

## 普通化學

(D) 1. 下列何者的標準生成熱 ( $\Delta H_f^\circ$ ) 不為零？

- (A)  $F_{2(g)}$  (B)  $Br_{2(l)}$  (C)  $N_{2(g)}$  (D)  $O_{3(g)}$

<解析>臭氧為氧生成；常考最安定之元素態標準生成熱為零，要小心相變化，例如 $Br_{2(g)}$ 之標準生成熱不等於零，因最安定態是 $Br_{2(l)}$ 。

(D) 2. 欲使 35 克鐵的溫度由  $300^\circ C$  上升至  $620 K$  需要吸收多少熱量？

(鐵的比熱為  $0.451 J \cdot g^{-1} \cdot C^{-1}$ )

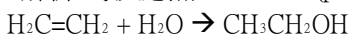
- (A) 15.79 kJ (B) 5.05 kJ (C) 3.81 kJ (D) 0.74 kJ

<解析>熱學  $\Delta H = ms\Delta T = 35 \times 0.451 \times (620 - 300 - 273) = 0.74 kJ$ ，注意溫度單位轉換 ( $T(\text{絕對溫度}) = t(\text{攝氏溫度}) + 273$ )。

(B) 3. 酒精可以由乙烯和水發生反應得到，已知酒精、乙烯和水的莫耳生成熱各為  $-277.69$ ， $+52.26$  和  $-241.82 kJmol^{-1}$ ，若欲合成一莫耳酒精，則其反應熱應為多少？

- (A)  $-571.77 kJ$  (B)  $-88.13 kJ$  (C)  $-16.39 kJ$  (D)  $+16.39 kJ$

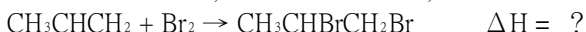
<解析>考反應熱 =  $\sum \Delta H_f(\text{products}) - \sum \Delta H_f(\text{reactants})$



$$\Delta H^\circ = (-277.69) - (+52.26 - 241.82) = -88.13 kJ$$

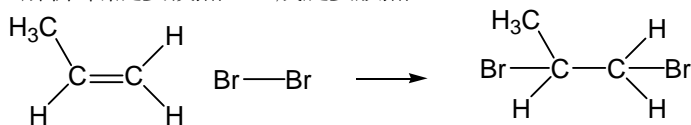
(D) 4. 利用下列的鍵能，計算下列反應式的焓變化 ( $\Delta H$ ) 為多少 kJ？

$C=C$ ， $612 kJ/mol$ ； $C-C$ ， $348 kJ/mol$ ； $Br-Br$ ， $193 kJ/mol$ ； $C-Br$ ， $280 kJ/mol$



- (A)  $-296$  (B)  $-631$  (C)  $+177$  (D)  $-103$

<解析>斷鍵要吸熱；生成鍵要放熱。



bond breaking

$C=C$  612

$Br-Br$  193

bond formation

$C-C$  348

$2C-Br$  280

$$\Delta H = (612 + 193) - (348 + 2 \times 280) = -103 \quad \text{注意！Zumdahl 普化}$$

(C) 5. 以下為  $S^{2-}$ ， $Cl^-$  和  $K^+$  之離子半徑比較，順序由小排到大，何者正確？

- (A)  $S^{2-} < Cl^- < K^+$  (B)  $K^+ < S^{2-} < Cl^-$  (C)  $K^+ < Cl^- < S^{2-}$  (D)  $Cl^- < K^+ < S^{2-}$

<解析>比較原子大小技巧： $\dots M^{2-} > M > M^+ > M^{2+} \dots$

仍要考慮  $r \sim (na)/Z^*$ ， $n$ ：主量子數， $a$ ：波耳半徑， $Z^*$ ：有效電荷

(D) 6. 下列哪一種電磁輻射 (electromagnetic radiation) 具有最短波長？

- (A) 紫外光 (B) 微波 (C) 紅外光 (D)  $\gamma$ -射線

<解析>必考電磁波能量範圍及對原子分子的效應，使用公式  $E = h\nu = (hc)/\lambda$  決定頻率波長及波數大小。

(D) 7. 鉀原子  $4s$  電子能量小於  $3d$  電子是由哪一個因素造成的？

- (A)  $3d$  軌域形狀 (B)  $3d$  有五個軌域 (C) 鉀原子的低游離能 (D) 穿透力和遮蔽力

<解析>徑節點愈多穿透效應愈佳， $n$  值愈大者穿透力愈強，電子密度可深入原子內部，故不易游離而使能階愈低。

(B) 8. 下列哪一組量子數符合  $4d$  電子？

(A)  $n = 4$ ， $l = 1$ ， $ml = 0$ ， $ms = 1/2$

(B)  $n = 4$ ， $l = 2$ ， $ml = 0$ ， $ms = -1/2$

(C)  $n = 4$ ， $l = 3$ ， $ml = -1$ ， $ms = -1/2$

(D)  $n = 4$ ， $l = 4$ ， $ml = -2$ ， $ms = 1/2$

<解析>常考合理軌域之量子數組合

$$n > 1; m_l = -1, -(l-1), -(l-2), \dots, 2, 1, 0, -1, -2, \dots, -(l-2), (l-1), 1;$$

$$m_s = +1/2 \text{ or } -1/2$$

$$l = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \text{ 對}$$

s, p, d, f, g, h, i, k, l, m 原子軌域名稱 “萬用必考觀念”

(A) 9. 元素具有高陰電性(electronegativity), 表示其必有下列何種特性?

- (A) 高游離能和高電子親合力 (B) 低游離能和高電子親合力  
(C) 低游離能和低電子親合力 (D) 高游離能和低電子親合力

<解析> Mulliken 尺標(電負度) = (游離能 + 電子親合力)/2

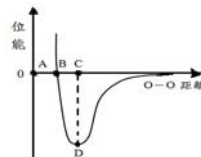
(C) 10. 依分子軌域能階圖預測下列分子, 何者是順磁性(paramagnetic)?

- (A) C<sub>2</sub> (B) N<sub>2</sub> (C) O<sub>2</sub> (D) F<sub>2</sub>

<解析> 超級必考, 因氧分子最高軌域為兩個孤電子組成。

(B) 11. 下圖表示氧分子的位能隨其原子間距離變化的關係圖, 下列關於O<sub>2</sub>分子之敘述何者正確?

- (A) O<sub>2</sub> 的鍵長約等於AB  
(B) O<sub>2</sub> 的解離能約等於CD  
(C) O-O 間距離為 AC 時, 氧原子間的引力小於斥力  
(D) O-O 間距離為 AB 時, 氧原子間的引力恰等於斥力



<解析> 此為化學鍵位能圖包含吸引力及排斥力位能與化學鍵長之關係。

(B) 12. 組成氫原子的電子, 其下列哪一項性質不是由此電子的主量子數, n, 所決定?

- (A) 原子軌域的大小 (B) 原子軌域的形狀  
(C) 游離此一電子所需的最小能量 (D) 電子所具有的能量

<解析> shape 是由 l (angular momentum quantum number) 決定;

半徑方向電子密度之分佈與 n 值有關

原子軌域形狀與 l 值有關

(D) 13. 一處在基態(ground state)的分子其分子軌域電子組態為( 2s)<sup>2</sup>( 2s\*)<sup>2</sup>( 2py)<sup>1</sup>( 2px)<sup>1</sup>。請問此分子為下列何者?

- (A) Li<sub>2</sub><sup>+</sup> (B) C<sub>2</sub> (C) Be<sub>2</sub> (D) B<sub>2</sub>

<解析> 文字敘述型的分子軌域考法, 有時省略KK = ( 1s)<sup>2</sup>( 1s\*)<sup>2</sup> 內蕊電子組態, 右上角是電子數(計算總價電子數即充填電子數), 注分子軌域圖有兩種(Li<sub>2</sub> ~ N<sub>2</sub>; O<sub>2</sub> ~ Ne<sub>2</sub>), 因s-p mixing 造成。

(D) 14. 基態<sub>24</sub>Cr原子有幾個未成對電子及其磁性之敘述, 下列何項正確?

- (A) 4, 順磁性 (B) 2, 逆磁性 (C) 5, 逆磁性 (D) 6, 順磁性

<解析> Cr = [Ar]4s<sup>1</sup>3d<sup>5</sup>; 常考特殊電子組態: Cr, Cu, Ag, Au, Pd, Pt, ...

(C) 15. 可見光不能穿透人體, 而 X-光能穿透人體, 其行進速度為

- (A) X-光較快 (B) 可見光較快 (C) 一樣快 (D) 不能比較

<解析> X-ray, 與可見光皆為同速度之電磁波。

穿透能力與速度無關, 與能量大小有關, X-ray > visible light (energy)。

E = hν, 由 Planck 公式即可得知。

(B) 16. 一原子之電子由軌域 n = 3 轉移至 n = 1, 下列敘述何者正確?

- I 反應釋出能量、II 反應吸收能量、III 電子失去能量、IV 電子得到能量  
V 電子無法轉移

- (A) I, IV (B) I, III (C) II, IV (D) V

<解析> E<sub>n</sub> = -13.6 × Z<sup>2</sup> × (1/j<sup>2</sup> - 1/i<sup>2</sup>) eV, j(末量子數), i(初量子數)

j > i → endothermic or absorb energy; j < i → exothermic or emission energy

(D) 17. 已知 C - Cl 之鍵能為 339 kJ/mol, 若以電磁波使其斷裂, 試問需要使用的最大波長是多少? (h = 6.626 × 10<sup>-34</sup> J·s; C = 3.00 × 10<sup>8</sup> m/s)

- (A) 45.0 nm (B) 742 nm (C) 482 nm (D) 353 nm

<解析> (339 × 10<sup>3</sup> J)/(6.02 × 10<sup>23</sup>) = (6.626 × 10<sup>-34</sup> J·s) × (3.00 × 10<sup>8</sup> m/s)/波長

波長= 353 nm 注意本題的能量是每莫耳計算，故要除以亞佛加厥數得到每一個光子的能量，才可求波長。

- (D)18. 鋰(Li)的同位素有 ${}^6\text{Li}$ (質量為 6.015 amu)和 ${}^7\text{Li}$ (質量為 7.016 amu)，鋰的原子量為 6.941 amu，請問自然界中， ${}^6\text{Li}$ 的含量百分比為多少？

(A) 92.50% (B) 86.66% (C) 46.16% (D) 7.503%

<解析>必考平均原子量觀念

$$6.941 \text{ amu} = x(6.015 \text{ amu}) + (1-x)(7.016 \text{ amu})$$

- (C)19. 第二週期中哪一個元素擁有如下之游離能( $IE_1$ : 表示第1游離能)？

$IE_1$ , 1314       $IE_2$ , 3389       $IE_3$ , 5298       $IE_4$ , 7471

$IE_5$ , 10992       $IE_6$ , 13329       $IE_7$ , 71345       $IE_8$ , 84087

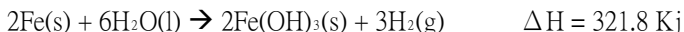
(A) Li (B) B (C) O (D) Ne

<解析>價電子移除完畢時游離能會爆增，即因貴氣體組態電子不易移除，此法可用來猜價電子數並決定何種族群之元素。(超級必考)

IE 爆增點在  $IE_6$  與  $IE_7$  之間

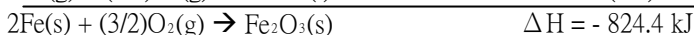
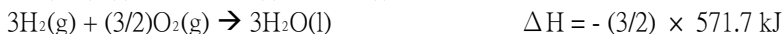
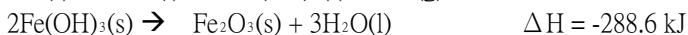
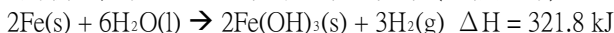
故猜測為六個價電子的元素 → Oxygen

- (C)20. 試以下列已知反應熱，評估  $2\text{Fe}(s) + (3/2)\text{O}_2(g) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(s)$  之反應焓變化值(enthalpy change,  $\Delta H$ )



(A) - 1681.9 kJ (B) - 1143.1 kJ (C) - 824.4 kJ (D) 33.2 kJ

<解析>常考 Hess law 化學方程式重組(超級必考)



- (C)21. 下列何者是極性(polar)化合物？

(A)  $\text{XeF}_4$  (B)  $\text{PCl}_5$  (C)  $\text{SF}_4$  (D)  $\text{SF}_6$

<解析>常考分子極性問題，首先是分子結構要先決定，電偶矩向量和為零者不具有永久電偶矩。

- (D)22. 請問 $\text{H}_2\text{CO}$ 分子中有幾個sigma鍵及pi鍵？

(A) 1 sigma bond and 3 pi bonds (B) 2 sigma bonds and 2 pi bonds

(C) 2 sigma bonds and 1 pi bond (D) 3 sigma bonds and 1 pi bond

<解析> :  $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$  三個 sigma，一個 pi

單鍵通常是由 sigma bond 構成，雙鍵由 sigma and pi bonds 構成，而三鍵由兩個 pi 及一個 sigma bonds 構成。

- (C)23. 下列分子中，何者的中心原子具有 $sp^3$ 混成軌域？

(A)  $\text{CO}_2$  (B)  $\text{BeH}_2$  (C)  $\text{NF}_3$  (D)  $\text{BF}_3$

<解析>常考中心原子混成，注意孤立電子對數目及 sigma 鍵數目的總和要計入混成軌域數的計算，而 pi 鍵不必計算混成軌域數中。

- (C)24. 在潛水艇及太空船中，黃色超氧化鉀( $\text{KO}_2$ ) 常被當作空氣淨化劑使用，其未平衡反應方程式為  $\text{KO}_2(s) + \text{CO}_2(g) \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3(s) + \text{O}_2(g)$

試問在 1.0 atm  $25^\circ\text{C}$  下要除去艙內 50 升之  $\text{CO}_2$  (24.47 升/1 莫耳)廢氣需要使用多少克之  $\text{KO}_2$  (分子量 71.1 g/mol)？

(A) 75 克 (B) 145 克 (C) 290 克 (D) 360 克

<解析> $4\text{KO}_2(s) + 2\text{CO}_2(g) \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_3(s) + 3\text{O}_2(g)$  “方程式需自行平衡”

使用  $50 \text{ L} / (24.47 \text{ L/mol}) = 2.04 \text{ mol CO}_2$

$(2.04/2) \times 4 \times 71.1 = 290 \text{ g}$

要常注意尚有有限量試劑題及莫耳數轉換成原子分子數目及莫耳濃度及質量克數等基礎化學計量問題，有時會加考產率問題等。

- (B)25. 具大蒜味之二丙烯基硫 (dially sulfide) 其氧化物常用於合成大蒜油，具強抗菌作用及對抗傷寒熱。在  $177^\circ\text{C}$  200 Torr 下，該成分氣體之密度為  $1.04 \text{ g/L}$ ，故可知其分子量是多少  $\text{g/mol}$ ? ( $R = 62.364 \text{ L.Torr/K.mol}$ )

(A) 89 (B) 146 (C) 224 (D) 312

<解析>常考  $P = (DRT)/M$ ， $D$ (密度)， $M$ (分子量)

注意單位變化：

$R = 8.314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$  for PV(Joule)

$= 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}\text{.K}^{-1}$  for P(atm)，V(L)

$= 1.987 \text{ cal.L.mol}^{-1}\text{.K}^{-1}$  for PV(cal)

$= 62.4 \text{ torr.L.mol}^{-1}\text{.K}^{-1}$  for P(torr)，V(L)

- (D)26. 已知一重量莫耳濃度( $m$ )為  $0.20$  之  $\text{NaCl}$  水溶液其凝固點為  $-0.670^\circ\text{C}$ 。求  $\text{NaCl}$  在溶液中的解離度為何? (水的凝固點下降常數  $K_f$  為  $1.86^\circ\text{C.m}^{-1}$ )

(A) 20 % (B) 40 % (C) 60 % (D) 80 %

<解析>依數性(Colligative properties)超級必考

$\Delta T_b = imK_b$ ;  $\Delta T_f = imK_f$ ;  $\Pi = iCRT$ ;  $P_A = (1 - \chi_B)P_A^*$

$i = 1 + n\alpha$ ， $n$  為解離離子數目減解離前分子數目， $\alpha$  為解離度。

- (A)27. 在一大氣壓  $25^\circ\text{C}$  時，下列何種氣體的性質最接近理想氣體?

(A) 氮氣 (B) 氯化氫 (C) 氨氣 (D) 正丁烷

<解析>理想氣體為不佔有體積不具有分子間作用力故  $a$ ， $b$  值愈近於零者愈接近理想氣體。

- (A)28. 若某物質固體密度大於液體密度，其相圖中固相—液相之斜線斜率為?

(A) 正值 (B) 無法由三相點決定 (C) 無法由臨界點決定 (D) 等於零

<解析>固體密度 > 液體密度 > 氣體密度  $\rightarrow$  冷凝收縮形物質  $\rightarrow dP/dT > 0$ ; 固體密度 < 液體密度  $\rightarrow$  如冰及水  $\rightarrow$  冷凝膨脹物質  $\rightarrow dP/dT < 0$

- (B)29. 假設苯和甲苯互溶形成理想溶液，在  $25^\circ\text{C}$  時，苯的蒸氣壓為  $a$  毫米汞柱，甲苯的蒸氣壓為  $b$  毫米汞柱，下列敘述何者正確?

(A)  $b > a$  (B) 當溶液中苯的莫耳分率為  $0.5$  時，溶液的蒸氣壓為  $(a+b)/2$

(C) 苯和甲苯混合互溶的過程為放熱反應 (D) 苯和甲苯之分子間沒有作用力

<解析>溶液的蒸氣壓為總壓

理想溶液遵守拉午耳定律( $P_T = \chi_1 P_1^* + \chi_2 P_2^*$ )

- (D)30. 某氣體分子，其擴散速率是氮氣的一半，該氣體分子量為何? (氮氣的分子量為  $28.0$ )

(A)  $14.0 \text{ g/mol}$  (B)  $28.0 \text{ g/mol}$  (C)  $56.0 \text{ g/mol}$  (D)  $112 \text{ g/mol}$

<解析> $v_1/v_2 = \sqrt{(M_2/M_1)}$  Graham's law

- (B)31. 下列溶液中，那一個溶液的沸點最高?

(A)  $0.100 \text{ m CaCl}_2$  (B)  $0.200 \text{ m NaOH}$  (C)  $0.050 \text{ m Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (D)  $0.200 \text{ m CH}_3\text{OH}$

<解析> $i$  值愈大者沸點上升愈多

高難度考型會加考非揮發性物質中解離度未達百分之百的電解質或錯離子。

- (A)32. 某生想測量一非電解質物質的分子量，他將  $15 \text{ g}$  該物質溶解在  $150 \text{ g}$  的水中，在常壓下測得該溶液的凝固點為  $-1.0^\circ\text{C}$ ，若水的莫耳凝固點下降常數為  $1.86^\circ\text{C/m}$ ，則該物質的分子量為何?

(A)  $186 \text{ g/mol}$  (B)  $93 \text{ g/mol}$  (C)  $46.5 \text{ g/mol}$  (D)  $121 \text{ g/mol}$

<解析>：常考依數性應用中分子量的求算：

$\Delta T = i \times K \times (\text{solute moles})/1000 \text{ g solvent}$

Solute moles = solute mass(gram)/solute 分子量

- (A)33. 某一物質 X，其三相點(triple-point)溫度為 20°C，壓力為 2.0 atm。下列敘述何者不可能為真？  
 (A) 在 25°C，1 atm 的狀態下，液態 X 可以穩定存在  
 (B) 超過 20°C 時，X 可以以固體狀態存在  
 (C) 超過 20°C 時，X 可以以液體狀態存在  
 (D) 在 20°C 時，液態 X 與固態 X 擁有相同蒸氣壓  
 <解析>常考相圖分佈，壓力低於三相點必不存在液態。
- (B)34. 兩純液體混合形成溶液的過程中，放出一定量的熱。請問所形成的溶液其真實蒸汽壓應較拉午耳定律(Raoult's law)的預測值為：  
 (A) 高 (B) 低 (C) 相同 (D) 以上皆非  
 <解析>沸點上升，蒸氣壓下降\*\*  
 (因為混合產生熱，表示兩溶液間有分子交互作用力上升，因此將來沸點必上升，造成負偏差)
- (D)35. 一氧化氮之氧化反應為  $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_2(g)$ ，其反應速率式  $\text{rate} = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$ ，則在一定溫度下將反應混合氣體之體積壓縮至原來體積之 1/3 時，反應速率應變為未壓縮前之若干倍？  
 (A) 2/3 倍 (B) 3 倍 (C) 9 倍 (D) 27 倍  
 <解析>考 rate law 濃度變化對反應速率的影響
- (B)36. 有一化學反應式為  $2\text{A}_{(g)} = 2\text{B}_{(g)} + \text{C}_{(g)}$ ，其化學平衡常數 K 在室溫為  $1 \times 10^4$ ，而在較高溫時為  $1 \times 10^5$ ，如將此反應置於冰浴中進行，將導致：  
 (A) [A] 之濃度增加 (B) [B] 之濃度增加  
 (C) 對 [A] 和 [B] 之濃度無影響 (D) 無法判斷  
 <解析>：考 LeChatelier principle，溫度是可以改變平衡常數的因素之一(尚有物質本性亦可改變平衡常數)，上題由於加溫時平衡常數變小表示其為放熱反應故降溫時利於反應向右。
- (A)37. 由 Arrhenius 方程式： $k = Ae^{-E_a/RT}$ ，我們可以藉由下面哪一組作圖的斜率得知反應之活化能？  
 (A)  $\ln k$  vs  $1/\text{temperature}$  (B)  $\ln k$  vs  $1/\text{time}$  (C)  $1/k$  vs  $\text{temperature}$  (D)  $1/k$  vs  $1/\text{time}$   
 <解析>：常考 Arrhenius equation 之數學關係式求各種變數  
 $\ln k = -E_a/(RT) + \ln A$  for the  $y = mx + b$  so  $x = (1/T)$   
 $m = -(E_a/R)$  "slope"
- (D)38. 右列反應中，哪一項為真？ $2\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{P}$   $\text{rate} = k[\text{A}]$   
 (A) 此反應級數為 3 (B)  $\ln[\text{A}] = k/t$  (C)  $[\text{A}] = 1/(k \times t_{1/2})$  (D)  $t_{1/2} = 0.693/k$   
 <解析>請熟悉各級反應之半生期及濃度對時間之關係式(超級必考)
- (B)39. 一公升的容器中內，剛開始裝有 0.0560 mol  $\text{O}_2$  和 0.0200 mol  $\text{N}_2\text{O}$ ，已知此兩種氣體會行下列反應，當反應達平衡時，容器內  $\text{NO}_2$  的量變為 0.0200 mol，請問此反應的平衡常數  $K_c$  為多少？  
 $2\text{N}_2\text{O}_{(g)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 4\text{NO}_2(g)$   
 (A) 11.6 (B) 23.2 (C) 34.8 (D) 46.4  
 <解析>要善長使用平衡態濃度或莫耳數變化之方程式
- |                       |   |               |               |                |             |
|-----------------------|---|---------------|---------------|----------------|-------------|
| $2\text{N}_2\text{O}$ | + | $3\text{O}_2$ | $\rightarrow$ | $4\text{NO}_2$ |             |
| 0.0200 mol            |   | 0.0560 mol    |               | 0.00 mol       | initial     |
| -0.0100 mol           |   | - 0.0150 mol  |               | + 0.0200 mol   | change      |
| 0.0100 mol            |   | 0.0410 mol    |               | 0.0200 mol     | equilibrium |
- $$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^4}{[\text{N}_2\text{O}]^2[\text{O}_2]^3} = \frac{(0.0200)^4}{(0.0100)^2(0.0410)^3} = 23.2$$
- (B)40. 有一反應  $2\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$ ，猜測其反應機構(reaction mechanism)如下：  
 步驟一： $\text{A} + \text{B} \leftrightarrow \text{D}$  (快速平衡反應)  
 步驟二： $\text{D} + \text{B} \rightarrow \text{E}$   
 步驟三： $\text{E} + \text{A} \rightarrow \text{C} + \text{B}$   
 若步驟二為速率決定步驟，則 C 的形成速率應為：  
 (A)  $k[\text{A}]^2[\text{B}]$  (B)  $k[\text{A}][\text{B}]^2$  (C)  $k[\text{A}]$  (D)  $k[\text{A}][\text{B}]$

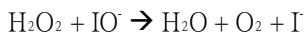
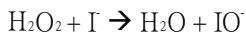
<解析>超級必考題型(難題時可用 SSA 法，此法常用於不告知 rds 是哪一步時)

第二步是速率決定步驟，速率最慢，故  $\text{rate} = k_2[\text{D}][\text{B}] = d[\text{C}]/dt$

由第一步平衡來看： $[\text{D}]/([\text{A}][\text{B}]) = K$ ， $[\text{D}] = K[\text{A}][\text{B}]$  代入上式可得：

$$\text{rate} = k_2 K [\text{A}][\text{B}]^2 = k[\text{A}][\text{B}]^2$$

- (B)41. 有一反應， $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ，其反應機構如下所示：



請問在此反應中，何者為催化劑？

- (A)  $\text{H}_2\text{O}$  (B)  $\text{I}^-$  (C)  $\text{H}_2\text{O}_2$  (D)  $\text{IO}^-$

<解析>超級必考催化劑觀念，催化劑可增加反應速率，催化劑只在反應過程中參與反應，不在總反應方程式中產生，且催化劑可以回收。

(中間物亦在反應過程中產生，但無法回收， $\text{IO}^-$  是中間物)

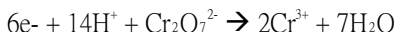
Note： $\text{I}^-$  可被  $\text{H}_2\text{O}_2$  氧化成  $\text{IO}^-$ ，故催化劑只是  $\text{I}^-$ ，並不存在於總反應中。

- (D)42. 在還原反應  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$  的平衡反應式有幾個電子轉移？

- (A) 2 (B) 4 (C) 12 (D) 6

<解析>常考氧化還原反應平衡化學方程式，其為重要基本觀念

Note：



- (C)43. 為了解  $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_2^-(\text{aq}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  之反應為幾級，以下是小明利用最初速率法 (method of initial rate) 所得結果，試求此反應之級數及反應速率常數(k)

實驗	$\text{NH}_4^+$ 的最初濃度	$\text{NO}_2^-$ 的最初濃度	最初速率(mol/L·s)
1	0.100 M	0.0050 M	$1.35 \times 10^{-7}$
2	0.100 M	0.010 M	$2.70 \times 10^{-7}$
3	0.200 M	0.010 M	$5.40 \times 10^{-7}$

- (A) 0 級： $2.7 \times 10^{-7}$  (B) 1 級： $2.7 \times 10^{-6}$  (C) 2 級： $2.7 \times 10^{-4}$  (D) 2 級： $2.7 \times 10^{-5}$

<解析>超級必考題型，初期反應速率法可求反應級數反應速率常數是實驗上重要的方法之一。先假設  $\text{rate} = k[\text{NH}_4^+][\text{NO}_2^-]$  利用  $\text{rate}_3/\text{rate}_2$ ， $\text{rate}_2/\text{rate}_1$  可得 x, y 值再利用上表之最初速率可倒求速率常數。

- (D)44. 催化劑可加速化學反應速率，其主要原因為

- (A) 改變碰撞頻率 (B) 降低整個化學反應所有正、逆向的活化能  
(C) 降低逆向反應的活化能 (D) 提供另一個較低活化能的反應途徑

<解析>

Note：

A catalyst provides a new reaction pathway with a lower activation energy, thereby allowing more reactant molecules to cross the barrier and form products. Notice that  $E_a$  for the reverse reaction is also lowered on the catalyzed path.

Ref: Atkins, Chemistry, Molecules, Matter and Change, 4<sup>th</sup> ed. p.595

- (B)45. 下列哪個化合物有分子間氫鍵

- (A)  $\text{CH}_4$  (B)  $\text{H}_2\text{NNH}_2$  (C)  $\text{CH}_3\text{F}$  (D)  $\text{H}_2\text{S}$

<解析>氫鍵必須結合對酸鹼化學的認知，才能發揮你對氫鍵真正的了解：氫鍵受體必為 F, N, O；氫鍵給體要有明顯的酸性氫( $\text{H}^+$ )”  $\text{pK}_a \leq 33 \sim 35$  者 “……..破題密技不能公開

Note：考古題

- (D)46. 以六方最密堆積(hexagonal close-packed)所構成的金屬晶體中，各金屬原子的配位數(coordination number)為多少？

- (A) 4 (B) 8 (C) 10 (D) 12

<解析>固態化學常考之固體堆積法，要熟記各種配位數，原子環境等，還有堆積效率要能夠

計算也要能夠記住他。

- (B)47. 某分解反應為一級反應，其半生期(half-life) 188 秒。若起始反應物的濃度是 0.524M，經 752 秒後反應物的濃度變成多少？

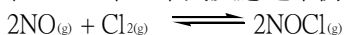
(A) 0.0164 M (B) 0.0328 M (C) 0.0665 M (D) 0.133 M

<解析>各級反應之濃度對時間之數學關係式要熟記

$$[A] = [A]_0 \cdot \exp(-kt) \quad , \quad t_{1/2} = 0.693/k = 188 \quad , \quad k = 0.693/188$$

$$[A] = 0.524 \times \exp [(-0.693/188) \times 752] = 0.0328 \text{ M}$$

- (C)48. 在 308 K 下，下列反應之平衡常數  $K_p$  為  $6.5 \times 10^{-4}$ ，請問其  $K_c$  為若干？



(A)  $2.5 \times 10^7$  (B)  $6.5 \times 10^4$  (C)  $1.6 \times 10^2$  (D) 1.7

<解析>超級必考之化學平衡數學關係式

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \rightarrow K_c = (6.5 \times 10^{-4}) / (0.082 \times 308)^1 = 1.6 \times 10^2$$

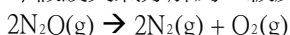
由於  $K_p$  是以 atm 計，所以 R 以 0.082 代之。

- (C)49. 已知笑氣  $\text{N}_2\text{O}$  分解生成  $\text{N}_2$  和  $\text{O}_2$  為一級反應，其半生期為  $t$ 。若將 8 大氣壓的  $\text{N}_2\text{O}$  置於一固定體積及溫度的容器中，試問經過  $t$  時間後，此系統之總壓力變為幾大氣壓？

(A) 4 (B) 8 (C) 10 (D) 12

<解析>常考反應動力學結合氣體相關化學之考法

今假設笑氣分解為一級反應(事實上為零級，以黃金為觸媒)



經過  $t$  時間只分解一半，故  $\text{N}_2\text{O}$  還有 4 大氣壓，而  $\text{N}_2 + \text{O}_2$  有  $4 \times 1.5 = 6$  大氣壓(因為體積溫度固定，壓力與氣體莫耳數成正比，方程式中得知  $\text{N}_2\text{O}$  分解時，產物  $\text{N}_2 + \text{O}_2$  的莫耳數將是反應物  $\text{N}_2\text{O}$  的 1.5 倍(2 莫耳的  $\text{N}_2 + 1$  莫耳的  $\text{O}_2 = 3$  莫耳)，故  $4 + 6 = 10$  大氣壓。

**警告：**綜合題型很重視基本觀念的認知常常觀不清時簡單的題目都會回答不出來的。

- (A)50. 當每種化合物都以 0.5 莫耳溶解在 1 升的水中時，下列哪個配對可以形成緩衝溶液？

(A)  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_3$  (B)  $\text{HNO}_3/\text{KNO}_2$  (C)  $\text{NH}_3/\text{BaBr}_2$  (D)  $\text{HCN}/\text{KClO}$

<解析>超級必考緩衝溶液觀念：弱酸/弱酸鹽 or 弱鹼/弱鹼鹽的組合即為緩衝溶液的組合。

- (B)51. 欲由下列酸及其鹽類配製  $\text{pH} = 4.0$  之緩衝溶液，何者是較佳選擇？氯化醋酸  $K_a = 1.35 \times 10^{-3}$ ，丙酸  $K_a = 1.3 \times 10^{-5}$ ，苯甲酸  $K_a = 6.4 \times 10^{-5}$ ，次氯酸  $K_a = 3.5 \times 10^{-8}$

(A) 次氯酸 (B) 苯甲酸 (C) 丙酸 (D) 氯化醋酸

<解析>Henderson-Hasselbalch equation (超級必考)

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log([\text{base}]/[\text{acid}]) \text{ or } \text{pOH} = \text{pK}_b + \log([\text{acid}]/[\text{base}])$$

$\text{pH} = \text{pK}_a$  or  $\text{pOH} = \text{pK}_b$  時有最大緩衝能力。

找  $\text{pK}_a = -\log(K_a)$  最接近  $\text{pH} = 4.0$  者。

- (A)52. 下列哪一個氧化物溶解在水中會得到酸性溶液？

(A)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  (B)  $\text{CaO}$  (C)  $\text{SrO}$  (D)  $\text{BaSO}_4$

<解析>產生磷酸

請準備好各種布忍斯特學說相關的酸鹼化學觀念：氧化物酸鹼判定法，含氧酸酸性比較法，金屬離子在水中之酸性比法，氯化物酸性比較法(超級必考)。

- (C)53. 下列哪一個化合物具有最強鹼性？

(A) urea ( $\text{pK}_b = 13.90$ ) (B) morphine ( $\text{pK}_b = 5.79$ )

(C) methylamine ( $\text{pK}_b = 3.44$ ) (D) ammonia ( $\text{pK}_b = 4.75$ )

<解析>： $\text{pK}_a$  愈小愈酸； $\text{pK}_b$  愈小愈鹼，常見之各種酸性物質的  $\text{pK}_a$  建議要記住才能應付高難度的試題。

- (B)54. 指示劑甲基藍本身就是一個酸性物；酸式甲基藍  $\text{HIn}$  呈現黃色，鹼式甲基藍  $\text{In}^-$  呈現藍色， $\text{HIn}$  之  $K_a = 1.0 \times 10^{-7}$ ，在強酸溶液中滴入少許的甲基藍作為指示劑，並以  $\text{NaOH}$  來滴定此一強酸溶液，求此指示劑在哪個  $\text{pH}$  值將可以看到顏色開始轉變？

(A) 5 (B) 6 (C) 7 (D) 8

<解析> :  $\text{pH} = \text{pK}_a \pm 1$

(B)55. 下列鹽類中，何者在酸中的溶解度遠大於在中性水中的溶解度？

(A)  $\text{AgBr}$  (B)  $\text{CaF}_2$  (C)  $\text{PbCl}_2$  (D)  $\text{Hg}_2\text{I}_2$

<解析>在酸中可生成 HF，其為弱酸，其他都生成 HI，HBr，HCl 等強酸且 HF 因強氫鍵之因素，造成  $\text{CaF}_2$  之 F-消耗最多，故平衡向溶解方向移動最大

(B)56. 下列何者可由等體積的醋酸溶液和醋酸鈉溶液配製成  $\text{pH} = 5$  的緩衝溶液？( $\text{CH}_3\text{COOH}$  的  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ )

(A) 0.18 M 醋酸鈉加 1 M 醋酸 (B) 0.18 M 醋酸鈉加 0.1 M 醋酸

(C) 0.018 M 醋酸鈉加 1 M 醋酸 (D) 1 M 醋酸鈉加 1 M 醋酸

<解析> $\text{pH} = \text{pK}_a + \log(0.18/0.1)$  Henderson-Hasselbalch equation

$$= -\log(1.8 \times 10^{-5}) + \log(1.8) = -\log(1.8) + 5 + \log(1.8) = 5$$

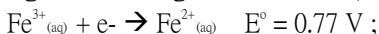
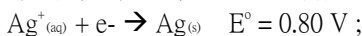
(C)57. 對於熵(entropy)的敘述，何者正確？

(A)  $S_{(s)} > S_{(l)} > S_{(g)}$  (B) 糖加入水中， $\Delta S < 0$

(C)  $100^\circ\text{C}$  的水汽化時， $\Delta S_{\text{surr}} < 0$  (D) 放熱過程， $\Delta S_{\text{surr}} < 0$

<解析>水汽化由環境對系統傳送能量，故環境熵變小

(A)58. 下列哪一個為最強的還原劑？

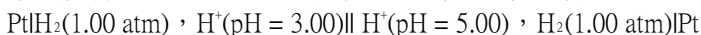


(A) Cu (B)  $\text{Fe}^{3+}$  (C) Ag (D)  $\text{Ag}^+$

<解析>還原電位最小，Cu 最易氧化，故 Cu 為最佳還原劑

(還原劑本身被氧化)， $\Delta G^\circ = -nFE^\circ$ ，電位大於零且愈大者自發性愈強。

(C)59. 下列伏打電池 (voltaic cell) 在  $25^\circ\text{C}$  時的電位為何？

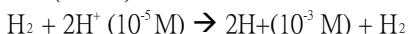
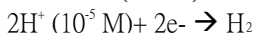
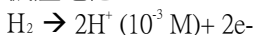


氫的標準還原電位為 0.000 V

(A) 0.0296 V (B) 0.0592 V (C) 0.118 V (D) 0.178 V

<解析>Concentration cell 超級必考

濃差電池



$$E_{\text{cell}} = 0.000 \text{ V} - (0.0592/2) \log [(10^{-3})^2/(10^{-5})^2] = -0.118 \text{ V}$$

\*\*本電池位置放反了

(D)60. 一伏打電池 (voltaic cell) 內所牽涉的反應，其  $\Delta H^\circ$  及  $\Delta S^\circ$  皆為正值。請問下列敘述何者為真？(A)

在任何溫度下， $\Delta G^\circ > 0$  (B)  $E^\circ_{\text{cell}}$  隨溫度的提高而降低

(C)  $E^\circ_{\text{cell}}$  不隨溫度的提高而改變 (D)  $E^\circ_{\text{cell}}$  隨溫度的提高而提高

<解析> $\Delta G^\circ = -nFE^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$

(A)61. 當難溶鹽  $\text{MX}_2$  的溶解度為  $S$  莫耳/升時，其溶解度積常數  $K_{\text{sp}}$  為何？

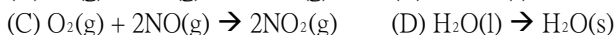
(A)  $K_{\text{sp}} = 4S^3$  (B)  $K_{\text{sp}} = 2S^2$  (C)  $K_{\text{sp}} = S^2$  (D)  $K_{\text{sp}} = 3S$

<解析> $\text{MX}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{M}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{X}^-(\text{aq})$

S                      2S                      at equilibrium

$$K_{\text{sp}} = [\text{M}^{2+}][\text{X}^-]^2 = (S)(2S)^2 = 4S^3$$

(B)62. 以下哪一個化學反應，其  $\Delta S > 0$ ？



<解析>熵值大小判定法：固體 < 液體 < 氣體 (優先判定); 相態相同時比較原子量大小或分子量大小



小(愈大者熵值愈大);化學方程式中分子或物種數目由少變多者熵值大於零;反之由多變少者熵值小於零。

(B)63.無論在任何溫度下,化學反應均屬非自發反應(nonspontaneous)之條件為下列何者?

(A)  $\Delta H > 0$ ,  $\Delta S > 0$  (B)  $\Delta H > 0$ ,  $\Delta S < 0$  (C)  $\Delta H < 0$ ,  $\Delta S > 0$  (D)  $\Delta H < 0$ ,  $\Delta S < 0$

<解析> $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  公式判定溫度對自發性的影響。

(C)64.有一系統從其周圍級收 140 J 的熱能,同時對外做了 85 J 的功(work),該系統內能的改變為

(A) 140 J (B) 85 J (C) 55 J (D) 225 J

<解析>熱力學第一定律  $\Delta U = q + w$

$q = 140 \text{ J}$ ,  $w = -85 \text{ J}$ ,  $\Delta U = 140 \text{ J} - 85 \text{ J} = 55 \text{ J}$

(C)65.已知氨氣液化  $\text{NH}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{l})$  過程之  $\Delta S_{\text{fusion}} = 24.0 \text{ J/K}$  和  $\Delta H_{\text{fusion}} = 7.2 \text{ kJ}$ , 請問氨氣之熔點為何?

(A)  $-300^\circ\text{C}$  (B)  $-27^\circ\text{C}$  (C)  $27^\circ\text{C}$  (D)  $300^\circ\text{C}$

<解析> $\Delta S = \Delta H/T$

$T = 7.2 \text{ kJ}/24.0 \text{ (J/K)} = 300 \text{ K}$ , 即  $300 - 273 = 27^\circ\text{C}$

★本題是出題者亂設條件而出的,事實是氨的熔點並非  $27^\circ\text{C}$ 。

(亦可能是其他的壓力條件,只要依題意計算即可得解。)

(D)66.  $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g})$   $\Delta H^\circ = -566.0 \text{ kJ}$  在  $25^\circ\text{C}$  及 1 大氣壓時,則該反應的內能變化(internal energy change,  $\Delta E$ ) 是多少? ( $1 \text{ atm} \cdot \text{L} = 101.3 \text{ J}$ )

(A)  $+566.5 \text{ kJ}$  (B)  $+563.5 \text{ kJ}$  (C)  $-566.5 \text{ kJ}$  (D)  $-563.5 \text{ kJ}$

<解析>考焓的基本定義

$\Delta H^\circ = \Delta E + P\Delta V = \Delta E + \Delta nRT = \Delta E + (2 - 3) \times 8.3145 \times 298$ ,  $\Delta E = -563.5 \text{ kJ}$

(B)67.在  $25^\circ\text{C}$  時  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$   $\Delta H^\circ = -92.6 \text{ kJ}$ , 則其周圍的亂度改變值 ( $\Delta S_{\text{surr}}$ ) 為多少?

(A)  $+211 \text{ J/K}$  (B)  $+311 \text{ J/K}$  (C)  $-211 \text{ J/K}$  (D)  $-311 \text{ J/K}$

<解析> $\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S + \Delta S_{\text{surr}}$ ,  $S(\text{system})$  與  $\Delta S_{\text{surr}}$  差一個負號

條件是達化學平衡時  $\Delta S_{\text{univ}} = 0$ , 則  $\Delta S = \Delta H^\circ/T$ ,  $\Delta S_{\text{surr}} = -\Delta H^\circ/T$

$\Delta S_{\text{surr}} = -\Delta H^\circ/T = 92.6 \text{ kJ}/298 \text{ K} = +311 \text{ J/K}$

(B)68.將下列兩個半電池相連時,其正確之自發性反應平衡式為下列何者?

$\text{Al}(\text{s}) \mid \text{Al}^{3+}(\text{aq}) \parallel \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Ni}(\text{s})$

(A)  $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + \text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + \text{Ni}(\text{s})$  (B)  $3\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Ni}(\text{s})$

(C)  $\text{Ni}(\text{s}) + \text{Al}^{3+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + \text{Al}(\text{s})$  (D)  $3\text{Ni}(\text{s}) + 2\text{Al}^{3+}(\text{aq}) \rightarrow 3\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Al}(\text{s})$

<解析>左邊為陽極(anode)右邊為陰極(cathode)。

$2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{e}^-$

$3\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{Ni}(\text{s})$

$3\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Ni}(\text{s})$

(D)69.利用下列資料,請算出三莫耳銅被硝酸氧化之  $\Delta G^\circ$  值為若干?

$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s}); E^\circ = 0.34 \text{ V}$

$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}); E^\circ = 0.957 \text{ V}$

(A)  $-120 \text{ kJ}$  (B)  $-180 \text{ kJ}$  (C)  $-240 \text{ kJ}$  (D)  $-360 \text{ kJ}$

<解析>電化學之精要即為給合熱力學中的自由能觀念(超級必考)

$3\text{Cu}(\text{s}) \rightarrow 3\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 6\text{e}^-; E^\circ = -0.34 \text{ V}$

$2\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{NO}(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}); E^\circ = 0.957 \text{ V}$

$3\text{Cu}(\text{s}) + 2\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 3\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{NO}(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) E^\circ = 0.617 \text{ V}$

$\Delta G^\circ = -nFE^\circ = -6 \times 96500 \times 0.617 = -360 \text{ kJ}$

(A)70.25.0 mL, 0.35 M  $\text{HCOOH}(\text{aq})$  與 25.0 mL, 0.20 M  $\text{KOH}(\text{aq})$  混合後,溶液之 pH 值為若干?

(已知  $\text{HCOOH}(\text{aq})$  之  $K_a = 1.77 \times 10^{-4}$  ( $\log 1.77 = 0.248$ ))

(A) 3.88 (B) 4.00 (C) 4.63 (D) 5.51

<解析>緩衝溶液的生成或是 pH 值的改變考法，都要使用韓德生公式，利用[base] or [acid]的增減決定 buffer 的最終 pH 值。

利用韓德生的公式：

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log([\text{NaA}]/[\text{HA}])$$

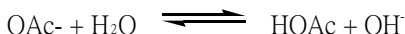
$$\text{pH} = -\log(1.77 \times 10^{-4}) + \log((0.025 \times 0.20)/(0.025 \times 0.35 - 0.025 \times 0.20)) = 3.88$$

- (B)71. 醋酸鈉( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )常用於紡織原料的染色，也是製藥工業常使用的原料。醋酸的 $K_a$ 值是 $1.8 \times 10^{-5}$ ，求 0.25M 醋酸鈉的 pH 值？

(A) 9.88 (B) 9.08 (C) 8.88 (D) 8.08

<解析>要熟悉各種高初濃度時之快解求弱酸或弱鹼之 pH or pOH 值的方法

$$K_b = [\text{OH}][\text{HOAc}]/[\text{OAc}^-], \quad K_a K_b = K_w = 10^{-14}, \quad K_b = (10^{-14})/(1.8 \times 10^{-5})$$



$$0.25 - x \qquad \qquad x \qquad \qquad x$$

$$K_b \sim x^2/(0.25), \quad x = (0.25 \times K_b)^{1/2} = [\text{OH}^-] = 1.179 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log(1.179 \times 10^{-5}) = 4.93, \quad \text{pH} = 14 - 4.93 = 9.07$$

- (D)72.5 莫耳的單原子理想氣體在 1 atm 下溫度由 135°C 轉變為 85°C，計算此過程的熵變化( $\Delta S$ )? ( $\ln 0.88 = -0.131$ )

(A) - 250.0 J/K (B) - 9.62 J/K (C) - 48.9 J/K (D) - 13.6 J/K

<解析>理想氣體之熱容量與熵的關係

$$C_v = (3/2)R, \quad C_p = C_v + R = (5/2)R$$

$$\text{定壓熵的變化: } (T_2/T_1) = (V_2/V_1)$$

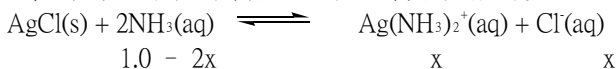
$$\Delta S = nC_v \ln(T_2/T_1) + nR \ln(V_2/V_1) = nC_p \ln(T_2/T_1)$$

$$= 5 \times (5/2) \times 8.3145 \times (-0.131) = -13.6 \text{ J/K}$$

- (B)73.  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  的  $K_f$  值是  $1.7 \times 10^7$ ， $\text{AgCl}$  的  $K_{sp}$  值是  $1.6 \times 10^{-10}$ ，請求出  $\text{AgCl}$  在 1.0 M 的  $\text{NH}_3$  中的溶解度(M)? ( $\sqrt{27.2} = 5.22$ )

(A)  $5.2 \times 10^{-2}$  (B)  $4.7 \times 10^{-2}$  (C)  $2.9 \times 10^{-3}$  (D)  $1.3 \times 10^{-5}$

<解析>影響溶解沈澱的因素有 pH or pOH 值，離子物種的濃度變化(可依勒沙特烈原理決定之)，尚有一項是錯合物的生成也會改變溶解度。



$$1.0 - 2x \qquad \qquad \qquad x \qquad \qquad \qquad x$$

$$K_f = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]/\{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2\} \quad K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$$

$$K = K_f \times K_{sp} = 1.7 \times 10^7 \times 1.6 \times 10^{-10} = x^2/(1.0 - 2x)^2$$

$$\rightarrow 5.22 \times 10^{-2} = x/(1.0 - 2x)$$

$$5.22 \times 10^{-2} - 0.1044x = x, \quad 1.1044x = 5.22 \times 10^{-2}, \quad x = 4.7 \times 10^{-2}$$

(本題未注意到有效數字)

- (D)74. 有一反應平衡式為  $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$ ，在 700 K 時  $K_p = 5.10$ ，請計算在此溫度下的  $\Delta G^\circ$ ? ( $\ln 5.1 = 1.63$ )

(A) 0 kJ (B) 29.7 kJ (C) 9.48 kJ (D) - 9.48 kJ

<解析>此題型可改考為不同溫度下可求不同的  $K_p$  值，也就是溫度可以改變平衡常數的考法

$$\rightarrow \ln(K_{p1}/K_{p2}) = -(\Delta H^\circ/R)(1/T_1 - 1/T_2)$$

公式是由  $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -RT \ln K_p$  帶不同溫度條件而得(超級必考)

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p = -8.314 \times 700 \times \ln(5.10) = -9.48 \text{ kJ}$$

(本題本注意到有效數字)

- (D)75. 膠體粒子一般是藉由何種力量分散於溶液中而不會產生聚集沈澱？

(A) 凡得瓦力 (B) 偶極作用力 (C) 分子間氫鍵 (D) 靜電斥力

<解析>在膠體粒子外圍會產生一些電荷，而此電荷與溶液中的分散媒電荷相同，會產生靜電斥力，因此使膠體粒子不發生沈澱。

(A)76.  $P_2O_5$  在實驗室中常作為乾燥劑，這是因為  $P_2O_5$  可以吸收濕氣形成下列何種化合物？

- (A)  $H_3PO_4$  (B)  $H_3PO_3$  (C)  $H_2P_2O_7$  (D)  $HPO_3$

<解析>具吸水性質的行為，即乾燥劑的特性，有時候這類的化合物亦可當做防腐劑。

(私醫考過)

(C)77. 學生在實驗室中，想把鋁片用濃硝酸溶解，結果發現鋁片並不如想像中能迅速溶解在酸中，其原因為何？

- (A) 鋁是不活潑金屬 (B) 鋁離子的標準還原電位很小

(C) 鋁金屬表面生成一層保護的氧化層 (D) 形成的硝酸鋁不溶於水中

<解析>各種敘述性化學要準備(雖然考不多但仍有出題紀錄)

\*\*用廢鋁做實驗要先用砂紙磨光表面(大一普化實驗：以廢鋁罐製鋁明礬)

(C)78. 基態原子  ${}_{49}\text{In}$  電子組態為  $[\text{Kr}]5s^2 4d^{10} 5p^1$ ，若形成離子，下列何者最穩定？

- (A)  $\text{In}^+$  (B)  $\text{In}^{2+}$  (C)  $\text{In}^{3+}$  (D)  $\text{In}^{5+}$

<解析>惰對效應(inert pair effect)：以下物種都有抗拒生成高氧化態的現象是因為其價電子帶中的 s 電子不易移除導致。但安定度的部分產生不規則，是因為電化學電位決定了他們相對的安定度大小。

$\text{In}^{3+} > \text{In}^+$  ;  $\text{Tl}^+ > \text{Tl}^{3+}$  ;  $\text{Sn}^{4+} > \text{Sn}^{2+}$  ;  $\text{Pb}^{2+} > \text{Pb}^{4+}$  ;  $\text{Sb}^{3+} > \text{Sb}^{5+}$  ;  $\text{Bi}^{3+} > \text{Bi}^{5+}$  (左式為各種離子之安定度大小排列)

(D)79. 銻-244 ( ${}_{94}^{244}\text{Pu}$ ) 經連續進行  $\alpha$  ,  $\beta$  ,  $\beta$  ,  $\alpha$  蛻變後會成為：

- (A)  ${}_{88}^{236}\text{Ra}$  (B)  ${}_{90}^{236}\text{Th}$  (C)  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  (D)  ${}_{92}^{236}\text{U}$

<解析>核化學考法重觀念，要熟悉各種核反應流程，如 beta 衰變，正子發射，電子捕獲，alpha 衰變等.....

去掉兩個氦核(質量數 4/質子數 2)，再來兩次 beta 衰變(中子變質子，質量數不變)，故質子數變化為  $94 - 2 - 2 + 1 + 1 = 92$

質量數變化為  $244 - 4 - 4 = 236$

(C)80. 下列有關蛋白質結構之敘述，何者不正確？

(A) 雙硫鍵可提供分子間之重要的作用力

(B) 氫鍵可穩定蛋白質之  $\alpha$ -helix 結構

(C) 蛋白質在水中時，其非極性官能基往往裸露於蛋白質之表面

(D) 加熱可破壞蛋白質之三級結構

<解析>此題與插大原文題相同私醫常考蛋白質的性質：

一級結構→為胺基酸之順序

二級結構→由氫鍵所構成產生  $\alpha$ -helix 結構 or  $\beta$ -pleated 結構

三級結構→為  $\alpha$ -helix 結構 or  $\beta$ -pleated 結構以 ionic interaction , H-bond , covalent bond(disulfide linkage as -S-S-) , dipole-dipole , London dispersion force 等化學作用力或化學鍵完成的更複雜的三度空間結構

四級結構→為各種 subunit(即為三級結構)所組成的更大型的蛋白質結構，例如血紅蛋白由四個含鐵的 subunit 所組成。

(C)81. 下列哪一個錯離子化合物，加入硝酸銀溶液將產生沈澱物？

- (A)  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$  (B)  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)\text{Cl}]\text{SO}_4$  (C)  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  (D)  $\text{Na}_2[\text{CrCl}_6]$

<解析>常考配位化合物之外圈離子可解離，而內圈配位基不可解離(其實是解離度極低)，亦可考在水中導電度比較，只需計算出錯離子在水中解離的離子數目即可，離子數目愈多者導電性愈佳。

該錯離子解離出  $\text{Cl}^-$  離子，因氫離子在外配位圈，可解離與銀產生  $\text{AgCl}$  沈澱(內配位圈不可解離，與金屬共存生成離子)

(D)82. 錯離子  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  是一高自旋錯合物(high-spin complex)，其中心原子具有多少未配對電子(unpaired electron)?

(A) 0 (B) 2 (C) 3 (D) 5

<解析>錯合物分為強場(low-spin)及弱場(high-spin)兩種由其在正八面體錯合物中其為 $Fe^{3+}$ ，故只有五個d電子

(A)83. 化合物  $[Ni(H_2O)_6]Cl_2$  為綠色， $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$  為紫色，下列敘述何者正確？

- (A)  $[Ni(H_2O)_6]Cl_2$  吸收的光波長最長  
 (B)  $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$  吸收的光波長最長  
 (C)  $[Ni(H_2O)_6]Cl_2$  吸收黃綠色波長的光  
 (D)  $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$  吸收紅色波長的光

<解析>必考錯合物顏色及吸收波長的關係互補色的關係要記色譜波長要記可以加考比較晶場開裂大小(10Dq)， $Dq = f \times g$ ，f：ligand parameter，g： $M^{n+}$  ion parameter，光譜化學序列必記： $CO > CN > PR_3 > en > NH_3 > CH_3CN > H_2O > ox^{2-}$ (oxalate)  $> F > Cl > Br > I$

互補光關係及波長要記

(D)84. 欲觀察環己烯是否會使過錳酸鉀之水溶液褪色，首先將環己烯溶於一適當的溶劑，再慢慢滴入過錳酸鉀溶液(0.005 M)，並不斷搖盪，試問下列那一種溶劑最適合用來溶解環己烯，以進行此實驗？

- (A) 水 (B) 四氯化碳 (C) 氯仿 (D) 酒精

<解析>私醫考試有時會考有機化學實驗相關的問題由於 $KMnO_4$ 只可溶於高極性溶劑中而環己烯極性低只可溶於低極性溶劑中能兼具此兩化合物的溶劑只有酒精( $CH_3CH_2OH$ )因為酒精有疏水端( $CH_3CH_2$ )及親水端(OH)→要領：性質相似者互溶(like dissolves like)

(C)85. 血紅素(hemoglobin)攜帶氧氣時呈現紅色，未攜帶氧氣時呈現藍色，其原因為何？

- (A) 血紅素攜帶氧氣和未攜帶氧氣時，血紅素內含不同金屬  
 (B) 血紅素攜帶氧氣和未攜帶氧氣時，血紅素內金屬的氧化態不同  
 (C) 血紅素攜帶氧氣和未攜帶氧氣時，是不同的配位基接在金屬上  
 (D) 以上皆是

<解析>此為錯合物化學的一種應用

(C)86. DNA 的雙股螺旋是藉由何種鍵結靠在一起？

- (A) 雙硫鍵 (B) 氮氧共價鍵 (C) 氫鍵 (D) 碳氮共價鍵

<解析>常考相關類題：DNA → RNA → Protein 此為一般蛋白質生成的程序。除了少數病毒是 RNA → DNA 之外。尚常考 DNA 鹼基對配對法：A-T pair and G-C pair (必記)；RNA base pair：A-U，G-C

(A)87. 下列物種中，中心金屬離子的氧化數是 2+ 者是哪一個？

- (A)  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  (B)  $[Co(NH_3)_6]^{3+}$  (C)  $[Co(CN)_5(H_2O)]^{2-}$  (D)  $[Co(SO_4)(NH_3)_5]^+$

<解析>氧化數的計算很常考

(C)88. 已知  $^{13}_7N$  (nitrogen-13) 的半衰期為 10.0 min，請問其衰變常數 (decay constant) 為多少？

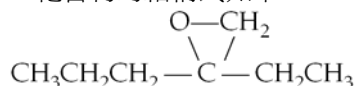
(附註： $\ln 2 = 0.693$ )

- (A) 0.0132/min (B) 0.0544/min (C) 0.0693/min (D) 0.0872/min

<解析>核化學亦常考蛻變律： $N = N_0 \times \exp(-kt)$ ， $t_{1/2} = 0.693/k$

放射性蛻變一級反應可考各種計算問題，利用半衰期( $t_{1/2}$ )求衰變常數k。

(B)89. 一化合物的結構式如下：



根據其官能基(functional group)，此一化合物屬於：

- (A) 酮(ketone) (B) 醚(ether) (C) 醛(aldehyde) (D) 酯(ester)

<解析>各種有機化合物官能基必記見上課講義

(A)90. 右述反應中，產生之輻射為何？ $^{242}_{96}Cm \rightarrow ^{238}_{94}Pu + \underline{\hspace{2cm}}$

(A)  $\alpha$  粒子 (B)  $\beta$  粒子 (C)  $\gamma$  射線 (D) 中子

<解析>利用質量守恆決定核反應方程式中的各物種

$238 + 4 = 242$ ;  $94 + 2 = 96$  ,  $\alpha$  粒子為質量數 4 , 質子數 2 之物種。

(C)91. 試問下列何者之中心金屬原子其 d 軌域分裂後的能階差值( $\Delta$ )最小?

(A)  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  (B)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  (C)  $[\text{CoF}_6]^{+}$  (D)  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{+}$

<解析>錯合物光譜化學序列要記才能決定晶場開裂大小( $\Delta$ ) or  $10Dq$

$\text{CN}^- > \text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O} > \text{F}^-$

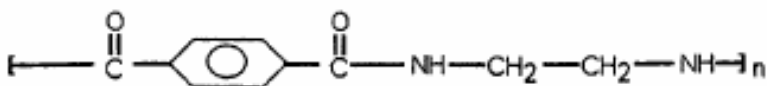
(B)92. 下列哪一個選項最適合用於描述多勝肽(polypeptide)?

(A) 多勝肽是氨基酸的加成聚合物 (B) 多勝肽是氨基酸的縮合聚合產物

(C) 多勝肽是醣分子的聚合物 (D) 多勝肽是核酸的一部分

<解析>Note: 縮合聚合特色: 脫去一水分子或其他分子。勝肽屬於胺基酸的縮合物。

(D)93. 根據下列聚合物的結構式, 哪一個選項的描述最適合用於解釋此聚合物的形成?



(A) 此為 homopolymer, 由加成反應(addition reaction)形成。

(B) 此為 homopolymer, 由縮合反應(condensation reaction)形成。

(C) 此為 copolymer, 由加成反應形成。

(D) 此為 copolymer, 由縮合反應形成。

<解析>聚合物化學超級必考: 單體聚合成聚合物有兩種基本形態: 1. Addition polymerization (加成聚合) 2. Condensation polymerization (縮合聚合)

加成聚合法是單體直接相連沒有減少原子或原子團

縮合聚合是單體給合後會釋出小分子有減少原子或原子團

共聚合(Copolymerization)是不同單體組成的聚合物

交替式共聚合(Alternating copolymerization)是兩種不同的單體交替相聚成聚合物。可參考聚合物化學專書。

Note: copolymer 即為共聚合物之意, 上圖有兩種單體在一起, 一看便知。且必脫水分子才能聚合, 故為縮合反應。

(D)94. 6A 族(Group 6A)元素中, 哪些元素是半導體(semiconductor)?

(A) Se 與 Po (B) Te 與 Po (C) S 與 Se (D) Se 與 Te

<解析>Note: 半金屬元素交界即是

(C)95. 相對於穩定帶(the band of stability)中的核種, 擁有過多中子的核種將進行哪一模式的衰變以變成穩定帶中的核種?

(A)  $\alpha$  (B)  $\beta^+$  (C)  $\beta^-$  (D) 電子捕捉 (electron capture)

<解析> ${}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^1_1\text{p} + {}^0_{-1}\text{e}$   $\beta^-$  - decay

${}^1_1\text{p} \longrightarrow {}^1_0\text{n} + {}^0_1\text{e}$  positron emission

中子數過多時以  $\beta^-$  衰變來降低中子數因而提高了質子數

質子數過多時以正子發射來降低質子數因而提高了中子數

(B)96. 在高溫時晴朗無風的天氣下, 大都市上空經常會產生紅棕色光化學霧, 此現象主要是由下列何種氣體所造成?

(A)  $\text{N}_2\text{O}_4$  (B)  $\text{NO}_2$  (C)  $\text{CO}_2$  (D)  $\text{SO}_2$

<解析>考敘述化學光煙霧

其他常考觀念有酸雨, 臭氧層破壞等, 環境化學議題要準備

(B)97. 二氧化碳大量增加造成地球暖化現象, 其主要成因為?

(A) 二氧化碳直接吸收太陽的輻射線而轉化成熱能釋放

- (B) 二氧化碳吸收地表之輻射熱使得熱能無法回散至太空  
 (C) 二氧化碳在大氣層中進行大量的放熱反應  
 (D) 二氧化碳造成大氣折射率增加，導致太陽紅外線所轉換的熱能折射至地表

<解析>Note：考古題

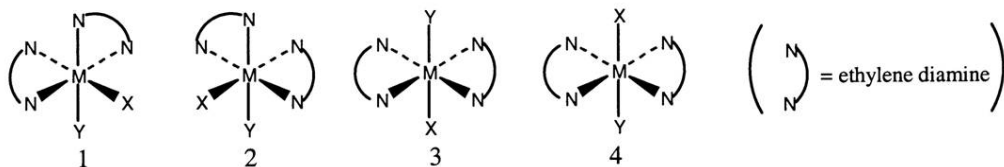
(C)98.  $\text{CaNa}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  中的 Fe 的氧化態是：\_\_\_\_\_

- (A) 0 (B) +2 (C) +3 (D) +4

<解析> $\text{Ca}^{2+}$ ， $\text{Na}^+$ ， $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  才可達到電中性

因此 Fe 為  $\text{Fe}^{3+}$

(A)99. 下列八面體(octahedral)化合物，哪一對是光學異構物(optical isomers)?



- (A) 1 及 2 (B) 3 及 4 (C) 1 及 3 (D) 2 及 4

<解析>Optical isomer = Enantiomer 即互為鏡像不可重疊者

其他考法尚有異構物計數法，可利用高中數學排列組合技巧速破各種難度高的選擇題  
 (見上課說明)

(C)100. 下列何項是加成聚合物(addition polymer)?

- (A) 蛋白質(Protein) (B) 耐綸(Nylon) (C) 鐵氟龍(Teflon) (D) 達克龍(Dacron)

<解析>Teflon  $\rightarrow$  由  $\text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2$  加成聚合而成

(死板考題，上課講過，必考聚合物常見的聚合型態： addition and condensation polymerization)

(B)101. A, B, C 三種化合物含元素 M，依下列數據求 M 原子量：

化合物	分子量	M 重量百分率
A	152	50
B	100	38
C	190	20

- (A) 21 g/mol (B) 19 g/mol (C) 22 g/mol (D) 23 g/mol

<解析>利用 Cannizzarro method (公約數法)，令以上化合物為一莫耳。

$$A = 152 \times 50\% = 76 \text{ g} \quad B = 100 \times 38\% = 38 \text{ g} \quad C = 190 \times 20\% = 38 \text{ g}$$

$\rightarrow$  最大公約數為 19 g/mol

(B)102. 某金屬 M 8.50 g 與 1.00 g  $\text{O}_2$  化合，可形成金屬氧化物。已知 M 之比熱為 0.0295 cal/(g. $^{\circ}\text{C}$ ) 則該金屬之原子量為：

- (A) 217 (B) 204 (C) 272 (D) 68.0 (E) 255 g/mol

<解析>利用當量法：M 重量(g)/M 克當量(g/eq) = 氧 重量(g)/氧 克當量(g/eq)  $\rightarrow$  8.5/M 克當量(g/eq) = 1.00/8 M 克當量(g/eq) = 68 g/eq

$68 \times 3 = 204 \text{ g/mol} \rightarrow$  得化學式應為  $\text{M}_2\text{O}_3$  ( $\text{M}^{3+}$ )

使用 Dulong-Petit 法：原子量近似值 = 6.4/比熱 = 6.4/0.0295  $\sim$  217 (錯誤) 此為近似法有誤差。

(C)103. 氫具有三種同位素  $^1\text{H}$ ， $^2\text{D}$ ，及  $^3\text{T}$ ，試問下列何者在質譜儀中所形成之曲率半徑最大?

- (A)  $\text{H}_2^+$  (B)  $\text{D}_2^+$  (C)  $\text{DT}^+$  (D)  $\text{T}_2^+$

<解析>曲率半徑 r 與  $\sqrt{(m/q)}$  成正比 r 愈小者愈易偏折

(A)104. 波長 6000Å 的光，其 1 愛因斯坦的能量為

- (A)  $2.0 \times 10^{12}$  (B)  $3.0 \times 10^9$  (C)  $3.3 \times 10^{-12}$  (D)  $5.4 \times 10^{-9}$  erg

<解析>1 莫耳光子之能量 = 1 Einstein

$$(hc/\text{波長}) \times 6.02 \times 10^{23} = [(6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8)/(6000 \times 10^{-10})] \times 6.02 \times 10^{23} \sim 2.0 \times 10^5 \text{ J}$$

$$1 \text{ J} = 10^7 \text{ erg} \text{ 故為 } 2.0 \times 10^{12} \text{ erg}$$

- (B)105. 愛因斯坦解釋光電效應是採用下列那種觀念?  
 (A) 光的波動性 (B) 光的粒子性 (C) 物質的波動性 (D) 測不準原則  
 <解析>光電效應乃”光的物質描述→光子(photon)”
- (C)106. 某氣體分子吸收波長是  $4800\text{\AA}$ ，當激態返回基態時，放出波長  $8000\text{\AA}$ ，所以下列那一種波長可能也是該氣體分子所放出之光子  
 (A)  $3200$  (B)  $4000$  (C)  $12000$  (D)  $6000\text{\AA}$   
 <解析>本題可秒殺，因吸收的能量  $E = hc/\lambda$ ，放出的能量不可能大於吸收的能量，因此波長必長於  $4800\text{\AA}$ ，答案可能是(C)，(D)  
 利用  $1/\lambda_1 = 1/\lambda_2 + 1/\lambda_3 = 1/4800 = 1/8000 + 1/\lambda_3$ ， $\lambda_3 = 12000\text{\AA}$
- (D)107. 下列鍵結中，何者之振動頻率最高?  
 (A) Cl-Cl (B) C-Br (C) C-C (D) C=O (E) C-F  
 <解析>依鍵能六法之一，公式： $\nu = (1/2\pi)\sqrt{k/\mu}$ ， $\mu = (m_1m_2)/(m_1 + m_2)$   
 鍵愈強，k 愈大，振動頻率愈高；原子質量愈大，振動頻率愈小。  
 本題最強鍵：C=O ( $\sim 1800 \sim 1700\text{ cm}^{-1} \sim > 1100\text{ cm}^{-1}$ )
- (C)(D)(E)108. 下列化合物中硫的氧化數不為+4 及+2 者有  
 (A)  $\text{H}_2\text{SO}_3$  (B)  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (C)  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$  (D)  $\text{H}_2\text{SO}_5$  (E)  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$   
 <解析>解氧化數問題時要重分子結構：  
 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ， $\text{H}_2\text{SO}_5$ ， $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$  的硫皆為最高氧化態， $\text{S}^{6+}$ ，因每個硫周圍都圍滿了陰電性高於硫的氧，則硫必為正六價氧化數。
- (D)109. 設定溫下氧氣及甲烷之擴散速率比為 2 : 1，則其壓力比為何?  
 (A) 2 : 1 (B) 4 : 1 (C) 1 : 2 (D) 3 : 1  
 <解析>此考法為 Graham 定律中同溫不同壓的考法：  
 公式  $\rightarrow r_1/r_2 = (P_1 \times \sqrt{M_2})/(P_2 \times \sqrt{M_1})$   
 擴散速率與壓力成正比，氧氣分子量 32，甲烷分子量 16：  
 $r_1/r_2 = 2 = (P_1 \times \sqrt{16})/(P_2 \times \sqrt{32}) \rightarrow P_1/P_2 = 2\sqrt{32}/\sqrt{16} = 2.83 \sim 3$
- (B)110. 將濃度 2M 溶液一瓶，倒去半瓶，再用水加滿，拌勻後再倒去 3/4 瓶，然後再以濃度 3M 溶液加滿，則最後濃度為：  
 (A) 1 (B) 5/2 (C) 2/3 (D) 1/2 M  
 <解析>利用稀釋定律  $M_1V_1 = M_2V_2$  “溶質莫耳數不變”  
 倒去半瓶，再用水加滿： $n(\text{莫耳數}) = 2 \times V \times (1/2) = V$   
 此時濃度  $C = V/V = 1\text{ M}$   
 再倒去 3/4 瓶，然後再加 3M 溶液加滿：  
 $n = (1 \times (1/4)V) + (3 \times (3/4)V) = (10/4)V$   
 最後濃度為  $C = (10/4)V/V = 10/4 = 5/2 = 2.5\text{ M}$
- (B)111. 設地下水中各主要離子的莫耳濃度分別為： $\text{Na}^+(0.03\text{ M})$ ； $\text{Ca}^{2+}(0.02\text{ M})$ ； $\text{Cl}^-(0.03\text{ M})$ ； $\text{SO}_4^{2-}(0.01\text{ M})$ ，若用半透膜於  $27^\circ\text{C}$  下，將地下水與純水分隔，則滲透壓為何?  
 (A) 224 atm (B) 2.21 atm (C) 53.6 atm (D) 5.36 atm  
 <解析>本題考依數性：求總濃度 =  $0.03 + 0.02 + 0.03 + 0.01 = 0.09\text{ M}$   
 $\pi = i\text{CRT} = 0.09 \times 0.082 \times (27 + 273) = 2.21\text{ atm}$