2021 年第 53 屆國際化學奧林匹亞競賽

國內初選筆試－題目卷

答 題 注 意 事 項

- 學生證及身分證置於桌面右上角備查。
- 筆試時間：14:00 ~ 16:00（共 120 分鐘）
- 請用 2B 軟性鉛筆畫記答案卡，答案卡若判讀不清，一律依考選部《答案卡作答注意事項》處理。
- 非選擇題作答請用藍色或黑色原子筆（以其餘筆作答，不予計分），可使用立可白塗改，如修改不清楚，不予計分。
- 答案卡須寫上姓名，並確認答案卡編號與考生編號一致。
- 非選擇題答案卷每一頁的上方，均需寫上姓名及編號。
- 本題目卷連同本頁共計 9 頁，總分 200 分，包含下列三類試題。

  一、單選題

  共 24 題，題號 1~24，每題選出一個最適當的選項，依題號標示在答案卡上。每題答對得 3 分，答錯不倒扣，未作答者，不給分亦不扣分，共計 72 分。

  二、多選題

  共 17 題，題號 25~41，每題有 5 個選項，其中至少有 1 個是正確的選項，依題號標示在答案卡上。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得 4 分；答錯 1 個選項者，得 2.4 分，答錯 2 個選項者，得 0.8 分，所有選項均未作答或答錯多於 2 個選項者，該題以零分計算。共計 68 分。

  三、非選擇題

  共 4 題，每題 15 分，共計 60 分。答案必須寫在非選擇題答案卷之相對應區域，否則不予計分。作答時不必抄題，但必須寫出過程。
- 考生不得攜帶及使用電子計算機，呼叫器、行動電話及計時器等所有電子產品，在考試期間務必關機並置於臨時置物區。震動或響鈴，視同作弊違規。
- 計算所需之原子量，需使用下頁週期表之數值。
- 考試完畢題目卷、答案卡及答案卷一起繳交監考老師，不得攜出場外。
- 開始考試 20 分鐘後，不得進考場。考試開始 40 分鐘後才可以交卷。
- 考試題目及答案將公布於化學奧林匹亞網站 http://www.twicho.tw/。

週 期 表

1 H 1																	2 He 4
3 Li 7	4 Be 9											5 B 11	6 C 12	7 N 14	8 O 16	9 F 19	10 Ne 20
11 Na 23	12 Mg 24											13 Al 27	14 Si 28	15 P 31	16 S 32	17 Cl 35.5	18 Ar 40
19 K 39	20 Ca 40	21 Sc 45	22 Ti 48	23 V 51	24 Cr 52	25 Mn 55	26 Fe 56	27 Co 59	28 Ni 59	29 Cu 63.5	30 Zn 65	31 Ga 70	32 Ge 73	33 As 75	34 Se 79	35 Br 80	36 Kr 84
37 Rb 85.5	38 Sr 88	39 Y 89	40 Zr 91	41 Nb 93	42 Mo 96	43 Tc	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106.5	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 128	54 Xe 131
55 Cs 133	56 Ba 137	57 La 139	72 Hf 178	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 196	79 Au 197	80 Hg 201	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113					

58 Ce 140	59 Pr 141	60 Nd 144	61 Pm	62 Sm 150	63 Eu 152	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165	68 Er 167	69 Tm 169	70 Yb 173	71 Lu 175
90 Th 232	91 Pa 231	92 U 238	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

常數及公式

理想氣體常數

R = 8.314 J/mol·K

= 0.082 L·atm/mol·K

法拉第常數

F = 96485 A·s/mol

亞佛加厥常數

N_A = 6.022 x 10^{23} mol^{-1}

光速

c = 2.998 x 10^8 m/s

浦朗克常數

h = 6.626 x 10^{-34} J·s

能量轉換

1 eV = 1.602 x 10^{-19} J

氫原子光譜常數:

E_n = -2.18 x 10^{-18} J /n^2

阿瑞尼斯方程式

$k = Ae^{-Ea/RT}$

一、單選題

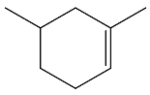
1. 胺基乙酸之羧基的 $K_a = 4.3 \times 10^{-3}$，胺基的 $K_b = 6 \times 10^{-3}$，若將少量胺基乙酸溶於 pH＝1 的水溶液，則下列各結構之物種，何者濃度最大？
(A) H_2N-CH_2-COOH (B) $H_3N^+-CH_2-COOH$ (C) $H_3N^+-CH_2-COO^-$
(D) $H_2N-CH_2-COO^-$ (E) $H_2N^--CH-COOH$

2. 某混合物中有澱粉 3.24 g 與麥芽糖 3.42 g，若將此混合物完全水解，下列何者正確？
(A) 得到果糖 3.60 g
(B) 得到葡萄糖 5.40 g 及果糖 1.80 g
(C) 得到果糖 5.40 g 及葡萄糖 1.80 g
(D) 得到果糖 7.20 g
(E) 得到葡萄糖 7.20 g

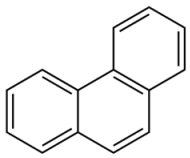
3. 若 0.5 M 的一元弱酸 HA，可有 0.2% 的 HA 解離，則 0.01 M 溶液中有多少 % 的 HA 會解離？
(A) 1.4% (B) 0.8% (C) 0.4% (D) 1.0% (E) 1.6%

4. 下列選項中哪一個物質的所有原子均在同一平面上?
(A) 苯甲醛 (B) 丙二烯 (C) 1.2-二氯乙烯 (D) 順-丁烯二酸 (E) 丙酮

5. 下列選項何者為化合物甲的正確中文名稱
(A) 1,3-二甲基環己-1-烯
(B) 2,4-二甲基環己-1-烯
(C) 1,3-二甲基環-2-己烯
(D) 2,4-二甲基環己-2-烯
(E) 1,5-二甲基環己-1-烯


化合物甲

6. 菲是一種多環芳香烴，其化學結構如下：



下列何者是菲的化學式？
(A) $C_{14}H_8$ (B) $C_{14}H_{10}$ (C) $C_{14}H_{12}$ (D) $C_{16}H_{14}$ (E) $C_{16}H_{16}$

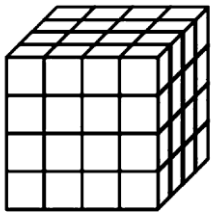
7. 氦(He)元素的原子序為 2，當氣態 He^+ 離子的電子在量子數為 $(4, 2, -2, +1/2)$ 的軌域，躍遷至量子數為 $(3, 2, 1, -1/2)$ 的軌域時，所放出射線之波長約是多少公尺？
(A) 4.6×10^{-8} (B) 9.1×10^{-8} (C) 2.3×10^{-7} (D) 4.7×10^{-7} (E) 1.9×10^{-6}

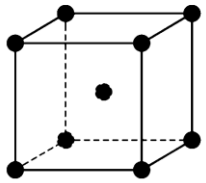
8. 青石綿的化學式為 $Na_2Fe_5(Si_4O_{11})_2(OH)_2$，其化學式中 5 個 Fe 原子的氧化數之組合應為下列何者？
(A) $(Fe^{3+})_5$ (B) $(Fe^{2+})(Fe^{3+})_4$ (C) $(Fe^{2+})_2(Fe^{3+})_3$ (D) $(Fe^{2+})_3(Fe^{3+})_2$ (E) $(Fe^{2+})_4(Fe^{3+})$

9. 將 25.0 mL 0.20 M 鹽酸加入 50.0 mL 的 0.30 M 氨水，在 27ºC 下，其混合溶液中 H^+ 的體積莫耳濃度(M)是下列何者？ (NH_3 的 $K_b = 2.0\times10^{-5}$)

(A) 2.0×10^{-8} (B) 2.0×10^{-9} (C) 4.0×10^{-9} (D) 2.5×10^{-10} (E) 5.0×10^{-10}

10. 晶體是為由許多相同的"晶格"重疊而成，每個晶格含有特定原子數目和鍵結結構，如圖(1)。某元素晶體的密度為 0.960 g/cm^3，其晶格為體心立方結構，如圖(2)，在正立方體晶格的中心和每個頂角各有 1 個原子，正立方體晶格的邊長是 4.30×10^{-8} cm，該元素的原子量是下列何者？


圖(1)


圖(2)

(A) 23 (B) 27 (C) 46 (D) 54 (E) 104

11. 金屬銀與硝酸溶液可進行下列反應：

$Ag(s) + HNO_3(aq) \rightarrow AgNO_3(aq) + NO(g) + H_2O(l)$ (未平衡)

若要完全溶解 3.24 克的銀，則至少需要 0.80 M 硝酸溶液多少毫升？

(A) 12.5 (B) 25.0 (C) 37.5 (D) 50.0 (E) 62.5 mL

12. 有一反應式 2A→B，若以$[A]_o$表示反應物 A 的最初濃度，在 25ºC 下，當$[A]_o$為 1.00×10^{-2} M 時，測量 A 濃度隨反應時間的變化，其數據如下：

時間(秒)	[A], (M)
0	1.00×10^{-2}
10	7.07×10^{-3}
20	5.00×10^{-3}
30	3.53×10^{-3}
40	2.50×10^{-3}
60	1.25×10^{-3}

在相同溫度下，取$[A]_o = 3.00\times10^{-3}$ M，反應 x 秒後，A 的濃度降為 1.00×10^{-3} M；若取$[A]_o = 9.00\times10^{-2}$ M，則 A 的濃度達 1.00×10^{-2} M 時，所需的反應時間是多少(秒)？

(A) 2x (B) 3x (C) 4x (D) 10x (E) 30x

13. 過錳酸鉀和甘油可發生下面之反應：

$KMnO_4 + C_3H_8O_3 \rightarrow K_2CO_3 + Mn_2O_3 + CO_2 + H_2O$ (未平衡)；

其平衡反應式之係數（均為最簡單整數）總和為下列何者？

(A) 27 (B) 38 (C) 45 (D) 51 (E) 53

14. 某液體在 300 K 之飽和蒸氣壓為 0.0492 atm，若將 0.10 莫耳該液體置於 10 L、300 K 之密閉容器中；當平衡達成時，容器內之蒸氣與液體的質量比為下列何者？

(A) 0.10 (B) 0.15 (C) 0.25 (D) 0.35 (E) 0.45

15. 將 $CaSO_4\cdot2H_2O(s)$置於一真空密閉容器中，達平衡後，測得容器內相對溼度為 40%。已知純水在同一溫度之飽和蒸氣壓為 38 mmHg，

則 $CaSO_4\cdot2H_2O(s) \rightleftharpoons CaSO_4(s) + 2H_2O(g)$之平衡常數（$K_p$）為下列何者？

(A) 1.0×10^{-4} (B) 4.0×10^{-4} (C) 8.0×10^{-4} (D) 2.0×10^{-3} (E) 4.0×10^{-3}

16. 鍵能可用於估計化學反應之反應熱。若欲估計丙烷完全燃燒之反應（係數均為最簡單整數）的反應熱，則下列所用各種鍵能之數目，何者<u>錯誤</u>？
(A) 4 O=O (B) 2 C–C (C) 8 C–H (D) 6 C=O (E) 8 O–H

17. 某生將過量 $Ag_2CrO_4(s)$置於水中，取上清液測得其滲透壓為 p atm；由此可得 Ag_2CrO_4 之 $K_{sp} = X \times (p/RT)^3$，問 X 為下列何者？ R 為氣體常數，T 為絕對溫度。
(A) 2/9 (B) 4/9 (C) 2/27 (D) 4/27 (E) 16/27

18. 週期表中，金屬元素與非金屬元素化合生成之產物，具有下列何種特性？
(A) 熔點較分子化合物低，硬度也相對小
(B) 固態不導電，但熔化時或其水溶液可導電
(C) 常溫時可導電
(D) 熔融態不可導電
(E) 延展性比金屬元素較大。

19. 空氣污染常用的指標 PM2.5 是指空氣中的懸浮微粒之粒徑小或等於 2.5
(A) 釐米(cm) (B) 毫米(mm) (C) 微米(μm) (D) 奈米(nm) (E) 埃(Å)

20. 實驗中欲檢驗溶液中的某種金屬離子成分，此成分與 SO_4^{2-}、Cl^-、OH^- 均可形成沉澱物，下列金屬離子中，何者最符合檢測結果？
(A) Ag^+ (B) Ca^{2+} (C) Pb^{2+} (D) Cd^{2+} (E) Fe^{3+}

21. 下列選項中，半徑大小順序，何者正確？
(A) $Na^+ < Mg^{2+} < Al^{3+}$ (B) $Cl^- < S^{2-} < P^{3-}$ (C) $Ar < K^+ < Cl^-$
(D) $Cl^- < Ar < K^+$ (E) $F^- < Ne < Na^+$

22. $2Ag^+(aq) + Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$
此反應的標準電位是 0.46 V。下列哪些變化可將電位增加最高？
(A) 將$[Ag^+]$增倍 (B) 將$[Cu^{2+}]$減半 (C) 將$[Ag^+]$減半
(D) 將銅電極的大小加倍 (E) 將銀電極的大小減半

23. 小傑將 4.021 克的 NaOH 溶到水中，配製成 1 升的水溶液。然後用吸量管取出 10.00 mL 該溶液到錐形瓶中，並用 0.050 M 的 HCl 溶液從滴定管滴定。達到滴定終點時體積為 20.32 mL。由此結果，小傑的老師可推斷出下列何者：
(A) 在小傑測定 NaOH 質量後，它又從空氣中吸收了二氧化碳
(B) 在小傑測定 NaOH 質量後，它又從空氣中吸收了水分
(C) 小傑可能是用水潤濕滴定管，而不是用 HCl
(D) 小傑可能是用 HCl 潤洗錐形瓶，而不是用水
(E) 以所使用的裝置而言，小傑的實驗是準確的

24. 製備元素時，下列何者可使用碳或一氧化碳還原而得？
(A) K (B) Al (C) Si (D) Mg (E) Fe

二、多選題

25. 下列針對：酚、苯乙炔、苯甲醛、丁酸、正丁醇等五種有機化合物的敘述，哪些正確?
(A) 只有一化合物可與 CuBr 的氨水溶液產生沉澱
(B) 只有一化合物可與 $FeCl_3$ 的氨水溶液產生沉澱
(C) 有兩種化合物可與多侖試劑產生沉澱
(D) 只有一化合物可被氧化成羧酸
(E) 一莫耳的酚可與一莫耳的正丁醇在適當的反應條件下，得到醚類化合物

26. 芳香烴主要為苯的衍生物，在特殊條件下會進行不同的反應，下列哪些產物可使用苯及其它試劑，經一個步驟反應而得？
(A) 酚 (B) 硝基苯 (C) 萘 (D) 氯苯 (E) 苯磺酸

27. 分子式為 C_3H_6O 的化合物可能有丙酮、烯丙醇、丙醛及氧雜環丁烷，下列有關這些化合物的敘述哪些正確？
(A)沸點最高的是烯丙醇
(B)沸點最低的是丙醛
(C)丙酮、烯丙醇、丙醛均可與硝酸銀的氨水溶液反應生成銀鏡
(D)丙醛的沸點比氧雜環丁烷高
(E)烯丙醇對水的溶解度比氧雜環丁烷高

28. 小明將兩種金屬 X、Y 所構成的半電池 $X(s)|XNO_3(aq)$ 和 $Y(s)|YSO_4(aq)$，利用導線和鹽橋組裝成電池後，發現電子由 Y 經導線流向 X。下列有關此電池之敘述，哪些正確？
(A) X 半電池發生氧化反應
(B) X 半電池的還原電位較 Y 半電池大
(C) 電池放電一段時間後，X 電極的質量減輕
(D) 若使用較低濃度的 $YSO_4(aq)$，則電池的電壓會變大
(E) 若將二電解液加等量的水稀釋，則電池的電壓會降低

29. 已知兩種單質子弱酸 HA 和 HB 之酸解離常數 (K_a) 分別為 3.2×10^{-4} 和 2.0×10^{-5}。若將 1.0 M HA(aq)和 1.0 M NaB(aq)等體積混合並達成平衡，則下列敘述哪些正確？ (log 2 = 0.3)
(A) 此溶液的 pH 值為 4.1
(B) $HA + B^- \rightleftharpoons A^- + HB$ 之平衡常數為 1/16
(C) $[HA] = [B^-]$ 且 $[HB] = [A^-]$
(D) 若以 NaA 代替題幹中之 NaB，則溶液的 pH 值為 3.5
(E) 若以 HB、NaA 代替題幹中之 HA、NaB，則溶液的 pH 值為 4.4

30. 下列哪些分子或離子中所有 S−F 鍵的鍵長相同？
(A) SF_2 (B) SOF_2 (C) SF_4 (D) SF_5^+ (E) SF_6

31. 下列的化合物中，何者含有相同原子但具有不同的氧化數？
(A) Fe_3O_4 (B) $H_2S_2O_3$ (C) CH_3COOH (D) H_2O_2 (E) P_4O_{10}

32. 將分別裝有 0.10 M（甲）和 0.20 M（乙）之葡萄糖水溶液各 50 mL 之兩燒杯，共置於一密閉容器中。試問下列敘述哪些正確？
(A) 水蒸氣會由高濃度溶液透過氣相逐漸移向低濃度溶液
(B) 水蒸氣由其中一杯移向另一杯是因動能差異所致
(C) 甲杯葡萄糖水溶液的體積會逐漸減小
(D) 達平衡時，兩杯葡萄糖水溶液之濃度均為 0.15 M
(E) 達平衡時，兩杯葡萄糖水溶液之液面高度差即為容器內之蒸氣壓力

33. 考慮 $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ 之化學反應，試問下列敘述哪些正確？已知 $SO_2(g)$之莫耳形成熱（$\Delta H_f°$）比 $SO_3(g)$大 100 kJ/mol。
(A) 此反應之反應熱（$\Delta H°$）為 200 kJ
(B) 溫度增加（體積不變）時，分子總數增加
(C) 溫度增加（體積不變）時，K_p/K_c 變小
(D) 容器體積減半（溫度不變）時，分子總數減少
(E) 容器體積減半（溫度不變）時，K_p/K_c 變大

34. 以 0.20 M NaOH 溶液滴定 25 mL 的某有機單質子酸（$pK_a = 5.0$），需消耗 25 mL NaOH 溶液以達滴定終點。試問下列有關此滴定的敘述，哪些正確？
(A) 該有機酸之原始濃度為 0.20 M
(B) 達當量點時，溶液的 pH 值為 8.5
(C) 滴入 10 mL NaOH 時，溶液的 pH 值小於 5.0
(D) 可用酚酞（變色範圍 8.0 ~ 9.6）當指示劑
(E) 滴定終點時，酚酞指示劑由紅色變為無色

35. 有一氣態反應的反應機構如下：
(1) $NO_2 + O_3 \rightarrow NO_3 + O_2$　　緩慢
(2) $NO_3 + NO_2 \rightarrow N_2O_5$　　快速
下列有關該氣態反應的敘述哪些是正確的？
(A) NO_3 是催化劑
(B) O_2 是中間產物
(C) 第(2)反應為反應決定步驟
(D) 整體反應的速率定律式為 $R = k[NO_2][O_3]$
(E) 整體反應的反應式為 $2NO_2 + O_3 \rightarrow N_2O_5 + O_2$

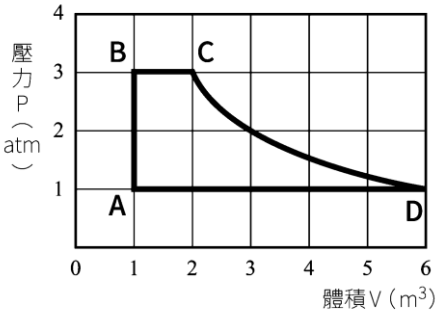
36. 下列哪些組的分子或離子具有相同形狀？
(A) CO_2, SO_2　(B) CCl_4, $TiCl_4$　(C) C_2H_6, B_2H_6　(D) NO_3^-, SO_3^{2-}　(E) XeF_2, BeF_2

37. 下列有關草酸根離子($C_2O_4^{2-}$)的敘述，哪些是正確的？
(A) 具有共振結構
(B) 可作為還原劑
(C) 可作為四螯配位基
(D) C−C 間的鍵結為雙鍵
(E) 所有的 C−O 鍵鍵長皆相同

38. 下列分子哪些是「核甘酸」的基本組成物質？
(A) 甘胺酸　(B) 尿素　(C) 鹼基　(D) 五碳醣　(E) 磷酸

39. 關於物質的溶解度，下列敘述哪些正確？
(A) 鹽類在水中的溶解度均隨溫度增加而增加
(B) 氣體在水中的溶解度隨溫度增加而減少
(C) 混合氣體中某物種在水中的溶解度必定隨總壓增加而增加
(D) 亨利定律在氣體溶解度愈大時愈適用
(E) 亨利定律不適用於氯在水中的溶解度

40. 氧氣在密閉系統中，經壓力、體積及溫度之變化下，得到右側 P-V 關係圖，圖中 A 點為 150 K，試由此圖形判斷下列敘述哪些正確？



(A) A → B 之變化因素為溫度
(B) C 之溫度為 600 K
(C) C → D 溫度不改變
(D) D 之溫度為 900 K
(E) 圖中由 B → C 可用查理定律加以說明

41. 乙炔氧焰可達 3000℃的高溫，常用於金屬焊接與切割，其反應式如下：

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

若有乙炔和氧氣皆為 208 g，兩者發生上述反應時，下列選項的敘述哪些是正確的？
(A) C_2H_2 為限量試劑
(B) O_2 為限量試劑
(C) 所有反應物均消耗完畢
(D) 二氧化碳的理論產量為 229 g
(E) 若實際上生成密度為 1.85 g/L 的 CO_2 80 L，則在此溫度和壓力下的產率為 32.6%

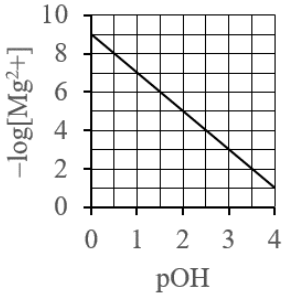
三、非選擇題

1. 分子量為 120 之某有機化合物含碳、氫及氧三種元素，此化合物能與多倫試劑作用產生銀鏡反應，但不使含溴的 CCl_4 溶液褪色，取其 1.20 g 置於純氧中燃燒，產物依序通過甲管（含 $Mg(ClO_4)_2$ 之固體）與乙管（含 NaOH 固體）後全被吸收，燃燒完成後發現甲管重量增加 0.72 g，乙管增加 3.52 g，回答下列各小題。
   (a) 推導此化合物的分子式。
   (b) 畫出所有可能的異構物。

2. 假設汽車的安全氣囊內含有 NaN_3（式量 65）及過量之 KNO_3 和 SiO_2（三者均為固體微粒，粒徑約 10 μm），經撞擊引發後可在數十毫秒內完成下面四個反應：
   (1) $2\ NaN_3(s) \rightarrow 2\ Na(s) + 3\ N_2(g)$
   (2) $10\ Na(s) + 2\ KNO_3(s) \rightarrow K_2O(s) + 5\ Na_2O(s) + N_2(g)$
   (3) $K_2O(s) + SiO_2(s) \rightarrow K_2SiO_3(s)$
   (4) $Na_2O(s) + SiO_2(s) \rightarrow Na_2SiO_3(s)$

   最後之產物除 N_2 外，只生成較安定的矽酸鹽（K_2SiO_3、Na_2SiO_3）。若完全充氣後之氣囊體積為 49.2 L，回答下列各小題。
   (a) 寫出在此系統中所出現的中間產物
   (b) 寫出此系統的總反應
   (c) 欲使安全氣囊在 1.0 atm、300 K 完全充氣，需使用多少克的 NaN_3？

3. 考慮在不同[OH^-]之 $Mg(OH)_2(s)$的飽和溶液，若以–log[Mg^{2+}]對 pOH 作圖可得下圖之直線；回答下列各小題。
   (a) $Mg(OH)_2(s)$之 K_{sp} 為多少？
   (b) 不飽和溶液會落在圖中何處？
   (c) 若將 0.40 M $MgCl_2$ 與 0.40 M NaOH 等體積混合，則所得飽和溶液之 pH 值為多少？
   (d) 若欲使(C)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？所得飽和溶液之 pH 值為多少？



4. 將 8.0 克的 SO_3 置入固定體積的真空容器內，再加熱至 460°C，SO_3 進行下列反應：
   $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$
   當達平衡時，容器內的氣體總壓力為 988 mmHg，密度為 1.60 克/升；回答下列各小題。
   (a) 平衡時的 SO_3 分壓是多少 mmHg？
   (b) 該反應的壓力平衡常數 (K_p) 和體積莫耳濃度平衡常數 (K_c) 分別是多少？