

中華民國參加第 30 屆國際化學奧林匹亞 選訓營初選化學試題及參考解答

命題小組
中華民國國際化學奧林匹亞學術委員會

壹、前言

中華民國參加第三十屆國際化學奧林匹亞選訓營初選，已在四月十一日上午，分北、中、南三區，同時在三所師範大學化學系舉行，三區的（到考／報名人數）分別是：北區（50 人/73 人），中區（11 人/11 人），南區（16 人/21 人），即總共 105 人報考，但只有 77 人到考。到考同學中，已在推薦甄選上榜二、三、四類組大學的，在北區有 24 位，中區 8 位，南區 16 位，其餘為高二、高三數理資優班同學。成績依序排列分布在 75 分有明顯的落差，提報化學資優推薦甄選委員會，推薦前 15 名。因此連同來自 86 學年度全國化學能力競賽前二等獎的 7 名及化學資優營的 8 名，共錄取 30 名學員，參加 4 月 20 日起至 5 月 8 日的選拔訓練營。經本初選錄取的 15 名學生中，有三名高二的學生，其中一位獲得跳級參加大學聯考資格，另有兩位未參加資優保送推薦的高三資優班同學。以下將本次初選試題及其參考答案披露，請各界先進不吝指正。

貳、試題

初賽試題卷

一、單選題（每題答對得 2 分，答錯倒扣 0.5 分，共 30 分）

1. 下列何者具有惰性氣體原子的電子組態？

- (A) ${}_{12}\text{Mg}^+$ (B) ${}_{9}\text{F}^-$ (C) ${}_{24}\text{Cr}^{4+}$ (D) ${}_{31}\text{Ga}^{3+}$ (E) ${}_{54}\text{Xe}^+$

2. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ 有兩種異構物，一為綠色，一為紫色，下列有關這兩種異構物性質的敘述，何者正確？

- (A) 這兩種異構物幾何形狀不同，在水中的溶解度也不同
(B) 此兩種異構物的水溶液，一個導電，一個不導電
(C) 就吸收光譜線的波長而言，綠色異構物的比紫色異構物的短
(D) 此兩種異構物的顏色不同，因此可以用焰色檢驗法來區分
(E) 元素分析法可以用來區分此兩種異構物

3. 乙烯是氣體，苯乙烯是液體，下列有關聚乙烯及聚苯乙烯性質的敘述，何者正確？
- (A) 聚苯乙烯的密度比聚乙烯大
 - (B) 聚乙烯的分子量比聚苯乙烯小
 - (C) 聚乙烯及聚苯乙烯分子均具有 π 鍵
 - (D) 聚乙烯及聚苯乙烯的聚合過程都是加成反應
 - (E) 聚乙烯及聚苯乙烯均可裂解成汽油，其中又以聚苯乙烯含苯基，可生成辛烷值較高的汽油
4. 欲從一含有糖及硫酸銅的水溶液中收集硫酸銅，下列那些實驗操作可獲得較純的硫酸銅及較高的產率？
- (A) 將此水溶液濃縮至飽和時，加入食鹽使硫酸銅析出，再過濾收集
 - (B) 將此水溶液濃縮至飽和時，冰浴冷卻使硫酸銅析出，再過濾收集
 - (C) 將此水溶液濃縮至飽和時，加入丙酮使硫酸銅析出，再過濾收集
 - (D) 將此水溶液濃縮至飽和時，加入乙醚使硫酸銅析出，再過濾收集
 - (E) 加入乙醚萃取，並且重複萃取兩三次，將乙醚溶液收集蒸乾
5. 朱棣文博士獲得 1997 年諾貝爾物理獎，他發展的技術能以雷射光將鈉原子（原子序 = 11）冷卻至 $240 \mu\text{K}$ ，而陷捕此鈉原子。在 $240 \mu\text{K}$ 時，就數量級來考量，下列有關的敘述何者正確？（ $1 \mu\text{K} = 10^{-6}\text{K}$ ）
- (A) 此鈉原子的壓力，是今天台北大氣壓力的 10^{-6} 倍
 - (B) 任何物質均是理想氣體，且成靜止狀態，所以可以陷捕原子
 - (C) 此鈉原子動能，是今天台北空氣中任何分子平均動能的 10^{-6} 倍
 - (D) 此鈉原子所含的熱量，是今天台北空氣中任何分子平均熱量的 10^{-6} 倍
 - (E) 與今天台北氣溫的差距，是今天台北氣溫與太陽表面溫度（ 5000K ）差距的 10^6 倍
6. 某生以滴定法分析一未知濃度的鹽酸，得結果如下表

次數	濃度 (M)
1	1.15 ± 0.01
2	1.14 ± 0.01
3	1.16 ± 0.01

若該酸的實際濃度為 $1.00 \pm 0.01 \text{ M}$ ，則下列敘述，那一項對該生實驗結果的描述最為貼切？

- (A) 精確且準確
- (B) 精確但不準確
- (C) 不精確但準確
- (D) 既不精確，也不準確

7. 下表為四種固體 A, B, C, D 的實驗結果, 試問屬於網狀共價晶體的是那一種?

實驗 固體	放少量固體於 水中, 攪拌	放少量固體於 稀硫酸, 攪拌	放少量固體於 蒸發皿後加熱	放少量固體於 稀酸測導電性
(A)	溶解	溶解	液化	加熱熔化時導電
(B)	不溶	溶解	氣化	不導電
(C)	不溶	不溶	無變化	不導電
(D)	不溶	產生氣體後溶解	無變化	導電

8. 下列那一組化合物, 在室溫時能共存?

- (A) $\text{AgNO}_3(\text{aq}), \text{NaCl}(\text{aq}), \text{K}_2\text{CrO}_4(\text{aq})$
 (B) $\text{NO}(\text{g}), \text{NO}_2(\text{g}), \text{O}_2(\text{g})$
 (C) $\text{H}_2(\text{g}), \text{O}_2(\text{g}), \text{N}_2(\text{g})$
 (D) $\text{CO}(\text{g}), \text{CO}_2(\text{g}), \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$

9. 國際間原定公元 2000 年起, 各工業國家全面禁止使用含有氟與氯的碳氫化物作為冷媒, 其實已在 1996 年提前實施, 其主要的用意是為了保護大氣層中, 下列那一種氣體的同素異形體?

- (A) 氮 (B) 氧 (C) 氫 (D) 氫 (E) 二氧化碳

10. 核子醫學常用 ^{131}I (半衰期 8 天), 作為診斷及治療甲狀腺瘤, 而不用 ^{14}C (半衰期 5560 年) 來作這些工作。下列那項敘述是錯誤的?

- (A) 同位素 ^{131}I 能放出穿透性較強的 γ 射線, 可在人體外面檢查; ^{14}C 只能放出 β 射線, 無法在人體外檢出
 (B) 使用半衰期較短的同位素, 在人體內所需的劑量較少, 使用半衰期較長的同位素, 在人體內所需的劑量較多
 (C) 放射性衰變速率與半衰期成比例關係。在同一時間, 原子數相同的 ^{131}I 及 ^{14}C 相比, ^{14}C 衰變數較多

11. 若原子序 88 的鐳元素的電子組態為 2, 8, 8, 18, 32, 18, 8, 2, 試問下列與鐳同族的鹼土金屬, 那一項之原子序是錯誤的?

- (A) 鈹 4 (B) 鎂 12 (C) 鈣 20
 (D) 鋇 38 (E) 銦 70

12. 要分析受二氧化硫污染的空氣。將試樣 100 升通入雙氧水 (100 毫升) 的吸收瓶中後, 以 0.01 M 氫氧化鈉標準溶液滴定吸收瓶中的溶液, 結果用去 10 毫升氫氧化鈉溶液時達到中和。試問此污染空氣 1 升中含有二氧化硫多少毫克? ($S=32.06$)

- (A) 1.6×10^{-2} (B) 3.2×10^{-2} (C) 1.6×10^{-4} (D) 3.2×10^{-4}

13. 甲烷，二氧化碳，水的莫耳生成熱，分別為 74.5 KJ，394 KJ，286 KJ。試問甲烷 1 莫耳的燃燒熱為多少 KJ？

- (A)445 (B)669 (C)891 (D)1338

14. 試問下列那一種胃酸制劑（每 1 克）能中和最多的 0.01M 胃酸（HCl）？

- (A)MgO (B)Mg(OH)₂ (C)Al(OH)₃ (D)Al₂O₃

- (E)CaO (F)Ca(OH)₂

15. 以純水沖稀了濃鹽酸，用以配製濃度為 10^{-8} M 的 HCl 水溶液，試問其 pH 值約為何？

- (A)8 (B)7~8 (C)6~7 (D)6

二、雙選題（注意：每題均要選兩個正確的選項，答對一項得 1.5 分，答錯一項倒扣 0.5 分，共 15 分）

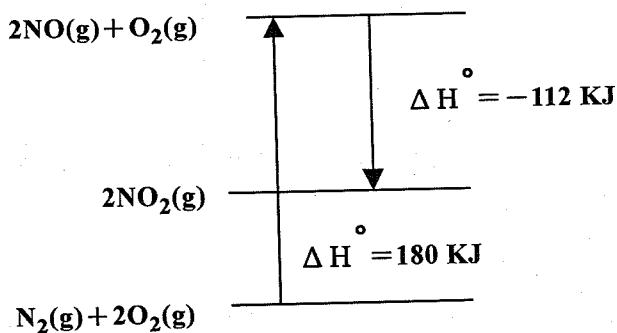
16. 下列有關王水的敘述，何者正確？

- (A)王水是目前所知水溶液中最強的酸
(B)王水可溶金，主要是因純金在王水中可被氧化
(C)王水可溶金，主要是因純金與 H^+ 反應的結果
(D)王水可溶金，是因王水中的氯離子有助於形成金的錯離子
(E)正常配製的王水中含有 $[H^+] = 10M$ ， $[NO_3^-] = 4M$ ， $[Cl^-] = 9M$

17. 下列有關拉午耳定律的敘述，何者正確？

- (A)拉午耳定律適用於任何濃度的溶液
(B)一個理想溶液的溶質蒸氣壓隨溶質的莫耳分率濃度成正比的增加
(C)一個理想溶液之溶質與溶劑的蒸氣壓相同時的莫耳分率濃度為 0.5
(D)在密閉容器中，一個理想溶液的溶質莫耳分率濃度與其蒸氣中溶質的莫耳分率濃度相同
(E)一個遵守拉午耳定律的溶液，其中揮發性較大的物質的莫耳分率濃度愈大，溶液蒸氣壓也愈大

18. 下圖表示氮與氧及一氧化氮與氧反應的反應熱變化：



下列有關此二反應的敘述何者正確？

- (A) 氮氣氧化成二氧化氮是吸熱反應
- (B) 二氧化氮的莫耳生成熱是 68 KJ/mol
- (C) 溫度升高時， NO_2 生成的反應速率比 NO 生成的反應速率大
- (D) 此二反應是造成都市光煙霧的主要原因
- (E) 此二反應在地球大氣的對流層中經常發生，會升高溫室效應

19. 在 47°C ， 7 atm 時，氮的莫耳體積比理想氣體小 10% 。試問在 47°C ， 7 atm 時，

下列那些氮之性質與此現象有關？

- (A) 氮分子平均運動速率比理想氣體小 10%
- (B) 氮分子間無法進行完全彈性碰撞
- (C) 氮分子間的作用力比理想氣體大
- (D) 氮分子無法維持直線運動
- (E) 會有 10% 的氮分解成氮及氫。

20. 在工業上，下列那兩種物質是以空氣為原料所製得的？

- (A) 鋁 (B) 氮 (C) 汽油 (D) 硝酸 (E) 水泥 (F) 聚乙烯

三、申論題與計算題（共 4 題，共 55 分）

1. 假定以 A 至 R 的 18 個英文字母代表原子序 1 至 18 的元素符號（注意：A, B, C, ... 的順序與原子序無關，也與真正的元素符號無關），試由下列相關提示，決定代表原子序為 3, 8, 9, 12, 16 的元素符號。（15 分）

下表為元素週期表的一部分：

1							2
3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18

提示 1：G,H,I,K,M,N,O,R 的中文元素名稱具有「气」字頭。

提示 2：B,C,F,L,Q 的中文元素名稱帶有「石」字旁。

提示 3：E,J 為鹼土金屬。

提示 4：H,I,K 為同族元素,其中的 H 廣用於填充燈管做為夜間信號燈，或廣告招牌，而 I 的原子核具有兩個質子。

提示 5：C 與 D 同族，而 D 係在地殼中存量最豐富的金屬元素。

提示 6：G 與 O 同族，是在週期表中唯一只有兩種同族氣體的元素，而且 G 的電負度比其左鄰的氣體元素 N 以及右鄰的元素都大。

提示 7：R 與 A,P 同族，而 R 的單體在標準狀態為氣體。

提示 8：F 與 M 同族，而 M 為蛋白質中不可或缺的元素。

提示 9：B 與 Q 同族，兩者在地球上的存量均相當豐富，但只有 B 與生物體有直接關係，且其化合物非常多。

提示 10：在常溫，A 的比重 0.53，而 P 的比重 0.978。

提示 11：若比較第一游離能，則 J 比 A,P,E 都大，但小於 C。

2. (甲) 121.53 nm、(乙) 656.28 nm、(丙) 1875.09 nm 分別是氫原子三個不同的光譜系中波長最長的譜線。(1 nm = 10^{-9} m)

(a)波耳導出氫原子之電子在軌道中的能量為 $E_n = -2.18 \times 10^{-18} \text{ J/n}^2$ 。試計算上述三譜線中何者是電子回到基態 ($n = 1$) 所產生的？

$$(c = 2.998 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) \quad (7 \text{ 分})$$

(b)依能量比例繪出產生這三條譜線的相關能階及電子躍遷。(6 分)

3. 假設有一文化很高的地區，與我們現行的科學有著不同的「量子世界」，其所使用的四個量子數為 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ ，而其建立週期表的規則如下：

$$\alpha = 1, 2, 3, 4, 5 \dots\dots$$

β 只允許奇數值，且 $\beta \leq \alpha$ 。

γ 為一介於 $-\beta$ 至 $+\beta$ 間的偶數值 (0 視為偶數值)

$$\delta \text{ 只為 } -\frac{1}{2} \text{ 或 } +\frac{1}{2} \text{。}$$

試仿倣我們現在所使用的週期表的建立方式，回答下列各問題：

(a) 畫出該高文化地區所用週期表前四週期 (以原子序標示)。(4 分)

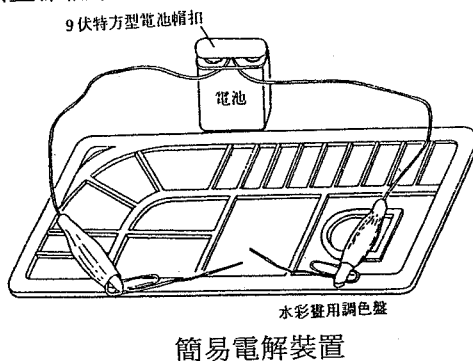
(b) 所用週期表，那些原子序的活性最小，屬於惰性氣體 (4 分)

(c) 以原子序各舉出一離子化合物 AB 及 XY_2 (以原子序標示)。(4 分)

4. 在一般教室的課桌上，有點滴瓶 8 個，分別裝滿下列化合物（3 mL，除了純水之外，其餘均為 0.10 M 的水溶液）：

鹽酸 亞硫酸 碘化鉀 氫氧化鈉
 硫酸 硫酸鈉 氯化鈉 純水

桌上尚有「高中化學實驗手冊」第三冊，實驗九的簡易電解裝置一套如圖所示（電極一為鉑絲，另一為迴紋針），以及蒸餾水 1 瓶，吸管 3 支，與面紙 1 包。試自行設計一實驗流程，用以檢驗並確認各點滴瓶內的物質，以化學式表示之。 (15 分)



參、參考解答：

一、單選題（每題答對得 2 分，答錯倒扣 0.5 分，共 30 分）

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
答案	B	A	D	C	C	B	C	C	B	C	E	B	C	D	C

二、雙選題（每題均要選兩個正確的選項，答對一項得 1.5 分，答錯一項倒扣 0.5 分，共 15 分）

題號	16	17	18	19	20
答案	BD	BE	AD	BC	BD

三、非選擇題（作答必須標明題號）（共 4 題，共 55 分）

1. (15 分)

1	R	2	I												
3	A	4	J	5	C	6	B	7	M	8	N	9	G	10	H
11	P	12	E	13	D	14	Q	15	F	16	L	17	O	18	K

答：

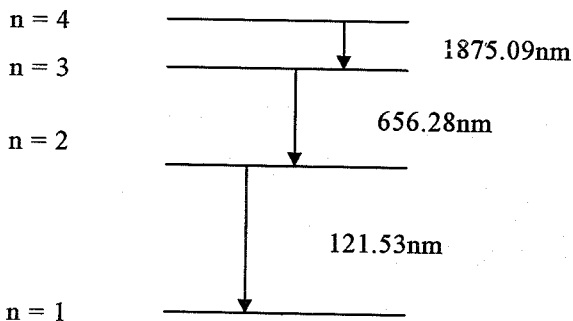
原子序	3	8	9	12	16
元素代號	A	N	G	E	L

2.(13 分)，陳竹亭教授提供

(a) $h\nu = hc/\lambda = E_H - E_L = 2.18 \times 10^{-18} (1/n_L^2 - 1/n_H^2)$

$n_L = 1$ (基態), $n_H = 2$ (波長最長的譜線), $\lambda = 121.5 \text{ nm}$

(b)



3.(12 分)，方泰山教授提供

(a)

1							2
3							4
5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20

(b) 2, 4, 12, 20

(c) AB : (1, 3, 5, 13) 和 (11, 19)

及或 (6, 14) 和 (10, 18)

即或 (7, 15) 和 (9, 17)

之組合，如 1-10, 6-10, 7-9

至於 XY_2 即 $X^{2+}Y^{1-}_2$, (6, 14) 和 (11, 19) 之組合

如 6-(11)₂

4.(15 分)，蕭次融教授提供

(1) 試樣八種，分別各滴下 1 滴於調色盤上，用簡易電解裝置（鉑絲連於正極，迴紋針

連於負極)，分別電解每一滴兩秒鐘（步驟 1）。除了有一滴很難看出產生氣泡，以及有一滴產生黃褐色，甚至固狀顆粒外，其餘各滴在其兩極均能見到氣泡。前者為純水（ H_2O ），產生黃褐色者，為 KI，



(2)在調色盤的相鄰兩格，各滴下 10 滴 KI，並以一細條面紙跨過兩格供做鹽橋，電解約 30 秒鐘，見有相當多的黃褐色碘液後，以空白的吸管吸入黃褐色溶液。

(3)於調色盤上每隔約 1 公分，滴下上述黃褐色碘液共 6 滴後，分別滴下 1 滴未知試樣於碘液上（步驟 3）。只有兩滴褪色：一為碘液還原，另一可能為碘的自身氧化還原；前者必為亞硫酸（設為 X），反應式(2)；後者為鹼性的氫氧化鈉。



(4)分別電解尚未決定的四種試樣，吸取其陽極產物，滴於碘化鉀的溶液一滴上。產生黃褐色的是 HCl 或 NaCl，無變化的是 H_2SO_4 或 Na_2SO_4 。

(5)電解步驟 4 的未變色溶液任一試樣，



以另一吸管吸取上述反應的陽極產物（酸），滴入步驟 3 的兩個褪色為無色的兩滴（分別滴），又見黃褐色復現的一滴者（原為 NaOH），仍為無色的（原為 Na_2SO_4 ）。

(6)利用反應式(3)，可分別酸性與中性，酸性者可使因自身氧化而褪色的碘，又現黃褐色。

步驟流程：

