

九十學年度全國高級中學化學科能力競賽 決賽試題

國立臺灣師範大學 化學系

壹、筆試一

選擇題：選擇適當的答案，並以其代碼填寫到答案卷上號碼相應的【】中，請注意題號！答對一格得三分，答錯倒扣一分。 (60%)

題組 1 3

已知有三物質：元素 X、元素 Y、及 X 和 Y 所形成的化合物 Z，其中 X 原子 M 的電子層具有 2 個價電子，而 Y 原子的 M 的電子層具有 7 個價電子，試回答下列 1~3 各題。

- 試從下列選項中分別選一數字相當於 X、Y 的原子序。 X【1】、Y【2】
(A) 4 (B) 7 (C) 9 (D) 10 (E) 12 (F) 13
(G) 15 (H) 17
- 化合物 Z 的化學式是下列選項中哪一個？【3】
(A) MgO (B) NaF (C) NaCl (D) KCl
(E) MgCl₂ (F) CaF₂ (G) Al₂O₃
- 元素 X、元素 Y 的純質及化合物 Z 所含的原子之間，分別以何種化學鍵結而結合在一起的？試從下列擇一最適當的選項，同一答案可重複選擇。
X 的純質【4】、Y 的純質【5】、化合物 Z【6】

(A) 離子鍵 (B) 共價鍵 (C) 金屬鍵

- 下列各現象敘述內容與其最有相關的專有名詞間的配對上，何者正確？【7】

現象敘述：(P) 醃製泡菜時，在蔬菜上灑鹽後靜置，水會從蔬菜跑出來。

(Q) 在雪地上灑上氯化鈉防止道路結冰。

(R) 一家烤肉，萬家香。

專有名詞：(a) 吸附 (b) 潮解 (c) 滲透壓
(d) 凝固點下降 (e) 擴散

(A) Pa, Qb, Rc (B) Pb, Qc, Rd

(C) Pc, Qd, Re (D) Pd, Qe, Ra

- 下列各現象的敘述中，哪一個畫線的部份是錯誤的？【8】

(A) 因為活性碳的表面積大，可有效吸附有色分子，所以實驗室常用活性碳作為脫色劑。

(B) 因為油污會被清潔劑分子水解而變得易溶於水，所以一般家庭常用清潔劑去除油污。

(C) 打針前在皮膚上擦拭酒精時，因為汽化熱的關係而會感到冰涼。

(D) 在河流的出海口，微細的泥巴常易沈積而形成三角洲，這是膠體溶液的凝聚現象之一。

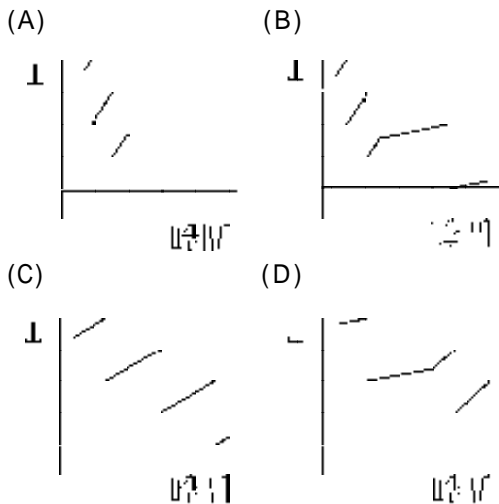
(E) 蒸煮的魚汁放入冰箱的冷藏庫而固化，這是動物性膠質溶液的膠化現象。

6. 二個原子 $^{14}_6\text{C}$ 和 $^{16}_8\text{O}$ 中下列那一項數值相等？【9】

- (A) 質量數 (B) 質子數 (C) 中子數
(D) 電子數 (E) 原子序

7. 在一大氣壓下純水從常溫下開始緩緩冷卻，直到全部凍結為止，以冷卻時間和溫度作關係圖，下列那一個圖最正確？

【10】



8. 下列有關從混合物中分離某物質的各實驗操作，各有一最相關的方法或物質【(a) ~ (e)中選一】，則哪一答案組合正確？【11】
- 甲、利用乙醚分離溶於水中微量的 1 - 丁醇。
- 乙、冷卻飽和的硝酸鉀水溶液，以便分離硝酸鉀。
- 丙、由甲醇水溶液分離甲醇。
- 丁、由食鹽和蔗糖的混合水溶液除去食

鹽。

- a、蒸發 b、蒸餾 c、萃取
d、再結晶 e、離子交換樹脂

選項	甲	乙	丙	丁
(A)	a	b	c	d
(B)	b	a	d	e
(C)	b	d	a	e
(D)	e	b	a	c
(E)	e	d	b	c
(F)	e	d	a	b

題組 9 15

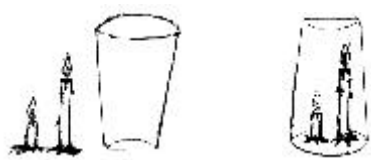
試從下列專有名詞中擇一最適當者，分別以代碼填入各問題的【】內作答。

- (A) 甲烷、(B) 乙烷、(C) 丙烷、(D) 丁烷、
(E) 水玻璃、(F) 硼玻璃、(G) 強化玻璃、
(H) 鈉玻璃、(I) 果糖、(J) 阿斯巴糖、
(K) 寡醣、(L) 肝糖、(M) PE (聚乙烯)、
(N) PS (聚苯乙烯)、
(O) PVC (聚氯乙烯)、(P) Nylon (耐綸)、
(Q) 陶瓷、(R) 植物纖維、(S) 消炎劑
9. 衛生餐具的樹脂材料(保麗龍、polyron)為【12】。
10. 一般超市的購物袋乃以【13】為材料製成的。
11. 市販的打火機內裝有液化的化合物主要成分為【14】。
12. 市販的大桶裝瓦斯裝有液化的化合物主要成分為【15】。
13. 女性絲襪的主要原料為【16】纖維。
14. 電視的飲料廣告中，oligo 或 mini-oligo 指的是什麼東西？【17】

15. 電磁爐上加熱烹飪用的玻璃器皿屬哪一種類？【18】

16. 假設有一長一短的兩根材質粗細相同的蠟燭和大玻璃杯，長、短蠟燭長度分別為玻璃杯高度的 $\frac{2}{3}$ 與 $\frac{1}{3}$ ，如下圖所示，今用大玻璃杯蓋上並排點燃的兩根蠟燭，發現蠟燭會逐漸熄滅，且長蠟燭較短蠟燭先熄。試問下列哪一敘述最能合理解釋該現象？【19】

- (A) 玻璃杯內的空氣逐漸消失殆盡。
 (B) 同溫同壓下，二氧化碳的比重較空氣大。
 (C) 同溫同壓下，二氧化碳的比重較空氣小。
 (D) 燃燒造成空氣對流，二氧化碳的比重變得較空氣大。
 (E) 燃燒造成上下溫差，二氧化碳的比重變得較空氣小。



17. 燃料的莫耳燃燒熱是每莫耳燃料完全燃燒時所放出的熱量。下表為一些常見的莫耳燃燒熱，其中液態氫是最適合用來當作火箭推進的燃料，其主要的原因可能是？【20】

- (A) 分子量最小
 (B) 莫耳燃燒熱最大
 (C) 單位重量燃燒熱最大
 (D) 容易液化，方便攜帶。

燃料	分子量(g/mol)	莫耳燃燒熱(kcal/mol)
氫氣	2	68
甲烷	16	208
丙烷	44	-526
乙烷	46	-328
液態氫	226	2515

說明題：(40%)

有關實驗室製備氣體的問題。試回答下列各題。

- 實驗室製備氣體所用的稀硫酸，常以市售的濃硫酸(98.0%，1.80 g/mL)稀釋來調製。
 - 試計算市售濃硫酸的莫耳濃度(mol/L)。
 - 欲調製3mol/L的稀硫酸溶液1L，需要上述的濃硫酸多少mL？
 - 試寫出此稀釋的操作及其注意事項。
- 依指示說明實驗室製備(1)NH₃、(2)O₂、(3)H₂、(4)Cl₂、(5)CO₂各氣體的方法，說明順序按(A)~(E)依序詳記。(A)必要的試劑(從I群的試劑中選用)、(B)實驗操作需加熱與否、(C)收集氣體的方法(從II群的方法中選用)、(D)氣體的性質(從III群的氣體性質中選用)、(E)化學反應式

[I群：試劑]

- (a) 二氧化錳、(b) 氯化鈉、(c) 氯化銨、
 (d) 氫氧化鈣、(e) 碳酸鈣、(f) 雙氧水、
 (g) 金屬銅、(h) 金屬鋅、(i) 稀鹽酸、
 (j) 濃鹽酸、(k) 稀硫酸、(l) 濃硫酸、
 (m) 稀硝酸、(n) 濃硝酸

〔II群：收集氣體的方法〕

- (a) 排水集氣法、(b)向上排氣法、
(c)向下排氣法

〔III群：氣體的性質〕

- (a) 產生無色無臭的氣體，有助燃性。
(b) 產生無色氣體，但一觸空氣即變成褐色。
(c) 產生無色無臭的氣體，該氣體是所有氣體中最輕者。
(d) 產生無色無臭的氣體，通入澄清的石灰水中，則呈白濁。
(e) 產生無色具有刺激臭的氣體，該氣體靠近濃氨水，則產生白煙。
(f) 產生無色具有刺激臭的氣體，該氣體易溶於水呈鹼性。
(g) 產生無色氣體，在空氣中燃燒該氣體，產生多量的黑煙灰。
(h) 產生刺激臭的褐色氣體，溶於水，則呈強酸性。
(i) 產生刺激臭的黃綠色氣體，該氣體的水溶液具有漂白作用。
(j) 產生無色具有刺激臭的氣體，該氣體通入於硫化氫的水溶液，則呈白濁。
(k) 產生臭蛋味的氣體，通入硝酸鉛溶液，則產生黑色沉澱。

貳、筆試二

一、選擇題(每題3分，共60分；每題有一個正確答案)

- () 1. 丙烯與溴在四氯化碳溶液混合後，顏

色褪去可得下列何種產物？

- (A)1- 溴丙烷 (B)2- 溴丙烷 (C)1,3 二
溴丙烷 (D)1,2 二溴丙烷。

- () 2. 丙烯與氫氣在金屬的催化劑作用下，
可得何種化合物？

- (A)丙醇 (B)丙烷 (C)丙酸 (D)丙炔。

- () 3. 苯與溴在溴化鐵的催化下反應可以得
到溴苯(C_6H_5Br)，此反應屬於何種反
應？

- (A)加成反應 (B)脫去反應 (C)取代反
應 (D)氫化反應。

- () 4. 苯與硝酸在硫酸的催化作用下可以得
到硝苯($C_6H_5NO_2$)，此反應屬於何種
反應？

- (A)氧化反應 (B)加成反應 (C)脫去反
應 (D)取代反應。

- () 5. 有關甲烷與氯氣反應可得到氯甲烷之
反應的敘述，下列何者錯誤？

- (A)另一產物為氯化氫 (B)需要照光
(C)為加成反應 (D)需要加熱。

- () 6. 下列有關催化劑的敘述，何者錯誤？

- (A)催化劑可與反應物形成位能較低
的活化複體。

- (B)催化劑可改變生成物之產率。

- (C)催化劑可改變反應途徑。

- (D)反應結束後催化劑質量沒有改
變。

- () 7. 已知鉛蓄電池之陰極為 PbO_2 ，陽極
為 Pb ，電解液為濃硫酸，下列敘述
何者錯誤？

- (A)電池放電時 PbO_2 被還原為 $PbSO_4$

- 。物溶於水呈鹼性。
- (B) 放電時 Pb 被氧化成 $PbSO_4$ 。
- (C) 充電時為放電時之逆反應。
- (D) 充電時硫酸濃度降低。
- () 8. 下列有關氧化數(Oxidation number)的敘述，何者錯誤？
- (A) 氧化物中氧元素的氧化數為 -2。
- (B) 氫與非金屬元素化合時，其氧化數為 +1。
- (C) 任何原子最大氧化數為其價電子數。
- (D) 元素態的物質其原子之氧化數為零。
- () 9. 下列有關氧化劑與還原劑之敘述何者錯誤？
- (A) H_2O_2 為還原劑產生 O_2 。
- (B) X^- 為氧化劑產物為 X_2 。
- (C) H_2S 為還原劑產物為 S。
- (D) MnO_2 為氧化劑產物為 Mn^{2+} 。
- () 10. 把鋅片置入硫酸銅溶液中，鋅片會消失而析出銅，且硫酸銅溶液的顏色會消失。利用此反應來做成一個電池時，下列敘述何者為錯誤？
- (A) 鋅片為陽極，發生氧化反應。
- (B) 銅片為陰極，發生還原反應。
- (C) 電子流由銅極流向鋅極。
- (D) 正離子流向陰極。
- () 11. 下列有關「金屬」性質之敘述，何者錯誤？
- (A) 過渡金屬為電與熱的導體。
- (B) 鹼金屬價電子組態為 ns^1 ，其氧化
- (C) 鹼土金屬之金屬鍵較鹼金屬弱。
- (D) 過渡元素大都具有多種氧化態。
- () 12. 有關鋁之製備何者有誤？
- (A) 利用郝耳發明的電解法。
- (B) 電解槽內襯石墨作為陰極。
- (C) 槽內碳棒作為陰極。
- (D) 電解熔融的氧化鋁及冰晶石 (Na_3AlF_6)。
- () 13. 有關鐵之敘述何者錯誤？
- (A) 地球核心之主要成份。
- (B) 鐵之化性活潑具強還原性。
- (C) 為最具磁性之物質。
- (D) 冶鐵時用的鼓風爐，使用灰石為還原劑。
- () 14. 有關氟元素之應用，何者錯誤？
- (A) 在自來水中加入氟氣體可以預防齲齒。
- (B) 四氟乙烯的高分子聚合物稱為 (Teflon)，為抗化性物質。
- (C) 六氟化鈾氣體用於鈾同位素分離。
- (D) 氟氯碳烷(Freon)作為冷媒，會破壞臭氧層。
- () 15. 下列有關磷之敘述何者錯誤？
- (A) 磷酸(H_3PO_4)為三質子酸。
- (B) 亞磷酸(H_3PO_3)為三質子酸。
- (C) 磷酸可做磷肥。
- (D) 兩個磷酸分子脫去一分子水，可得焦磷酸($H_4P_2O_7$)。
- () 16. 有關矽之製備何者有誤？

- (A)工業上以石墨還原熔融的白砂。
(B)實驗室中則以鎂或鋁當作還原劑。
(C)矽與氯作用產生四氯化矽液體。
(D)以金屬鈉來還原四氯化矽可得純矽。
- (C)在攝氏 25 時，中性溶液的 pH 等於 7。
(D) pH 值可以為負數。
- 二、多重選擇題(全對者每題得 5 分，共 40 分)
- () 17. 有關氯之含氧酸何者有誤？
(A) 氧化數最小的為次氯酸(HClO)。
(B) 次氯酸是強酸及強氧化劑。
(C) 氯酸(HClO₃)之水溶液為強酸。
(D) 過氯酸(HClO₄)鹽類之氧化力強可作爆炸物。
- () 18. 有關稀有氣體之敘述何者錯誤？
(A) 氫氣可由天然氣中分離出來。
(B) 氬氣可由液態空氣中分餾而得。
(C) 氬氣可作為燈泡之充填材料。
(D) 氙氣可用來稀釋氧氣避免潛水病。
- () 19. 有關一般汽車使用的觸媒轉化器(catalytic converter)，下列敘述何者錯誤？
(A) 可將一氧化碳及未燃燒的碳氫化合物氧化成二氧化碳及水。
(B) 可將氮的氧化物還原成氮氣。
(C) 通常使用過渡金屬之氧化物及鈀鉑等。
(D) 對所有汽油皆為有效。
- () 20. 有關溶液酸鹼度 pH 值之敘述何者錯誤？
(A) 可測得任何溶液之酸鹼強度。
(B) 酸性溶液的 pH 值小於 7。
(C) 臭氣(O₃)會吸收太陽的紫外線。
(D) 非金屬氧化物溶於水呈鹼性。
(E) 臭氣是強氧化劑可作飲水之殺菌劑。
- () 1. 有關於氧之敘述何者正確？
(A) 氧為地殼中含量最多的元素。
(B) 大氣對流層中之氧以 O₂ 為主。
(C) 臭氣(O₃)會吸收太陽的紫外線。
(D) 非金屬氧化物溶於水呈鹼性。
(E) 臭氣是強氧化劑可作飲水之殺菌劑。
- () 2. 下列離子中與 Ar 相同電子組態者有那些？
(A) Fe³⁺ (B) Ca²⁺ (C) K⁺ (D) Cl⁻
(E) Ti³⁺。
- () 3. 有關電子組態之敘述正確的有那些？
(A) 每個原子只有一個電子組態。
(B) 電子優先佔有低能階的軌域。
(C) 3d 能階小於 4s。
(D) 同軌域內電子自旋相反。
(E) 當數個電子佔據相同能階之軌域時，可有最多數自旋方向相同的電子。
- () 4. 下列有關鹵素之敘述正確的有那些？
(A) 鹵素之氧化力隨原子序增加而遞減。
(B) 溴可以使氯離子氧化。
(C) 與金屬反應時，金屬被氧化。
(D) 與非金屬反應時則共用電子。

- (E) 氟分子鍵能最大。
- () 5. 有關鹼金屬之敘述有那些正確？
- (A) 電解食鹽水陰極可得氫氧化鈉。
- (B) 電解熔融的氯化鈉，陰極可得鈉。
- (C) 鉀比鈉活潑。
- (D) 可用液態鈉還原鉀離子來製鉀。
- (E) 鉀、鈉皆可與氧氣反應形成超氧化物(KO_2 ， NaO_2)。
- () 6. 下列那些方法可以增加反應速率？
- (A) 增加溫度。
- (B) 增加反應之濃度。
- (C) 增加接觸面積。
- (D) 加入催化劑。
- (E) 反應物分壓加大。
- () 7. 有關酸雨之敘述何者正確？
- (A) 酸雨之來源為硫及氮之氧化物。
- (B) 酸雨可與土壤中之氧化鋁反應產生有害之鋁離子。
- (C) 酸雨可腐蝕大理石。
- (D) 要減少酸雨就要少用化石燃料。
- () 8. 有關烷類之反應何者正確？
- (A) 烷類可以和強氧化劑如高錳酸鉀反應。
- (B) 甲烷與硝酸在高溫加熱可得硝甲烷。
- (C) 正丁烷在高溫下行脫氫反應得到1-丁烯。
- (D) 丙烷與氯反應，可得四種二氯丙烷異構物。

參、筆試三

一、單一選擇題：(每題3分、共30分)

- () 1. 有一硫酸溶液比重為 1.18、而其體積摩耳濃度為 3.0 M；則此硫酸溶液的重量百分率濃度為：(1) 10%；(2) 30%；(3) 15%；(4) 25%。
- () 2. 空氣大約含 80% 的氮氣與 20% 的氧氣(以摩耳為基準)。在 1atm 與 0 °C 下有一 22.4 公升的容器裝滿著空氣樣本，若將 6.0 克的氫氣裝入此容器中，而溫度維持不變；則最後混合氣體的平均分子量為：(1) 17.4；(2) 8.70；(3) 7.95；(4) 34.8 g/mole。
- () 3. 兩容器分別裝有氫氣體(原子量為 40g/mole)與氖(原子量為 20g/mole)氣體。氫容器的絕對溫度值為氖容器的二倍，而氫氣的密度卻為氖氣的一半；則兩容器氣體的壓力比 $P_{\text{Ar}} / P_{\text{Ne}}$ 為：(1) 0.50；(2) 2.0；(3) 1.0；(4) 0.25。
- () 4. 下列那一個敘述是錯誤的？(1) 將含有 MnO_4^- 與 Mn^{2+} 的溶液加熱則產生 MnO_2 沉澱。(2) BaCO_3 會溶解在酸性溶液中，而 BaSO_4 則否。(3) MgO 、 BeO 均可溶解在鹼性溶液中。(4) Hg^{2+} 和 Zn^{2+} 離子均可以與硫離子形成沉澱， ZnS 會溶解在酸性溶液中，而 HgS 則否。

() 5. 在 25 °C、1 atm 下：

反應	生成熱 (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-2220.8
$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 3.5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-1025
$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 3.5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-1301.8
$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-2621.6

丙烷 C_3H_8 燃燒生成 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 、 $\text{CO}_2(\text{g})$ ；其生成熱為：(1) -2220.8；(2) -1025；(3) -1301.8；(4) -2621.6 kJ/mol。

() 6. 下列物質依融點由小至大排列，何者為正確：(1) C(鑽石)、 C_{10}H_8 、 AlPO_4 、LiI；(2) C_{10}H_8 、 AlPO_4 、LiI、C(鑽石)；(3) C_{10}H_8 、LiI、 AlPO_4 、C(鑽石)；(4) C_{10}H_8 、C(鑽石)、LiI、 AlPO_4 。

() 7. 下列敘述何者是錯誤的？(1) 烯類能與 H_2 、HCl、 Br_2 發生加成反應。(2) Br_2 可用來滴定環己烯 C_6H_{10} ；(3) 烯類在酸性溶液中可被過錳酸鉀氧化。(4) 將氯氣通過海水可製得溴。

() 8. 鈉原子從 3P 軌域回到 3S 時，可以觀察到 5890Å 與 5896Å 兩條光線；其原因為：(1) 實驗誤差；(2) 原子內部次粒子的作用；(3) 電子在軌域運行時，自旋方向不同；(4) 科學家仍未找出原因。

() 9. 同位素的混合物(如 U-238、U-235) 分離，下列何者敘述是錯誤的？(1) 可藉擴散方式分離；(2) 氣體離心方式分離、(3) 可藉著化學反應的發生與否來分離；(4) 將同位素變成帶

正電離子，通過一加速電場後來分離。

() 10. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 在酸性溶液中與 KMnO_4 作用會生成：(1) CH_3COOH ；(2) CH_3CHO ；(3) $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ；(4) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ 。

二、問答與計算：(共70分)

- 離子化合物在水中的溶解度通常依靠兩種能量(或作用力)因素而決定。 LiClO_4 與 CsClO_4 在 100 克水中的溶解度分別為 60 克與 2 克，試分析此兩種能量對 LiClO_4 、 CsClO_4 溶解度的相對影響。(8%)
- 理想氣體與真實氣體的狀況有所不同，理想氣體方程式為 $PV=nRT$ ，而真實氣體的方程式(凡得瓦方程式)為 $[P + a(n/V)^2][V - nb] = nRT$ ；a、b 為常數、依不同氣體而定。真實氣體到底與理想氣體有那些不同而須作此修正？而 $(+ a(n/V)^2)$ 、 $(- nb)$ 所代表的意義又為何？試說明之！(10%)
- 試用「路以士電子點式」來表示 NO_2^- 、 NO_2^+ 的結構，並比較其鍵角大小且說明理由！(10%)
- $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的溶度積常數為 2×10^{-39} ，試求氫氧化鐵在純水中的溶解度。(8%)
- 有一杯純水置於空氣中，大氣中的二氧化碳會溶入水中，使水的 pH 值變小。試寫出 (a) 所有的反應方程式(物質必須寫出其所處狀態)，(b) 反應常數與其表示式。(9%)
- 繪出 C_6H_{12} (除了光學與三環異構物外) 的

異構物。(8%)

7. 寫出下列反應的主要產物：(9%)

甲、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HBr}$

乙、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow[180]{\text{濃硫酸}}$

丙、 $\xrightarrow{\text{濃硫酸}}$

8. 試分離硝酸鉛、硝酸鎂、硝酸鋇混合溶液中的陽離子。(8%)

肆、筆試四

- 食物中的水分子在微波照射下發生旋轉，這種分子運動所產生的摩擦力可加熱食物。請問是水分子的何種性質與微波的振動電場作用而造成其發生旋轉？(6 分)
- 請解釋為何三氯甲烷(CHCl_3)的分子偶極矩較三氯氟甲烷(CFCl_3)的大？(6 分)
- 韓國大宇電子最近推出一款新型的免用洗衣粉的洗衣機，號稱比傳統的洗衣機更具洗淨力。這款洗衣機的奧秘，在於水龍頭內加裝了電解器，再透過電解水中的不同離子，將衣服上的污物和細菌去除(民視新聞，2001-12-16)。請問是何種物質達成清除油垢的作用？(6 分)
- 市面上銷售的熱敷袋內所裝的液體是醋酸鈉之過飽和水溶液。使用時僅需輕壓熱敷袋內的金屬片以引發醋酸鈉結晶而放熱；再生時則僅需將已固化的熱敷袋置入熱水

中(或以微波加熱)直至全部晶體溶解後，取出冷卻至室溫即可再次使用。請問此熱敷袋的原理為何？(6 分)

- 臭氧(O_3)的含量雖僅佔大氣層的千萬分之一，但它在平流層(stratosphere)中會吸收有害的紫外光，對地球有著極重要的保護作用。請問 O_3 的分子形狀為何？其氧原子的鍵結情形為何？(9 分)
- 氫鍵是否應被稱為一種鍵？它與共價鍵有何相似或不同之處？(6 分)
- 在匹茲堡(Pittsburgh)的一棟摩天大樓，為避免萬一火災時支柱因受熱而扭曲變形，故在其中空的支柱中灌滿了水。並在此水中加入碳酸鉀以防止在冬天時水因冷而結冰。若此 K_2CO_3 水溶液的重量百分比是38%，請問其凝固點為何？(12 分)
- 在拿破崙攻打俄國時，當溫度低於18時，俄軍制服上的錫鈕扣就會掉落。這是因為錫發生了下列的反應：(6 分)

$$\text{Sn}_{(\text{白色金屬})} \rightleftharpoons \text{Sn}_{(\text{灰色粉末})}$$
 請問這是一個吸熱或放熱的變化？
- 硫酸鋇(BaSO_4)的鋇雖然有毒性，但因其溶解度極小，故仍被作為測胃部X-光片時的顯影劑。已知 BaSO_4 的莫耳溶解度為 $3.87 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ，請計算其 K_{sp} 。(12 分)
- 下列元素請依其電子親和力由低至高排列：C, Si, N, O, S (6 分)
- 下列何種化合物具離子鍵？何者具共價鍵？(12 分)

(a) HF (b) LiF (c) PCl_3 (d) CaBr_2

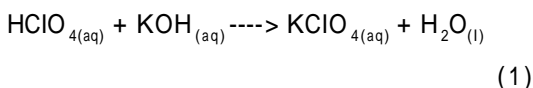
12. 下列分子或離子的中心原子的混成軌域為何？(12 分)

- (a) BCl_3 (b) PCl_3 (c) SO_4^{2-} (d) CO_2

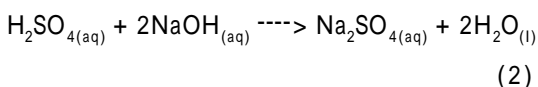
伍、實作實驗(一)：硫酸與過氯酸含量分析

[1] 實驗說明

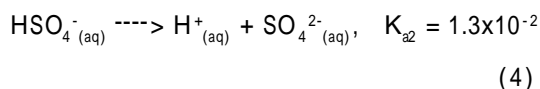
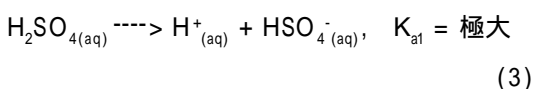
高中化學課程曾介紹酸鹼理論。根據布-羅酸鹼理論，可提供氫離子者稱為酸，可接受氫離子者稱為鹼。於酸性物質中，僅可提供單一氫離子者，稱為單質子酸，能提供兩個或多個氫離子者，則稱為雙質子酸或多質子酸。過氯酸(HClO_4)為一單質子酸，每莫耳過氯酸只能釋出一莫耳氫離子，故僅能與氫氧化鉀(KOH)進行下述反應：



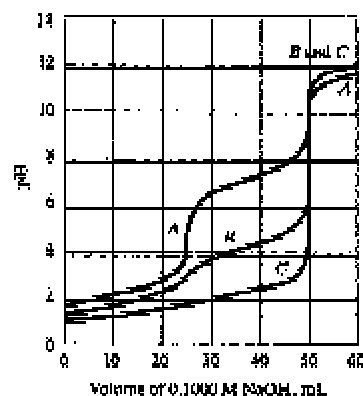
硫酸則為常見的雙質子酸，每莫耳硫酸可釋出兩莫耳氫離子，因此可與兩莫耳氫氧化鈉(NaOH)進行下列反應：



若欲定量分析硫酸與過氯酸，吾人可以酸鹼滴定施行之。實驗顯示：過氯酸與鹽酸同屬強酸，因此以強鹼，如氫氧化鉀或氫氧化鈉，滴定时，滴定終點的pH值約為7.0。對於硫酸，雖然其第二段解離常數小於第一段解離常數：



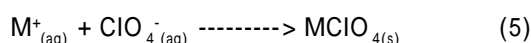
然其數值仍然可觀，因此若以0.100 M的氫氧化鈉滴定25.0 mL、0.100 M的硫酸時，並不會出現滴定等濃度的草酸(圖一，A)或磷酸(圖一，B)般的曲線，而會呈現如滴定鹽酸般的滴定曲線，祇是其中所需的氫氧化鈉體積增為兩倍(曲線C)。



圖一：以標準氫氧化鈉(0.100 M)滴定25.0 mL、0.100 M的草酸(曲線A)、磷酸(曲線B)或硫酸(曲線C)之滴定曲線。

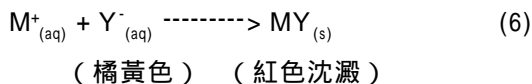
進行酸鹼滴定时，我們可選擇能在範圍： $4 < \text{pH} < 10$ 內變色的指示劑，如酚酞，指示滴定終點。當溶液顯現紅色時(持續三、四秒鐘不褪色)，滴定便臻完成。

雖然酸鹼滴定可藉以分析過氯酸與硫酸之個別含量，若欲對二者之混合溶液進行定量分析，仍須借助其他分析方法。實驗顯示：金屬離子 M^+ 雖不與硫酸根離子進行反應，卻可與過氯酸根離子產生白色沈澱：

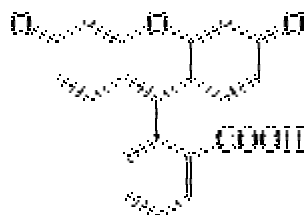


實驗又顯示：試劑Y也可與 M^+ 離子產生紅色

沈澱：



根據這些反應，吾人便可藉由試劑 Y 與金屬離子 M^+ ，定量分析過氯酸根離子，再藉以間接得知混合溶液中硫酸之含量。



試劑 Y

[II] 試藥與設備：

1. 過氯酸與硫酸混合溶液，100 mL/ 瓶
2. 標準 KOH 溶液(0.1860 M)，150 mL/ 瓶
3. 標準 $KClO_4$ 溶液(0.1000 M)，100 mL/ 瓶
4. 金屬離子 (M^+ 、濃度未知)，60 mL/ 瓶
5. 酚，乙瓶
6. 指示劑 Y，乙瓶
7. 滴定管(50 mL)兩支含一組固定架
8. 錐形瓶(125 mL)，六支
9. 玻璃漏斗，一支
10. 量筒(10 mL)，一支
11. 滴管(3 mL)，二支
12. 容量瓶(10 mL)，一只
13. 拭紙，若干張
14. A4 白紙，一張

15. 標籤紙，二十張
16. 攪拌 - 加熱器(含磁攪拌子一顆)，一組
17. 蒸餾水，100 mL (共用，置於講台)
18. 安全眼鏡

[III] 實驗步驟：

1. 滴定管均已清洗乾淨，實驗前無須再清洗。試劑有限，若無特殊原因，恕難補充。
2. 利用適當器皿取出 10.00 mL 的過氯酸與硫酸的混合溶液，分置於五只 100-mL 的錐形瓶中，並以標籤指明。加入一顆攪拌子與數滴酚指示劑，並於錐形瓶下襯入一張白紙，再以標準 KOH 溶液滴定之。滴定時，適當調整攪拌器的攪拌速度，勿使溶液飛濺。記錄所需 KOH 之體積。重複前述滴定實驗一次。「注意：勿將攪拌子遺失或掉入水槽中」。如果兩次體積相差 1.0 mL，須再重複一次。於本步驟中，你需要哪一種(或哪些)器具，始能確實取出 10.00 mL 的過氯酸與硫酸混合溶液？
3. 以量筒取出約 10 mL 的蒸餾水，置於一乾淨錐瓶中，重複上述滴定一次。記錄所需 KOH 之體積。
4. 於其餘的兩只裝有混合溶液的錐瓶中，加入適量 KOH，其量如步驟(2) 所得之體積值。
5. 利用適當器皿取出 10.00 mL 的金屬

離子 M，置入上述瓶中。迨加入 20 滴的指示劑 Y 與攪拌子後，以標準 KClO_4 溶液滴定過量之金屬離子。當溶液由紅轉成橘黃色時，停止滴定。記錄所需 KClO_4 體積。重複滴定一次。若兩次數值相差 1.0 mL 以上，須再重複一次。

- 以約 25 mL 的蒸餾水重複步驟(5)。記錄所需 KClO_4 體積。之後，再以 25 mL 的蒸餾水重複滴定一次。
- 依指示清理桌面與廢溶液。以清水清洗、潤溼玻璃器皿。滴定管清洗後，請打開其活栓，再將之倒掛於鐵架上。

[IV]實驗數據

- 將酸鹼滴定結果填入下表中([KOH] = 0.1860 M)：

樣品	V (混合溶液) / mL	V_{KOH} / mL
混合溶液(1)	10.00	_____
混合溶液(2)	10.00	_____
混合溶液(3)	10.00	_____
空白溶液	~10 (蒸餾水)	_____

- 將 KClO_4 (0.1000 M) 滴定結果填入下表中：

樣品	$V_{(\text{混合溶液})}$ / mL
混合溶液(4)	10.00
混合溶液(5)	10.00
空白溶液 (1)	~25 (蒸餾水)
空白溶液 (2)	~25 (蒸餾水)

$V_{(\text{金屬離子溶液})}$ / mL	$V_{(\text{KClO}_4)}$ / mL
10.00	_____
10.00	_____
10.00	_____
10.00	_____

[V]問題回答：

- 你需要哪一種 (或哪些) 器皿，始能確實取出 10.00 mL 的混合溶液或金屬離子溶液？寫出其名稱：
- 何謂反滴定？試舉例說明之。
- 步驟 (3) 之意義為何？
- 步驟 (6) 的目的為何？
- 根據表一與表二所列之數據，計算出混合溶液中硫酸與過氯酸之含量。將計算邏輯與結果清晰寫出，以利評分。之後，再將答案填入下列空格中。下述答案須含四位有效數字。

答： $[\text{HClO}_4] =$ _____ M；
 $[\text{H}_2\text{SO}_4] =$ _____ M。

陸、實作(二)

題目：

使用本實驗所提供之藥品與儀器，設計一個實驗步驟來測定硝酸鉀 (KNO_3) 在冰水、室溫、30、40、50 之溶解度，並繪出其溶解度與溫度的關係圖。

說明：

溶解度一般是以 100 公克的溶劑中所溶解的溶質公克數來表示。已知硝酸鉀於 80 水溫下之溶解度約為 (9.4g / 5g 水)。假定在室溫下，1mL 水其質量為 1g。

實驗藥品：

硝酸鉀 KNO_3 , MW=101.11 60g
冰塊、蒸餾水 自由取用

器材：

試管	×5	橡皮塞	×5
試管架	×1	護目鏡	×1
試管刷	×1	刮勺	×1
錐形瓶 250mL	×1	加熱板	×1
量筒 10 mL	×1	乳頭滴管	×3
燒杯 400 mL	×1	天平 (共用)	×1
燒杯 600 mL	×2	稱量紙	×10
標籤紙	×1	溫度計	×1
清潔之抹布	×2		

注意事項：

1. 桌上之實驗器材及藥品均足夠使用，

倘有不足者，可以向老師申請，但是每次請領扣成績5分。

2. 實驗器材使用前後均需清洗乾淨。
3. 本實驗所提供的冰塊、蒸餾水可自由取用。
4. 可使用簡易型計算機。

問題：

1. 說明如何利用所提供之儀器來控制實驗所需之溫度？(10%)
2. 請寫出實驗步驟流程圖來說明如何測量出硝酸鉀在某一溫度下之溶解度？(30%)
3. 請表列出硝酸鉀溶解度 (g / 100g) 與溫度 () 的數據，並利用所附方格紙繪出硝酸鉀溶解度 (g / 100g) 與溫度 () 的關係圖。(30%)
4. 利用硝酸鉀、氯化鈉之溶解度與溫度之關係，設計一實驗流程將含有 30 公克氯化鈉及 40 公克硝酸鉀的混合物，分離出至少 35 公克純的硝酸鉀。假設氯化鈉於 0 50 之溶解度皆為 (36g / 100g 水)。(30%)

柒、參考解答

【筆試一】

一、選擇題部份

1	(1)	H	(11)	H
2	(3)	H	(13)	H
3	(4)	F	(14)	F
4	(5)	B	(15)	C
5	(6)	Z	(16)	H
6	(8)	B	(18)	E
7	(9)	C	(19)	E

二、說明題

- (a) 18M。
(b) 166.67mL。
(c) 略。
-

編號	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
(1)KCl	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
(2)NaCl	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
(3)CaCl ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
(4)MgCl ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
(5)AlCl ₃	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
(6)ZnCl ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

【筆試二】

一、選擇題:

- D 2.B 3.C 4.D 5.C
6.B 7.D 8.A 9.B 10.C
11.C 12.C 13.D 14.A 15.B
16.D 17.B 18.D 19.D 20.A

二、多重選擇題:

- A,B,C,E 2.B,C,D 3.B,D,E
4.A,C,D, 5.A,B,C,D 6.A,B,C,D,E
7.A,B,C,D 8.B,D

【筆試三】

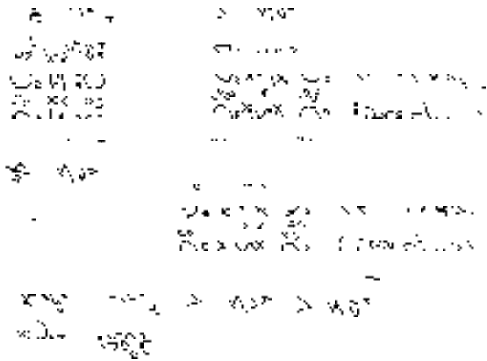
一、選擇題:

- (4) 2.(2) 3.(4) 4.(3) 5.(1)
6.(3) 7.(3) 8.(3) 9.(3) 10.(2)

二、計算

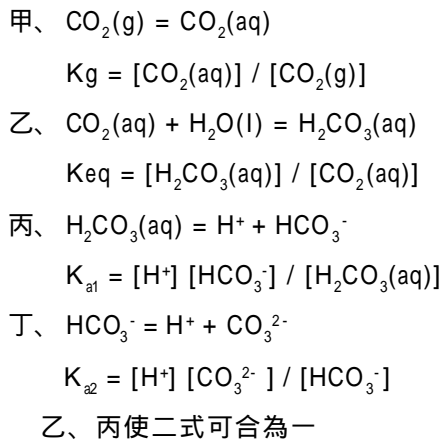
- 水合能與晶格能的互相競爭。ClO₄⁻ 為相對上(比 Li⁺、Cs⁺)為一較大的離子，Li⁺、Cs⁺ 與 ClO₄⁻ 之作用力相差不大，在晶格中可視為 LiClO₄ 與 CsClO₄ 之晶格能差不多。而水合能中、因陽離子 Li⁺ 比 Cs⁺ 小很多，Li⁺ 水合時能量釋出較大，故 LiClO₄ 的溶解度較大。
- 理想氣體假設：粒子間無引力(作用力)，粒子不佔體積，與真實氣體的狀況有所不同。真實氣體的方程式(凡得瓦方程式)為 $[P + a(n/V)^2][V - nb] = nRT$; a、b 為常數、依不同氣體而定。真實氣體中粒子佔體積，測量的氣體減去粒子所佔體積(- nb) 才符合理想氣體之假設。真實氣體粒子間有吸引力，使其撞容器壁的頻率減少，真正的壓力應加上一數值以修正。每一撞容器壁的粒子受到其它粒子(粒子數 n / V)的影響，而撞容器壁的粒子數為 n / V。故總效應為 + a (n/V)²。

3.

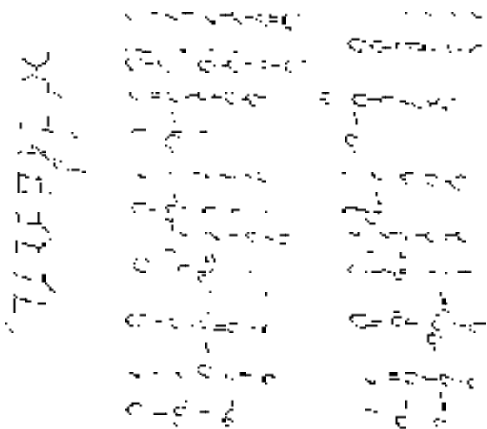


4. $[\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ M}$, $K_{\text{sp}} = 2 \times 10^{-39} =$
 $[\text{Fe}^{3+}] [\text{OH}^-]^3$ 。 $S = 2 \times 10^{-18} \text{ M}$

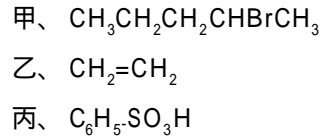
5.



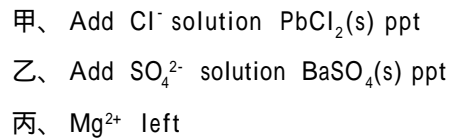
6.



7.



8. Pb^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} ,



【筆試四】

- 【Ans：水分子的偶極矩(dipole moment)】
- 【Ans：由於 C-H 鍵的偶極矩與三個 C-Cl 鍵的偶極矩向量和的方向相同，兩者相互加成；反之，C-F 鍵的偶極矩與三個 C-Cl 鍵的偶極矩向量和的方向相反，兩者相互抵銷。】
- 【Ans：應是電解水產生氫氧離子，氫氧離子可催化油脂的水解，達到清除油垢的作用。】
- 【Ans：金屬片一旦引發少量醋酸鈉結晶，則最初生成的醋酸鈉晶體會使得過飽和之醋酸鈉水溶液中的醋酸鈉立刻快速結晶而析出形成無色固體，醋酸鈉結晶而析出時會放熱而使熱敷袋發熱；將固化之熱敷袋再加熱，可使得已析出之醋酸鈉晶體再溶解形成過飽和之醋酸鈉水溶液。】

(下轉第 44 頁)