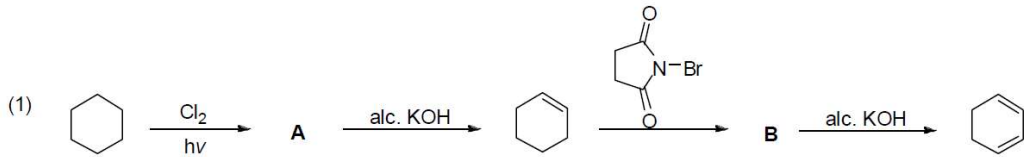
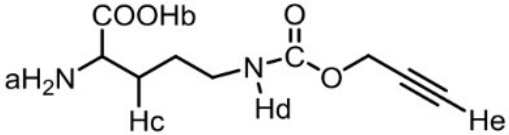


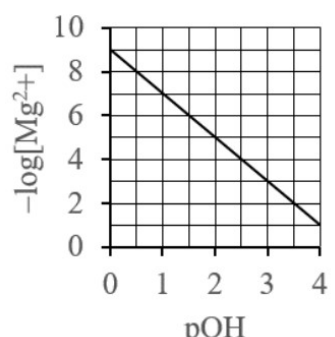
114 學年度臺北市立陽明高級中學 化學科 第 2 次教師甄選

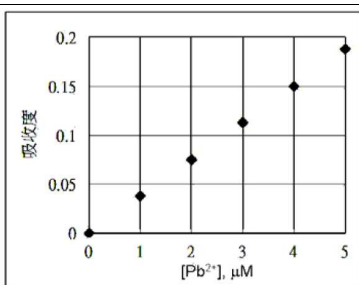
筆試試題

題號	試題內容
1 (6分)	有三種未知物P、Q、R，其分子式均為C₄H₈O。以下是P、Q、R的特性： P能使溴退色，當用金屬鈉處理時並未觀察到氫氣的釋放，且P可被水解，放出含乙醇之產物。 Q可以被還原成醇類，產物的分子式為C₄H₁₀O。而Q亦可由此醇類產物，經K₂Cr₂O₇的酸性水溶液氧化而得到，但當Q與多倫試劑混合，並不引銀鏡反應。 R與溴、金屬鈉、多倫試劑均無明顯反應，但水解後可得一產物，其分子式為C₄H₁₀O₂。此水解產物可被KMnO₄氧化，氧化產物的分子式為C₄H₆O₄。 寫出P、Q、R的結構式？
2 (2分)	地球上的元素可以以週期表排列的方式，來呈現其規律性。此規律性以電子按順序填入四個量子數n, l, ml, ms規範，所形成的軌域來推導。例如$n=2$時，則有一個2s ($l=0, ml=0$) 軌域，三個2p ($l=1, ml=-1, 0, 1$)軌域，總共四個軌域。當元素的質子數增加時，電子則順序填入適當軌域，可以得到鋰至氬等第二週期之八個元素。若另一宇宙之元素所形成的週期表，仍可以以四個量子數n, l, ml, ms來推導，但受另一不同之規律的規範，四個量子數n, l, ml, ms彼此關係為： n 為大於0的正整數 ($0 < n$)。 l 為小於或等於n但大於0的正整數 ($0 < l \leq n$)。 ml 必須是奇數(0 不是奇數)，它可以是正整數或負整數，但若是正整數，則 $l \leq ml \leq 2l$，若是負整數，則 $-2l \leq ml \leq -l$。 $ms = 1/2$ 或 $-1/2$的關係仍然維持。 電子會依下列順序填入軌域： (i) n, l, ml, ms 由小而大順序填入，(ii) $n=1$填滿後，再填$n=2$等，其餘量子數亦同。依據此規範，計算週期表上，$n=4$的元素總共有幾個？
3 (6分)	一位傑出女化學家執行了一系列有關鉑化合物的反應，取得A、B及C三個化合物。她發現A、B及C都是白色、逆磁性的結晶化合物，元素分析的所得的示性式結果亦均為PtCl₂(NH₃)₂。 化合物A可溶於極性溶劑，如乙醇。 化合物B可溶於石油醚(烴類的混合物)和四氯化碳。 化合物A及B為非電解質，但化合物C為強電解質。 三者之中，有一個化合物可用於癌症治療。 請根據上述推論，分別畫出A、B及C三個化合物之結構式為何？
4 (4分)	已知HX為一弱酸，酸解離常數$K_a = [H^+][X^-]/[HX]$，若與MOH反應可形成MX鹽類，其K_{sp}為1.8×10^{-15}。將MX鹽，溶於在一濃度為4.0 M的強酸溶液中，由於強酸中，會造成HX生成H⁺與X⁻的新平衡，因此其溶解度可達2.4×10^{-3} M。 請問弱酸HX的K_a值為何？
5 (4分)	無水硫酸銅(CuSO₄)是白色的，硫酸銅的水合物(CuSO₄•5H₂O)是藍色的。 當無水硫酸銅暴露在空氣中，會慢慢吸收水分並轉變為藍色。 現有無水硫酸銅樣本5.49g，暴露在空氣中一段時間後，再放入容量瓶中，加入20

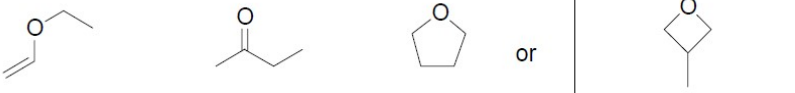
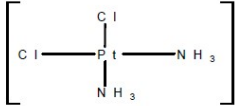
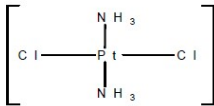
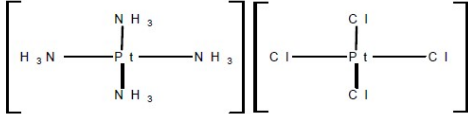
	mL濃硫酸。再將容量瓶加滿水到100 mL。取10 mL 上述溶液，加入2 g碘化鉀，再稀釋到約100 mL，使用硫代硫酸鈉溶液 (0.1M)滴定，加入澱粉作為指示劑。達到當量點時，需使用硫代硫酸鈉溶液29.40 mL。 試問原樣品中的硫酸銅和水的莫耳數比為何 (可忽略沉澱)?																																																																																																				
6 (4分)	在室溫取碳酸氫鈉與銅粉的混合粉末A克，置於容器後在空氣中用酒精燈加熱，至混合物不再有任何改變為止。等到溫度降至室溫，再秤容器內的混合物，仍然得A克。由此可知加熱前後混合物的質量沒有改變，但混合物中的生成物完全不同於反應物。已知碳酸氫鈉與銅之間不會有任何反應，但在加熱的過程中，碳酸氫鈉會分解，而銅會氧化。(原子量 H=1；C=12；O=16；Na=23；Cu=64) 請求出銅在混合物中的質量百分率(%)?																																																																																																				
7 (4分)	編號1~7的試管中，有下列物質的稀水溶液：CuSO₄、AgNO₃、NaCl、Na₂CO₃、NaOH、HI、H₂SO₄ (順序不一定相同)。另有試管標為X和Y，其中各有一種未知物質的稀水溶液。下列之觀察為9個溶液中的兩個混合之反應： <table><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>X</td><td>Y</td></tr><tr><td>1</td><td>*</td><td>—</td><td>↓黃白</td><td>↓藍色</td><td>↑氣體</td><td>—</td><td>↑氣體</td><td>—</td><td>↓藍色</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>*</td><td>↓白色</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td>*</td><td>—</td><td>↓黃色</td><td>↓棕色</td><td>—</td><td>↓黃色</td><td>↓白色</td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td>*</td><td>↓棕色</td><td>↓藍色</td><td>—</td><td>↓棕色</td><td>—</td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>*</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>↓棕色</td></tr><tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>*</td><td>—</td><td>刺鼻臭味</td><td>↓藍色</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>*</td><td>—</td><td>—</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>*</td><td>↓棕色</td></tr><tr><td>Y</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>*</td></tr></table> 其中↓代表沉澱物生成，顏色標於右側；↑代表有氣體生成；—代表無反應。 請問 X 和 Y 分別為何物質？(陰、陽離子全對才給分)		1	2	3	4	5	6	7	X	Y	1	*	—	↓黃白	↓藍色	↑氣體	—	↑氣體	—	↓藍色	2		*	↓白色	—	—	—	—	—	—	3			*	—	↓黃色	↓棕色	—	↓黃色	↓白色	4				*	↓棕色	↓藍色	—	↓棕色	—	5					*	—	—	—	↓棕色	6						*	—	刺鼻臭味	↓藍色	7							*	—	—	X								*	↓棕色	Y									*
	1	2	3	4	5	6	7	X	Y																																																																																												
1	*	—	↓黃白	↓藍色	↑氣體	—	↑氣體	—	↓藍色																																																																																												
2		*	↓白色	—	—	—	—	—	—																																																																																												
3			*	—	↓黃色	↓棕色	—	↓黃色	↓白色																																																																																												
4				*	↓棕色	↓藍色	—	↓棕色	—																																																																																												
5					*	—	—	—	↓棕色																																																																																												
6						*	—	刺鼻臭味	↓藍色																																																																																												
7							*	—	—																																																																																												
X								*	↓棕色																																																																																												
Y									*																																																																																												
8 (4分)	在一個未知的星球上，溫度與地球相似，已知其地表岩石的主要成分為碳酸鈣，大氣中存在0.1 bar的二氧化碳與其他鈍性氣體，星球上的河流充滿飽和溶解的碳酸鈣，科學家測得河水非常接近中性，[H⁺] = 1.8 × 10⁻⁷M，如果已知有下列化學反應，請問河水中鈣離子的含量為多少ppm? (平衡計算時，氣體以bar為單位即可) $\text{CaCO}_{3(s)} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$$\text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(aq)}$$\text{CO}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^{-}_{(aq)} + \text{H}^{+}_{(aq)}$$\text{HCO}_3^{-}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^{+}_{(aq)} + \text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$ $K_{sp} = 6.0 \times 10^{-9}$$K_{CO_2} = 3.4 \times 10^{-2}$$K_1 = 4.4 \times 10^{-7}$$K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$																																																																																																				
9 (4分)	L、M、Q和Z為週期表中短週期的四個元素，原子序大小順序為L<M<Q<Z，且此四元素間有下列的關係： (i) 在週期表中，Q與M相鄰，Q與Z也相鄰。 (ii) M、Q和Z三元素的原子最外層電子數之和為17。 L、M、Q 和 Z 可以組成一個化合物，其原子個數之比為 8：2：4：1。 寫出此化合物的化學式 (須以示性式表示)																																																																																																				
10	已知X和Y為兩種非揮發性的非電解質溶質，且相互不反應。某生想利用凝固點下																																																																																																				

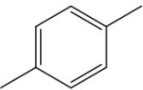
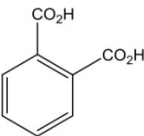
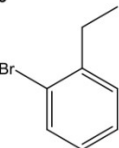
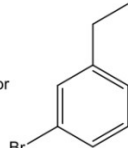
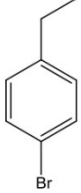
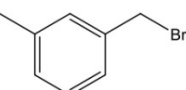
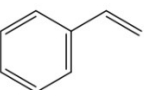
(4分)	降法決定X 和Y的分子量，配製了(一)和(二)兩種水溶液各100克，並分別測定其凝固點下降度數 (ΔT_f)。兩種水溶液的組成及所得結果如下表所示， K_f 為水的凝固點下降常數。求溶液(一)和(二)之飽和水蒸氣壓的比值為何？ <table><tr><th>溶液</th><th>X 質量 (g)</th><th>Y 質量 (g)</th><th>$\Delta T_f/K_f$</th></tr><tr><td>(一)</td><td>9</td><td>1</td><td>8/9</td></tr><tr><td>(二)</td><td>3</td><td>7</td><td>16/9</td></tr></table>	溶液	X 質量 (g)	Y 質量 (g)	$\Delta T_f/K_f$	(一)	9	1	8/9	(二)	3	7	16/9
溶液	X 質量 (g)	Y 質量 (g)	$\Delta T_f/K_f$										
(一)	9	1	8/9										
(二)	3	7	16/9										
11 (4分)	將兩種硫酸鹽依固定比例混和後加熱，可得化合物X。X溶於水時，會游離出 K^+ 、 Cr^{3+} 、 SO_4^{2-} 離子。若將2.83 g之X中的 Cr^{3+} 全部氧化成 $Cr_2O_7^{2-}$ ，在酸性條件下，和過量的KI溶液反應，可得3.81 g之 I_2 。此反應的離子反應式為： $Cr_2O_7^{2-} + I^- \rightarrow Cr^{3+} + I_2$ (未平衡)。若向2.83 g X之溶液加入過量的 $BaCl_2$ 溶液，可得到4.66 g之白色沉澱，由以上實驗，判斷X的化學式為何？												
12 (4分)	在固定體積的真空密閉容器內，注入氟氣(F_2)後，在27 °C時，壓力為1.5大氣壓，加入足量的M元素粉末與氟氣反應 (加入M元素粉末體積遠小於容器體積)，當氟氣完全反應耗盡後，生成 MF_x 的氣體，溫度升高至327 °C，壓力為1.0 大氣壓，密度為2.97 g/L。請問M元素的原子量是多少？可能是何種元素？												
13 (4分)	寫出或畫出下列反應的中間產物或最終產物 A-D 的結構 (1)  (2) $RCH=O + H_2NOH \longrightarrow C \xrightarrow[\text{heat}]{HCOONa} D$												
14 (2分)	下列氫原子 Ha~He 酸性大小的次序為何？(請由大到小排列，全對才給分) 												
15 (4分)	由反應機構 (reaction mechanism) 的基本反應步驟 (elementary step) 中列出各反應速率式，就能解出所有物種的反應速率及反應級數。 如 $A \rightarrow C$ 的反應可拆解為連續反應 $A \xrightarrow{k_1} B; B \xrightarrow{k_2} C$，其反應速率式為 $d[A]/dt = -k_1 [A]$，$d[B]/dt = k_1 [A] - k_2 [B]$，$d[C]/dt = k_2 [B]$ 利用”恆穩態近似”(steady state approximation) 假定中間產物的濃度變化量為0，即 $d[B]/dt = k_1 [A] - k_2 [B] = 0; k_1 [A] - k_2 [B] = 0; [B] = \frac{k_1}{k_2} [A]$ 由上可得產物[C]的反應速率$d[C]/dt$ 與反應物[A]成一級反應 $d[C]/dt = k_1 [A]$ 乙醛熱解成甲烷與一氧化碳的全反應 $CH_3CHO \rightarrow CH_4 + CO$，可分解成下列的基本反應步驟，試求出甲烷($CH_4$)生成速率的反應級數與反應速率常數？												

	$\text{CH}_3\text{CHO} \xrightarrow{k_a} \cdot\text{CH}_3 + \cdot\text{CHO}$ $\text{CH}_3\text{CHO} + \cdot\text{CH}_3 \xrightarrow{k_b} \text{CH}_3\text{CO}\cdot + \cdot\text{CH}_4$ $\text{CH}_3\text{CO}\cdot \xrightarrow{k_c} \cdot\text{CH}_3 + \text{CO}$ $\text{CH}_3 + \cdot\text{CH}_3 \xrightarrow{k_d} \text{C}_2\text{H}_6$
16 (4分)	由 A、D、E 和 G 四種元素組成的化合物 $\text{A}_x\text{D}_y[\text{E}_2\text{G}_4]_z$。已知： (1) x、y、z 為整數，$x + y + z = 7$。 (2) 取 8.74 克該化合物溶於水，加入酸和強氧化劑後，化合物中的 E 和 G 元素全部轉化為氣態化合物 EG_2，在標準狀態下，從此反應共收集到 2.688 升 EG_2。EG_2 的密度為 1.965 g/L，且 EG_2 可使澄清石灰水變混濁。 (3) 發生(2)中的反應後，A 和 D 以陽離子形式存在於溶液中。往此溶液中加入過量的鐵粉，其中只有 D 的陽離子可以被還原，且所消耗的鐵粉質量為 0.56 克。 (4) 化合物 $\text{A}_x\text{D}_y[\text{E}_2\text{G}_4]_z$ 中，D 元素的質量百分率為 12.8%。 請寫出化合物的化學式為何？
17 (5分)	分子式 C_8H_{10} 的有機化合物，僅有兩個碳原子為 sp^3 混成，具有四種異構物 A_1、B_1、C_1 及 D_1，其皆為石化工業的常見的重要起始物，價格非常低廉；並具有下列的物理特性及化學反應性： (1) 四種化合物中，只有 A_1 的熔點在 0°C 以上，其餘皆在 0°C 以下。 (2) 當四種化合物與過錳酸鉀作用後再酸化時，產物為 A_2、B_2、C_2 及 D_2，其分子式分別為：$\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$、$\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$、$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ 及 $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$。 (3) 當四種化合物與溴元素及鐵粉一起反應時，所產生的單溴取代產物 A_3、B_3、C_3 及 D_3 中，溴原子皆在非 sp^3 混成的碳原子上，其中所有可能（不論產率高低）的單溴取代產物分別有，A_3：1 種、B_3：2 種、C_3：3 種及 D_3：3 種異構物。 (4) 當四種化合物與溴元素在照光下反應時，結果與上面第 3 項中完全不同，所產生的單溴取代產物 A_4、B_4、C_4 及 D_4，皆只有單一產物。 (5) 若 A_4、B_4、C_4 及 D_4 分別與甲醇鈉作用，僅有 C_4 會產生一種不含有氧原子的化合物 C_5。試問：A_1、B_2、C_3（所有可能）、D_4 及 C_5 的結構式分別為何？
18 (6分)	考慮在不同 $[\text{OH}^-]$ 之 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$ 的飽和溶液， 若以 $-\log[\text{Mg}^{2+}]$ 對 pOH 作圖可得右圖之直線，請問： (a) $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$ 之 K_{sp} 為多少？ (b) 若將 0.40 M MgCl_2 與 0.40 M NaOH 等體積混合，所得飽和溶液之 pH 值為何？ (c) 若欲使(b)小題之混合溶液中的沉澱恰好完全溶解，需加水稀釋為多少倍？ 
19 (2分)	欲分析 25.0 mL 廢水樣品中之 Pb^{2+} 離子，首先將此溶液蒸發至乾，再 2.0 mL 的水溶解，並加入 2.0 mL 的緩衝溶液和 2.0 mL 的顯色劑，最後稀釋至 10.0 mL 溶液。下圖為 Pb^{2+} 離子和顯色劑結合成的錯離子之吸收度標準檢量線，若最終溶液的吸光度為 0.13，則此廢水中 Pb^{2+} 離子的濃度為多少 ppm？(Pb: 207)



20 (2分)	已知 $6\text{OH}^- + \text{Br}^- \rightarrow \text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^-$ $E^\circ = -0.61\text{V}$; $2\text{OH}^- + \text{Br}^- \rightarrow \text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ $E^\circ = -0.76\text{V}$, 求 $\text{BrO}^- + 4\text{OH}^- \rightarrow \text{BrO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$ 之 E° 為多少 V ?														
21 (2分)	在 1.0 M、1 公升的硫化鈉 (Na_2S) 水溶液中，加入氯化亞鐵 (FeCl_2) 固體 (含 Fe^{2+} 11.2 克)，假設溶液體積不改變。欲使 FeS 沉澱全部溶解，需調整溶液 pH 值至酸性。已知 FeS 的 $K_{\text{sp}} = 4 \times 10^{-17}$ ， H_2S 的 $K_{\text{a}1} = 10^{-7}$ ， $K_{\text{a}2} = 10^{-13}$ ， 請問溶液 $[\text{S}^{2-}]$ 需低於多少 M，才不會產生 FeS 沉澱？														
22 (2分)	銅銀電池： $\text{Cu} \text{Cu}^{2+} (0.10\text{ M}) \text{Ag}^+ (1.00\text{ M}) \text{Ag}$ ，電解液之體積均為 100 mL， 若此電池以 3.86 安培的固定電流進行放電，試問經過多少分鐘後， Cu^{2+} 和 Ag^+ 的濃度相同？														
23 (2分)	已知氟化鉛 (PbF_2) 之 K_{sp} 為 3.6×10^{-8} ； HF 之 K_{a} 為 6.0×10^{-4} 。 若氟化鉛在 0.10 M 之 $\text{HF}(\text{aq})$ 及醋酸/醋酸鈉之緩衝溶液中的溶解度為 1.0×10^{-5} M，試問該緩衝溶液之 H^+ 濃度為多少 M？														
24 (4分)	氦原子之第二游離能為 5250 kJ/mol ，試問 He^+ 之放射光譜中，在 $n \rightarrow 4$ ($n > 5$ ， n 為整數) 之譜線中落在可見光區 (400 ~ 700 nm) 的 n 值範圍為何？ 已知 $1\text{ kJ/mol} = 120000\text{ nm}$														
25 (4分)	速率常數 k 與活化能 E_{a} (J/mol) 的關係可表示為： $k = c \times 2^{-[E_{\text{a}}/5.76T]}$ ， c 為常數， T 為絕對溫度。 若有一化學反應，在 500 K 時加入某催化劑，其反應速率增快為未催化時的 32 倍，則此催化劑造成之活化能降低多少 kJ/mol ？														
26 (4分)	晶格能 (U^0) 是由氣體離子形成固體離子時，伴隨者的標準熱之變化，就是： $\text{M}^+(\text{g}) + \text{X}^-(\text{g}) \rightarrow \text{MX}(\text{s})$ ，此反應永遠是放熱反應，因此 U^0 總是為負值。 晶格能不能直接測量，但可利用某些反應熱數據間接求得。其中最出名的即是 Born – Haber 循環。現有熱力學數據如下 (所有能量單位均為 kJ/mol)：														
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>生成熱 CaO</td> <td>-635 kJ mol^{-1}</td> </tr> <tr> <td>昇華熱 Ca</td> <td>178 kJ mol^{-1}</td> </tr> <tr> <td>第一游離能 Ca</td> <td>590 kJ mol^{-1}</td> </tr> <tr> <td>第二游離能 Ca</td> <td>1145 kJ mol^{-1}</td> </tr> <tr> <td>鍵能 O_2</td> <td>498 kJ mol^{-1}</td> </tr> <tr> <td>第一電子親合力 O</td> <td>141 kJ mol^{-1}</td> </tr> <tr> <td>第二電子親合力 O</td> <td>-780 kJ mol^{-1}</td> </tr> </tbody> </table>		生成熱 CaO	-635 kJ mol^{-1}	昇華熱 Ca	178 kJ mol^{-1}	第一游離能 Ca	590 kJ mol^{-1}	第二游離能 Ca	1145 kJ mol^{-1}	鍵能 O_2	498 kJ mol^{-1}	第一電子親合力 O	141 kJ mol^{-1}	第二電子親合力 O	-780 kJ mol^{-1}
生成熱 CaO	-635 kJ mol^{-1}														
昇華熱 Ca	178 kJ mol^{-1}														
第一游離能 Ca	590 kJ mol^{-1}														
第二游離能 Ca	1145 kJ mol^{-1}														
鍵能 O_2	498 kJ mol^{-1}														
第一電子親合力 O	141 kJ mol^{-1}														
第二電子親合力 O	-780 kJ mol^{-1}														
畫出 $\text{CaO}(\text{s})$ 的 Born – Haber 循環，並求出 $\text{CaO}(\text{s})$ 的晶格能為何？															
27 (3分)	鍵角比較，請由大到小排列，全對才給分： NO_2 、 NO_2^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 O_3 、 $\text{SiO}_2(\text{O-Si-O})$ 、 P_4 、 SO_2 、 SO_3 、 SO_3^{2-} 、 ClO_3^-														

題號	解答
1	
2	$n = 4$ 時，總共有24個元素。
3	A  B  C 
4	1.25×10^{-9}
5	1 : 1.51
6	59.6%
7	X : NH_4I Y : CuCl_2
8	110.6 ppm
9	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
10	1.016
11	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$
12	S , 32.1
13	(A)  (B)  (C)  (D) $\text{R}-\text{C} \equiv \text{N}$
14	$\text{Hb} > \text{Hd} > \text{He} > \text{Ha} > \text{Hc}$
15	級數 = $\frac{3}{2}$; 反應速率常數 = $k_b \left(\frac{k_a}{2k_d} \right)^{\frac{1}{2}}$
16	$\text{K}_3\text{Fe}[\text{C}_2\text{O}_4]_3$

17	A1  B2  C3  or  or  D4  C5 
18	$K_{sp} = 1.0 \times 10^{-9}$; pH=10 ; 200 倍
19	0.29 ppm
20	-0.535 V
21	2×10^{-16}
22	25
23	4.0×10^{-4}
24	n = 6~13
25	8.64 kJ / mol
26	$\Delta H = -3436 \text{ kJ / mol}$
27	$\text{NO}_2^+ > \text{NO}_2 > \text{SO}_3 = \text{NO}_3^- > \text{O}_3 > \text{NO}_2^- > \text{SO}_2 > \text{SiO}_2 > \text{ClO}_3^- > \text{SO}_3^{2-} > \text{P}_4$