38}Sr$)同位素在 120 年中進行 β -衰變的質量變化(12%)

[問一] 寫出此核反應的反應式(2%)



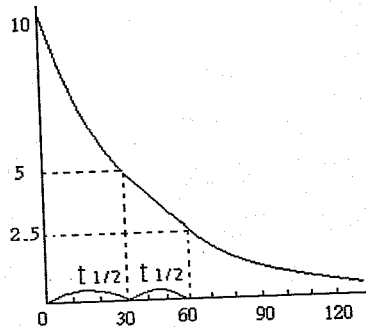
[問二]用圖六及你所知道最精確的方法，計算銻-90 同位素的半衰期（6%）

解答：

$$\therefore {}^1 t_{1/2} = 27.7$$

$${}^2 t_{1/2} = 28.9$$

$$\therefore t_{1/2} = \frac{{}^1 t_{1/2} + {}^2 t_{1/2}}{2} = 28.3$$



圖六

由圖六可測知 $t_{1/2} = 28.3$

[問三]計算在 100 年時，此銻-90 同位素樣品剩下的量（百分比）（4%）

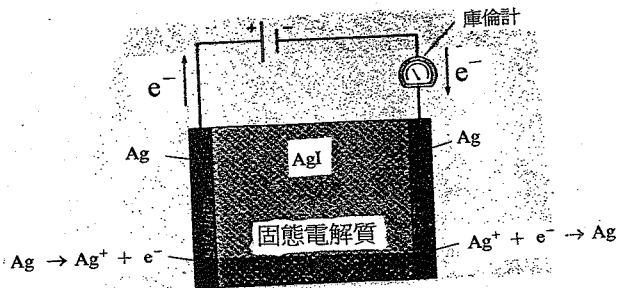
解答：由圖六 $t_{1/2} = 28.3$

$$100 \text{ 年後的 } {}^{90}\text{Sr} \text{ 剩下 } 10 * \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{100}{28.3}} = 0.86(\text{g})$$

所以其剩下百分比為 8.60%

三、傳統的一般化學電池均用電解質水溶液聯結兩個半電池，近來已發展出使用固態電解質的電池。（14%）

[問一]右面是銀電池的簡圖（圖七），其中固態碘化銀聯結兩個銀極，可以導電。欲探討碘化銀中的電荷載體是電子或是銀離子？試設計一個實驗來區別這兩種情形。（5%）

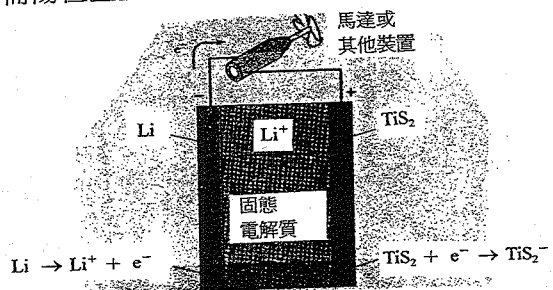


圖七

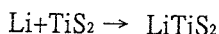
解答：先將兩個銀電極秤重，待放電後再測量其重量，若電荷載體為銀離子，則陰極進行

$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ 有銀沈積，重量增加，而陽極重量減少。

[問二]鋰電池因其質輕、耐久、能量密度大等優點，可當做心律調節器，裝置於人體內使用。右面是一個鋰電池的簡圖（圖八），固態電解質的主要成分是 LiTiS_2 。主要的反應式是：



圖八



(1) 估計固態電解質中鈦的氧化態，並寫出其電子組態。(4%)

(2) 離子化合物的穩定度可用離子間的位能(U)表示。 U 與離子大小及電荷量有關，可簡寫成： $U \propto -q^+q^-/d$ (q 是電荷數， d 是正負離子間的距離)。假設此電池使用及充電的過程中體積不變，敘述此電池固態電解質的位能在使用及充電的過程中如何變化？(5%)

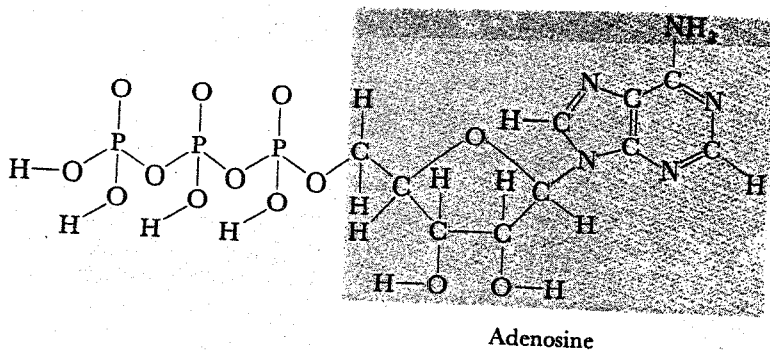
解答：(1) LiTiS_2 中的 Ti 為 Ti^{3+} ，其 Ti^{3+} 電子組態為 $[\text{Ar}]3d^1$

(2) 因為充電過程中體積不變，所以假設 d 不變， U 只和電荷數有關，

放電時 $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+$ ，電荷數增加， U 下降

充電時 $\text{Li} + e^- \rightarrow \text{Li}$ ，電荷數減少， U 上升

四、磷酸根可以鍊狀連接，在腺甘三磷酸(ATP)中可儲存能量，當 ATP 失去一個磷酸根，形成腺甘二磷酸(ADP)時，就放出能量。ATP 中接腺甘酸的磷原子及其上的氧原子所使用的混成軌域各為何？(4%)



圖九

腺甘酸

解答：ATP 中的第一個磷酸根中心磷原子為 sp^3 混成 $\text{P}=\text{O}^1$ 為一雙鍵，故 O^1 為 sp^2 混成 O^2-P ， O^3-P ， O^4-P 皆為普通 $\text{O}-\text{P}$ 單鍵，故 O^2 ， O^3 ， O^4 為 sp^3 混成。

五、以燒杯取蒸餾水 10 mL，然後操作下列實驗步驟：(15%)

步驟(A)：滴入碘酒兩滴，搖一搖燒杯，溶液呈現類似啤酒的顏色。

步驟(B)：在其中多加兩滴碘酒，則顏色類似紹興酒。

步驟(C)：在其中再多加兩滴碘酒，結果會如何？

[問一] 試問以上操作，溶液顏色的改變及其原因。(3%)

解答：顏色更深，因為溶液的顏色隨濃度的增大而加深。

步驟(D)：在前一步驟(C)的溶液中加入 6M 的 NaOH 1 滴，結果溶液變成透明無色。

[問二] 步驟(D)溶液為什麼變成無色？試以反應式表示之 (3%)

解答： $3I_2 + 6OH^- \rightleftharpoons 5I^- + IO_3^- + 3H_2O$(1)

因碘 I_2 在鹼性溶液中，自身氧化還原變成無色的 I^- 與 IO_3^- 。

步驟(E)：上一步驟將 (D) 的無色溶液分成兩部分，其中

第一部分：(i) 加入 6M 的鹽酸兩滴，結果溶液變成黃褐色。

另一部分：(ii) 加入濃度為 10% 雙氧水數滴，結果會如何？

[問三] 試問步驟 (E) 中的(i)，溶液變成黃褐色的原因，試以反應式表示之。

又問(ii)的結果，試說明之。(4%)

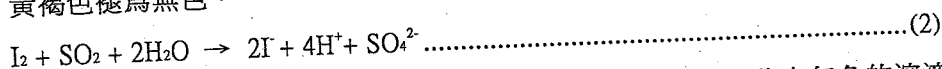
解答：(i) 加入酸，則 $OH^- + H^+ \rightarrow H_2O$ ，消耗反應式(1)中的 OH^- ，因此反應式(1)的平衡左移，產生 I_2 致溶液變成褐色。

(ii) 溶液顏色不變，因在鹼性溶液中，即使 I^- 被氧化成 I_2 ，也會因在鹼性溶液中，如反應式(1)的平衡右移而無色。

以另一燒杯另取蒸餾水 10mL 後滴入碘液數滴至溶液呈現黃褐色。點燃火柴數支，一點燃立即放入杯內黃褐色溶液的上方，並以另一燒杯蓋在其上，搖一搖溶液，即見溶液褪為無色。將無色的溶液分成兩部分，其中的第一部分：加入 6M 的鹽酸數滴，結果會如何？另一部分：則加入 10% 的雙氧水數滴，結果會如何？

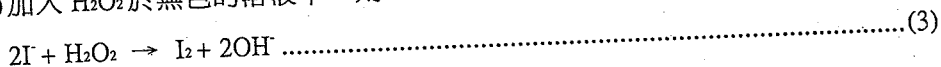
[問四] 試分別說明上述兩個步驟所見到的現象，若為化學反應，則以反應式表示之。(5%)

(i) 火柴的頭藥中含有硫，點燃火柴即產生 SO_2 ，而 SO_2 能夠還原 I_2 為 I^- ，致溶液由黃褐色褪為無色。



(ii) 反應式(2)的 I_2 並不是自身氧化還原反應，不像反應式(1)，因此在無色的溶液中加入鹽酸，溶液仍為無色。

(iii) 加入 H_2O_2 於無色的溶液中，則 H_2O_2 氧化 I^- 為 I_2 而呈黃褐色：



六、在 $T=79K$ 時，液態氮[以 A 代表]與液態氧[以 B 代表]的蒸氣壓分別為 $P_A^0 = 900 \text{ mmHg}$ 與 $P_B^0 = 200 \text{ mmHg}$ 。今以 A 與 B 配製各種混合溶液，其溶液的混合比例是 X_A 由 0.0 變至 1.0 (注意： X_A 代表液態氮的莫耳分率)。(15%)

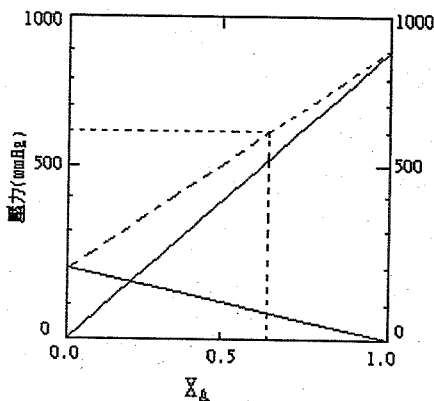
[問一] 試問 A 與 B 的蒸氣壓 (分壓) P_A 與 P_B 會如何改變？在圖十中以「實線」描繪 P_A 與

P_B ，並以「點線」描繪混合溶液的蒸氣壓 (分壓)。(4%)

注意：在本題所討論的溶液與氣體，可分別視為理想溶液與理想氣體。

與 P_B ，並以「點線」描繪混合溶液的蒸氣壓（分壓）。（4%）

注意：在本題所討論的溶液與氣體，可分別視為理想溶液與理想氣體。



在 79K，以某一比例混合 A 與 B，調配了氮與氧的混合溶液，然後將其注入於一密閉的容器中，在溫度仍然為 79K 時，調整容器內的壓力為 600 mmHg 時，溶液開始沸騰。

圖十

[問二]在上述條件時，試問混合溶液中 A 的莫耳分率 X_A ？（4%）

解答： $P = P_A + P_B = X_A P_A^0 + (1 - X_A) P_B^0$, $P = X_A (P_A^0 - P_B^0) + P_B^0$, $600 = X_A (900 - 200) + 200$, $X_A = 0.571$

[問三]在問二的實驗中，將沸騰所生成的氣體抽出，移入另一容器後冷卻液化。試問液體中 A 的莫耳分率 X_A ？（4%）

答： $514 / (514 + 85.5) = 0.857$

[問四]在問三的實驗條件：保持溫度 79K，壓力 600 mmHg，將沸騰所生成的氣體，繼續移入另一容器，結果溶液的沸騰停止。若要保持溫度不變（79K），還希望混合溶液仍然能繼續沸騰，需要作些什麼操作？（3%）

答：降低壓力

第三十一屆國際化學奧林匹亞選訓營成績揭曉

編輯室

- 錄取國家代表隊正取 4 名：盧子敏（建中高中）、朱如瓏（武陵清化）、高承楷（建中台醫）、彭昱璟（花中台醫）。取 2 名：陳培儂（武陵清化）、黃致遠（建中台電）。
- 志願就讀化學系學生：江瑛芝（崑山高二年級、成績及格）推薦申請保送台大化學系或成大化學系。
- 第二屆吳健雄科學營學員 10 名：盧子敏、朱如瓏、高承楷、彭昱璟、陳培儂、黃致遠、王永安（竹中台電）、蔡羽書（建中高二）、杜哲嘉（協中高師化）、陳婉瑜。
- 最佳女主角獎 1 名：陳婉瑜（北一女高二）。
- 明日之星獎 1 名：胡立志（建中高一年級）。