2022 年第 54 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. 下列反應的 K_C 與 K 的關聯式為何？

$$2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$$

(A) $K_c = K(RT)$ (B) $K_c = K(RT)^2$ (C) $K_c = K$ (D) $K_c = K(RT)^{-2}$ (E) $K_c = K(RT)^{-1}$

2. 下列何者是 OH^-的共軛鹼？

(A) H^+ (B) OH^- (C) O^{2-} (D) H_3O^+ (E) H_2O

3. 下列有關電解食鹽水溶液之敘述，何者**錯誤**？

(A) 涉及氧化還原反應
(B) 反應最終生成納金屬
(C) 產物氫氣是由水所生成
(D) 氫氣和氯氣生成的比例為 1:1
(E) 所生成之產物能量較反應物更高

4. 若半反應 $M^{3+} + 3e^- \rightarrow M$ 和 $M^{2+} + 2e^- \rightarrow M$ 之標準還原電位分別為 0.10 V 和 −0.50 V，則半反應 $M^{3+} + e^- \rightarrow M^{2+}$之標準還原電位為多少？

(A) -0.60 V (B) -0.40 V (C) +0.40 V (D) +0.60 V (E) +1.30

5. 根據金屬的相對活性，下列哪一個反應的平衡常數最大？

(A) $Al(s) + 3NaNO_3(aq) \rightarrow 3Na(s) + Al(NO_3)_3(aq)$
(B) $Zn(s) + 2Ag(NO_3)(aq) \rightarrow 2Ag(s) + Zn(NO_3)_2(aq)$
(C) $Pb(s) + Ca(NO_3)_2(aq) \rightarrow Ca(s) + Pb(NO_3)_2(aq)$
(D) $Pb(s) + 2Li(NO_3)(aq) \rightarrow 2Li(s) + Pb(NO_3)_2(aq)$
(E) $Ca(s) + 2NaNO_3(aq) \rightarrow 2Na(s) + Ca(NO_3)_2(aq)$

6. 對下列的化學反應，選項中之敘述何者正確？

$2H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow 2S(s) + 2H_2O(l)$

(A) 反應整體為四級反應
(B) 反應整體為二級反應
(C) 反應速率定律式為 $k[H_2S]^2[O_2]$
(D) 反應速率定律式為 $k[H_2S][O_2]^2$
(E) 資訊不足，無法得知

7. 下列分子中畫底線的原子其鍵結之混成軌域依序為何？

$(CH_3)_2\underline{\mathbf{N}}OCH_3$ (2)$HC{\equiv}CCH_2\underline{\mathbf{C}}HO$? (3)$CH_3N\underline{\mathbf{N}}N$

(A) sp^3, sp^2, sp
(B) sp^3, sp, sp^2
(C) sp^2, sp, sp^3
(D) sp^3, sp^2, sp^2
(E) sp^3, sp^2, sp^3

8. 假設以下各物質皆為 50mL 0.02M 的水溶液，混合後何者離子數目最多?
   (A) $BaCl_2 + CuSO_4$
   (B) $Na_2CO_3 + HCl$
   (C) $NaOH + AlCl_3$
   (D) $Na_2SO_4 + KOH$
   (E) $NH_4(OH) + CH_3COOH$

9. 考慮單一分子且未解離的情況下，下列哪一個分子的化學鍵極性最大:
   (A) KF (B) LiBr (C) Cl_2 (D) NaI (E) HCl

10. 碘酸碘化合物中，碘原子具+3 及+5 兩種氧化數，推測此化合物的化學式為何？
   (A) I_4O_9 (B) I_2O_4 (C) I_2O_3 (D) I_3O_7 (E) I_2O_5

11. 下列何者可使用 $KMnO_4$ 溶液滴定，觀測到紫色出現為終點？
   (A) $AgNO_3$ (B) Na_2SO_4 (C) H_2CO_3 (D) $K_2Cr_2O_7$ (E) $FeSO_4$

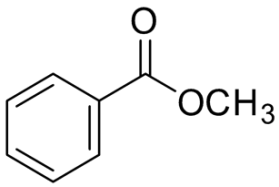
12. 在硫化氫水溶液中，當解離反應達到平衡後，下列各離子濃度間之關係，何者正確？
   (A) $[OH^-] = [H_2S] + [HS^-] + [S^{2-}]$
   (B) $[H^+] = [HS^-] + 2[S^{2-}] + [OH^-]$
   (C) $2[H^+] = 2[HS^-] + [S^{2-}] + 2[OH^-]$
   (D) $[H^+] = [HS^-] + [S^{2-}]$
   (E) $[H^+] = 2[S^{2-}]$

13. 醋酸(HA)水溶液，其解離式可寫為 $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$。在加水稀釋 0.1 M 的醋酸溶液過程中，下列敘述何者正確?
   (A) 解離反應向左進行
   (B) H^+ 離子濃度增加
   (C) 稀釋的過程中 OH^- 莫耳數上升
   (D) 未解離的 HA 莫耳數不變
   (E) pH 值降低

14. 已知某烴類的分子式為 C_5H_8，就分子式判斷，它<u>不可能</u>是下列哪一個化合物？
   (A) 環戊烯 (B) 1-戊烯 (C) 2-甲基-1,3-丁二烯
   (D) 2-戊炔 (E) 3-甲基-1-丁炔

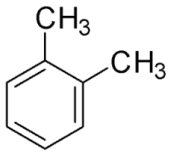
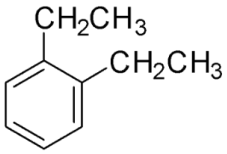
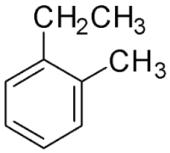
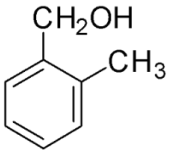
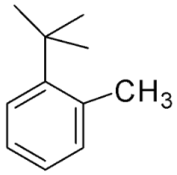
15. 下列有機分子的性質比較，何者正確？
   (A) 水中溶解度：乙烷大於乙醇
   (B) 沸點：丙烯大於乙胺
   (C) 極性：丁酸大於環丁烷
   (D) 常溫的蒸氣壓：丙醇大於乙醚
   (E) pH 值：乙酸大於乙胺。

16. 某含苯酯類化合物結構如右圖，試問此酯類可由下列何組物質，進行酯化反應產生？

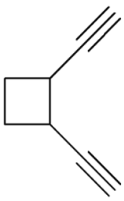
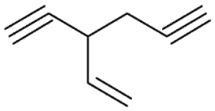
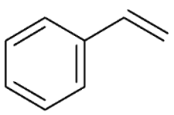


(A) 苯乙醇與甲酸　　(B)苯甲醇與乙酸
(C) 苯甲酸與乙醇　　(D)苯甲酸與甲醇
(E) 苯、甲酸與甲醇

17. 下列哪一個反應物，以重鉻酸鉀或過錳酸鉀水溶液加熱後酸化，<u>不會</u>得到鄰-苯二甲酸？

(A) 
(B) 
(C) 
(D) 
(E) 

18. 某化合物的分子式為 C_8H_8，若已知該化合物無法使溴的四氯化碳溶液褪色，則該化合物可能的結構為下列何者？

(A) 
(B) 
(C) 
(D) 
(E) 

19. 下列化合物何者加入碳酸氫鈉會產生氣泡，且加入硝酸銀的氨水溶液會呈現銀鏡反應？
(A) $CH_3CH(OH)CO_2H$　　(B) $CH_3C(O)CH_2CO_2H$　　(C) HCO_2H
(D) $PhCH{=}CHCO_2H$　　(E) $PhC(O)H$

20. 某碳氫化合物，在空氣中不完全燃燒，但使用完畢，回到常溫常壓下得到一氧化碳、二氧化碳及水。已知產物一氧化碳及二氧化碳的莫耳數分別為 0.3 及 0.7 莫耳，氧氣共消耗掉 1.6 莫耳，問符合此條件的碳氫化合物應為下列何者？
(A) C_2H_6　　(B) C_2H_4　　(C) C_3H_8　　(D) C_4H_{10}　　(E) C_5H_{12}

21. 下列哪一組化合物具有相同的分子或離子形狀？
(A) O_3、N_3^-　　(B) CO_2、SO_2　　(C) CF_4、SF_4
(D) CCl_4、$TiCl_4$　　(E) C_2H_6、B_2H_6

22. $Co(NH_3)_4Cl_3$ 為八面體結構，它有幾個立體異構物？
(A) 1　　(B) 2　　(C) 3　　(D) 4　　(E) 5

23. X、Y 與 Z 三種元素為同一週期，其中 X 的氧化物為酸性，Y 的氧化物為鹼性，Z 為類金屬，則此三元素的原子序大小順序為？
(A) X＞Y＞Z　　(B) Y＞Z＞X　　(C) X＞Z＞Y
(D) Y＞X＞Z　　(E) Z＞X＞Y

24. 斷裂丙烷分子中之所有共價鍵需 4006 kJ/mol 的能量，而斷裂正戊烷分子中之所有共價鍵則需 6356 kJ/mol 的能量。問 C-H 鍵的平均鍵能為多少 kJ/mol？
(A) 347　　(B) 368　　(C) 386　　(D) 414　　(E) 432

二、多選題

25. 下列何者的單位相同？
(A) 能量 × 時間
(B) 動量 × 長度
(C) 頻率 × 溫度
(D) 普朗克常數/2π
(E) 角動量

26. 下列選項之敘述何者正確？
(A) 三氯氧磷中，磷的氧化態比三苯基磷中的磷更低
(B) 鋰(I)離子半徑大於鋁(III)離子
(C) 依據遞建原理，電子先填入 4f 軌域，然後才填入 6s 軌域。
(D) 根據量子力學，電子的精確能量和動量是可以同時得知
(E) 在多電子原子中，同一主殼層的 p 軌域電子比 s 軌域電子感受到更小的核電荷束縛

27. 能準確預測氫原子光譜的芮得柏公式，也可以用來準確預測下列哪些物種的光譜線？
(A) H^- (B) D (C) T (D) He^+ (E) Li^+

28. 氖氣與氬氣相比，下列哪些物理常數，氖氣較低？
(A) 熔點 (B) 沸點 (C) 極化率 (D) 氣化熱 (E) 第一游離能

29. 對於放熱反應來說，當溫度升高時，下列敘述何者正確？
(A) 活化能增加，反應變慢
(B) 反應物濃度提高，反應變快
(C) 反應物平均動能增加，反應變快
(D) 平衡往反應物移動，反應速率常數增加
(E) 平衡往反應物移動，反應速率常數減少

30. 以下哪些配製方法可得到緩衝溶液：
(A) 2 當量的鹽酸加 1 當量的氨水
(B) 1 當量的醋酸加 1 當量的醋酸鈉
(C) 1 當量的鹽酸加 1 當量的鹽 NaCl
(D) 3 當量的鹽酸溶解 2 當量的石灰石($CaCO_3$)
(E) 2 當量的 NaOH 加入 1 當量的草酸

31. 在水族箱中加入硫代硫酸鈉($Na_2S_2O_3$)可將水中餘氯反應成無毒的氯離子，其反應式：
$Na_2S_2O_3$ + _甲_ Cl_2 + __乙__ $H_2O \rightarrow 2NaHSO_4$ + _丙__ HCl，以下哪些答案正確?
(A) 甲 = 2，丙 = 4
(B) 乙 = 5
(C) S 的氧化數由+2 變成+6
(D) Cl_2 是被氧化的物種
(E) $Na_2S_2O_3$ 不可加過量，否則產物 HCl 會使水質太酸

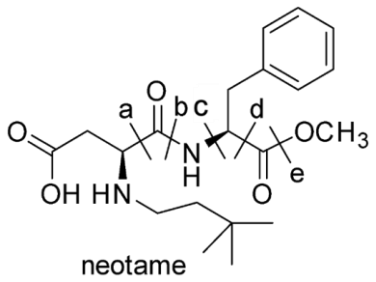
32. 一澄清水溶液中含有 1×10^{-4} M 的 Ba^{2+}與 2×10^{-4} M 的 Ag^{+}，在緩慢滴入 CO_3^{2-} 的過程中，以下哪些答案正確？ ($BaCO_3$：$K_{sp} = 5\times10^{-9}$、Ag_2CO_3：$K_{sp} = 8\times10^{-12}$)
(A) 在溶液中$[CO_3^{2-}] = 10^{-4}$ M 時，Ba^{2+}與 Ag^{+}皆可發生沉澱
(B) 溶液中$[CO_3^{2-}] = 10^{-4}$ M 時仍無任何固體
(C) 緩慢滴入 CO_3^{2-} 的過程中，$BaCO_3$ 會先沉澱
(D) 在$[CO_3^{2-}] = 10^{-3}$M 時，Ba^{2+}與 Ag^{+}皆可發生沉澱
(E) 加入過量$[CO_3^{2-}]$使兩者沉澱，過濾後的澄清液中 $[Ba^{2+}] < [Ag^{+}]$

33. 下列分子間的主要作用力(引力)，那些是偶極-偶極作用力？
(A) C_6H_6 (B) CO (C) H_2O (D) SO_2 (E) CO_2

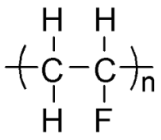
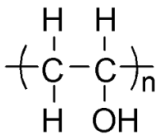
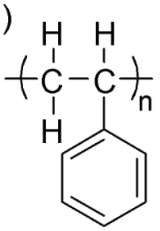
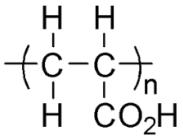
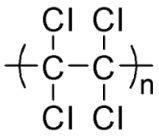
34. 下列氧化物中，何者溶於水可成為酸性溶液？
(A) CO_2 (B) SiO_2 (C) SO_2 (D) ZnO (E) CaO

35. 今有某氣體，假設符合理想氣體行為，在 27℃ 及 1.0 atm 下，其密度為 1.14g/L，此氣體可能為下面何者？
(A) 氮氣 (B) 一氧化碳 (C) 一氧化氮 (D) 乙烷 (E) 乙烯

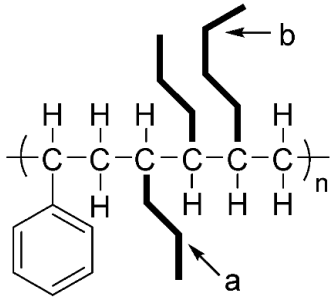
36. 已知代糖新甜 (neotame) (右圖)可水解成甲醇(CH_3OH)、苯丙胺酸 ($C_9H_{11}NO_2$)、*N*-C_6H_{13}-天門冬胺酸(*N*-C_6H_{13}-$C_4H_6NO_4$)，由新甜結構判斷水解時會有哪些地方斷鍵？
(A) a (B) b (C) c
(D) d (E) e



37. 嬰兒用的一次性紙尿布，其結構中需要有一層可吸水、保水的物質，下列高分子物質中，哪幾種可能被採用？

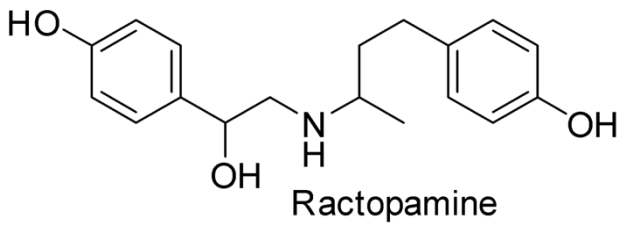
(A) 
(B) 
(C) 
(D) 
(E) 

38. 某加成聚合物的結構如下圖，則其組成的單體應為哪些？



(A) 苯乙烯 (B) 1-丁烯 (C) 4-辛烯 (D) 乙烯 (E) 1-己烯

39. 「萊克多巴胺」的結構如下圖，有關此分子此的敘述哪些正確？



Ractopamine

(A) 具有酚類的特性
(B) 具有三級胺結構
(C) 具有醯胺結構
(D) 具有二級醇結構
(E) 遇 $FeCl_3$ 水溶液呈紫色

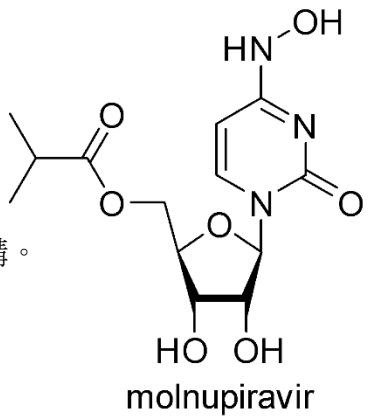
40. 蘇打與小蘇打皆為日常生活中常用的化學品，但無法從外觀來分辨此兩種化合物。下列哪些實驗可以分辨此兩種化合物？
(A) 測量兩者在水中溶解度的大小
(B) 將固體加熱，檢測是否生成 CO_2
(C) 溶於水後加入 HCl(aq)，觀察是否產生氣泡
(D) 溶於水後加入 $MgCl_2(s)$，觀察是否產生沉澱
(E) 取等莫耳數的兩種化合物，用相同的 HCl 溶液滴定，比較其達當量點的體積

41. 假設選項中各種鹽類化合物在水中的溶解度為 s mol/L，則哪一個選項中之鹽類化合物的 $K_{sp}=4s^3$？
(A) $MgNH_4PO_4$　(B) MgC_2O_4　(C) Hg_2Cl_2
(D) $Fe(OH)_3$　(E) Ag_2CO_3

三、非選擇題

1. 有一鹽類 X_2Y_3，溶於水中會生成 2 個 X^{3+} 與 3 個 Y^{2-}，假設其分子量為 200。今取 1.00 克溶於 100 mL 水中形成飽和溶液，燒杯底部仍可見固體，過濾後取澄清液保留，並將固體烘乾秤重得 0.80 克。
(a) 此鹽類的溶解度積(K_{sp})為何？
(b) 如果 X^{3+}可與 OH^- 形成沉澱物，在澄清液中加入過量 OH^- 沉澱後，將沉澱之 $X(OH)_3$ 過濾、烘乾並秤重，得知固體重量為 0.156 克，則 X 的原子量為何?

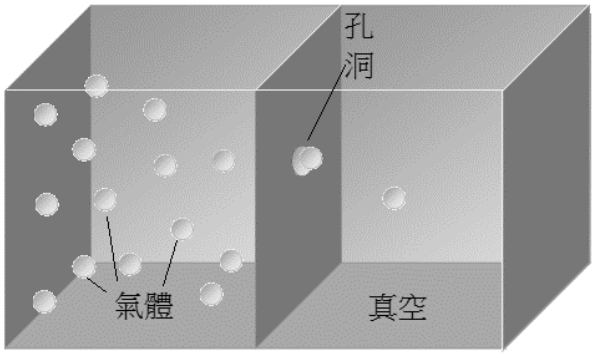
2. 美國藥廠默沙東（MSD）研發的新冠口服藥「莫納皮拉韋」(molnupiravir) 的結構如右圖:



molnupiravir

(a) 除六員環的醯亞胺(imide)外，列出所有其他的官能基；
(b) 寫出哪些官能基可作為氫鍵的接受者，哪些可作為氫鍵的供給者；
(c) 當此化合物以鉻酸水溶液處理，畫出兩種可能的產物結構。

3. 未知錯合物 Z 含有 30% 的某種過渡金屬 M、30 % C、和 40% O，形狀為正四面體。室溫下，將 1.00 L 的氣態 Z 和 1.00 L 氬氣混合填充入逸散槽的一側，氣體總壓為 4.00 atm。打開逸散槽隔板上的針孔使氣體逸散至另一側，逸散的 Z 分子和氬氣分子的數量比值約為 1:2。



(a) 化合物 Z 的分子量為何？
(b) 化合物 Z 的分子式為何？
(c) 此氣體混合物經過五個連續的逸散步驟後，所得到的氣體混合物中 Z 化合物之莫耳分率為何？

4. 就六種 0.1 M 水溶液：
(i) HCl
(ii) NaOH
(iii) CH_3COOH(K_a=1.8×10^{-5})
(iv) Na_2HPO_4(H_3PO_4 之 K_{a1}=7.1×10^{-3}，K_{a2}=6.3×10^{-8}，K_{a3}=4.4×10^{-13})
(v) $NaHSO_4$(H_2SO_4 之 K_{a2}=1.7×10^{-2})
(vi) Na_2CO_3(H_2CO_3，K_{a1}=4.4×10^{-7}，K_{a2}=4.7×10^{-11})
回答下列問題：
(a) 計算(i)溶液的 pH 值。
(b) 計算(ii)溶液的氫離子濃度。
(c) 從(i)~(vi)中，挑選適當溶液，描述配製 1.0 L、pH = 5.0 之緩衝溶液的方法(需有計算)。