

大學入學考試中心  
109學年度指定科目考試試題（補考）

化學考科

— 作答注意事項 —

考試時間：80分鐘

作答方式：

- 選擇題用 2B 鉛筆在「答案卡」上作答；更正時，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。
- 非選擇題用筆尖較粗之黑色墨水的筆在「答案卷」上作答；更正時，可以使用修正液（帶）。
- 未依規定畫記答案卡，致機器掃描無法辨識答案；或未使用黑色墨水的筆書寫答案卷，致評閱人員無法辨認機器掃描後之答案者，其後果由考生自行承擔。
- 答案卷每人一張，不得要求增補。

參考資料

說明：下列資料，可供回答問題之參考

一、元素週期表（1~36 號元素）

1 H 1.0																	2 He 4.0
3 Li 6.9	4 Be 9.0											5 B 10.8	6 C 12.0	7 N 14.0	8 O 16.0	9 F 19.0	10 Ne 20.2
11 Na 23.0	12 Mg 24.3											13 Al 27.0	14 Si 28.1	15 P 31.0	16 S 32.1	17 Cl 35.5	18 Ar 40.0
19 K 39.1	20 Ca 40.1	21 Sc 45.0	22 Ti 47.9	23 V 50.9	24 Cr 52.0	25 Mn 54.9	26 Fe 55.8	27 Co 58.9	28 Ni 58.7	29 Cu 63.5	30 Zn 65.4	31 Ga 69.7	32 Ge 72.6	33 As 74.9	34 Se 79.0	35 Br 79.9	36 Kr 83.8

二、理想氣體常數  $R = 0.08205 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} = 8.31 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$

## 第壹部分：選擇題（占 80 分）

### 一、單選題（占 48 分）

說明：第1題至第16題，每題有5個選項，其中只有一個是正確或最適當的選項，請畫記在答案卡之「選擇題答案區」。各題答對者，得3分；答錯、未作答或畫記多於一個選項者，該題以零分計算。

1. 水的離子積為  $K_w$ ，其  $pK_w$  與溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) 的關係如圖 1 所示。下列相關敘述，哪一項正確？

- (A) 溫度  $35^{\circ}\text{C}$  時，水的  $pK_w$  會小於 14  
(B) 水的解離是放熱反應  
(C) 在定溫時，水的離子積 ( $K_w$ ) 不是定值  
(D) 提高溫度則水的離子積變小  
(E) 提高溫度可增加水解離反應的活化能

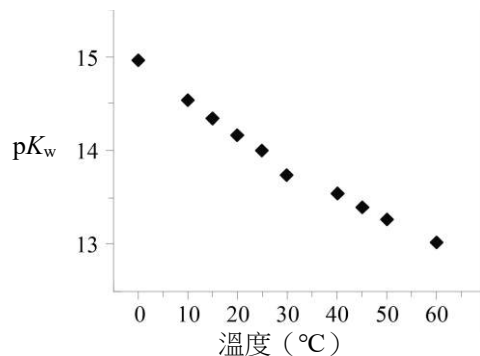


圖 1

### 2-4 為題組

元素週期表可以反映出元素的原子結構，及其物理與化學性質的變化規律。圖 2 為原子的第一游離能與原子序的關係。根據圖 2，回答 2-4 題。

2. 元素甲最有可能屬於下列哪一選項？

- (A) 鹼金屬  
(B) 鹼土金屬  
(C) 硼族  
(D) 鹵素  
(E) 鈍氣

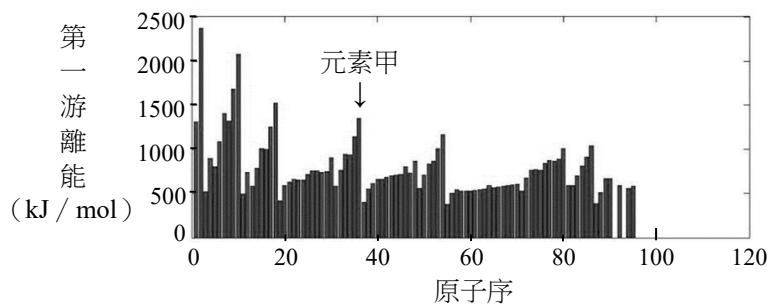


圖 2

3. 西元 2005 年，科學家利用鈣-48 的原子核撞擊含有鈹-249 原子核的樣品後，偵測到原子序 118 的元素，其質量數為 294。此元素最有可能與下列哪一元素屬於同一族？

- (A) 鋰 (B) 鎂 (C) 鋅 (D) 硫 (E) 氫

4. 目前尚無法測得原子序 118 元素的第一游離能，試根據圖 2 的規律，推測此原子的第一游離能最有可能為下列何者（單位： $\text{kJ/mol}$ ）？

- (A) 100 (B) 300 (C) 900 (D) 1500 (E) 2000

5. 經氯奎寧曾被考慮用於治療嚴重特殊傳染性肺炎（COVID-19）患者的藥物，結構如圖 3 所示。試問此結構中具有下列哪一種類化合物的官能基團？

- (A) 醇 (B) 酯 (C) 醚  
(D) 醯胺 (E) 羧酸

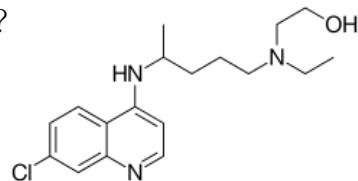
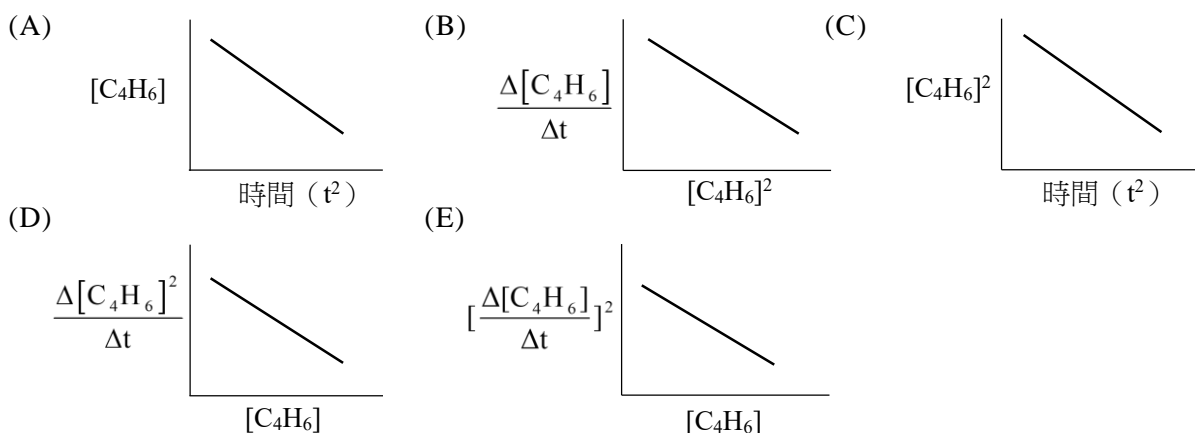


圖 3

6. 1,3-丁二烯 ( $C_4H_6$ ) 為合成橡膠的重要原料, 此化合物亦可進行雙聚反應, 其反應式為:  
 $2C_4H_6 \rightarrow C_8H_{12}$ 。某生測量其反應速率, 得知此反應為二級反應。下列哪一項可能為此實驗的作圖?



7. 三個芳香族化合物的反應結果如圖 4 所示, 其中  $R^1$ 、 $R^2$  及  $R^3$  為原子或原子團。下列有關  $R^1$ 、 $R^2$  及  $R^3$  的組合, 哪一選項正確?

選項	$R^1$	$R^2$	$R^3$
(A)	OH	CH <sub>3</sub>	H
(B)	CH <sub>3</sub>	H	OH
(C)	OH	H	CH <sub>3</sub>
(D)	H	OH	CH <sub>3</sub>
(E)	CH <sub>3</sub>	OH	H

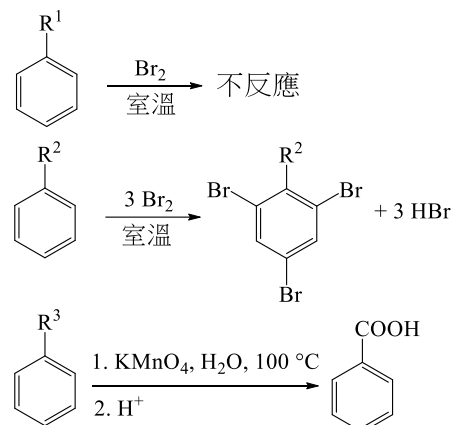
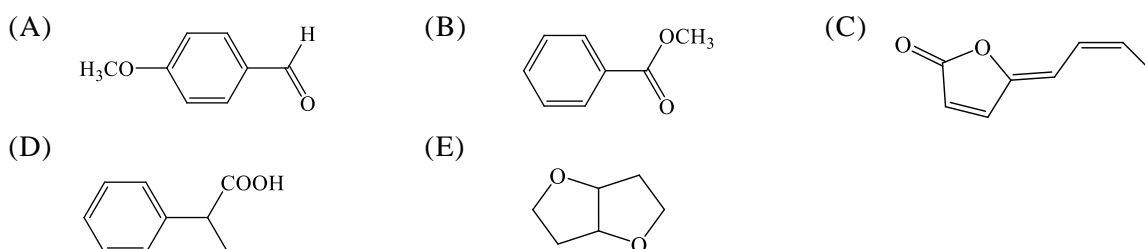


圖 4

8. 在雙氧水與過錳酸鉀溶液反應的實驗中, 先將雙氧水與稀硫酸於試管中混合, 再將過錳酸鉀溶液逐滴加入, 並不斷搖晃試管, 觀察其顏色變化。下列敘述哪一選項正確?  
(A) 雙氧水中所含的過氧化氫 ( $H_2O_2$ ), 其 O 的氧化數為  $-2$   
(B) 在上述實驗中, 雙氧水會氧化產生氫氣  
(C) 在酸性環境下, 過錳酸鉀與雙氧水作用, 會產生二氧化錳  
(D) 此反應需加入指示劑, 才能由指示劑的顏色變化, 確認達滴定終點  
(E) 當過錳酸鉀溶液剛滴入試管時, 溶液呈現紫紅色, 但經過搖晃後, 紫紅色會褪去
9. 某有機化合物甲經元素分析實驗, 得知其碳、氫、氧的質量百分組成, 依次為碳: 70.57%、氫: 5.92%、氧: 23.51%。已知甲與含溴之二氯甲烷溶液或與多倫試液皆無反應。下列哪一選項最可能是化合物甲?



10-11為題組

圖 5 所示為物質 X 的相圖，表示物質的物理狀態與其所處的溫度、壓力關係。試根據此相圖回答第 10-11 題。

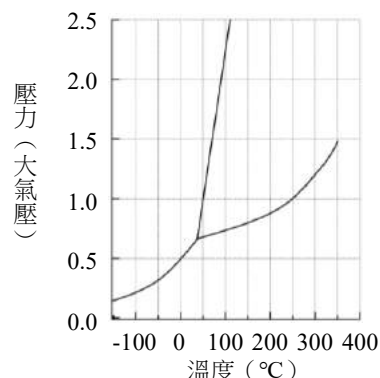


圖 5

10. 若將 X 置於 2.0 大氣壓、250 K 的條件，試問 X 主要會以下列哪一種狀態存在？
- (A) 固態  
(B) 液態  
(C) 氣態  
(D) 固態和液態  
(E) 液態和氣態

11. 若在一大氣壓下，將 5 克的 X 由  $-60^{\circ}\text{C}$  升高至  $100^{\circ}\text{C}$ ，則至少須提供多少的能量（焦耳）？（已知 X 在一大氣壓下的熔化熱為  $200\text{ J/g}$ 、固態 X 的比熱為  $0.4\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，液態 X 的比熱為  $0.8\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。假設 X 不因加熱而逸散。）
- (A) 1160            (B) 1420            (C) 1520            (D) 1540            (E) 5800

12. 數學上，x 值和 y 值（皆為任意單位）之關係可如圖 6 所示。若給予 x 與 y 不同的化學單位，則這種圖形在化學領域很常見。下列所敘述的圖形，哪一選項與圖 6 的變化趨勢不符合？

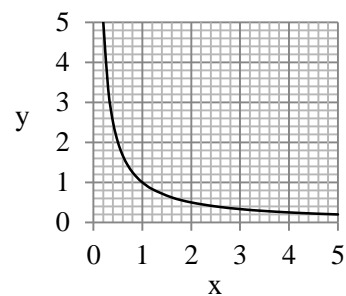
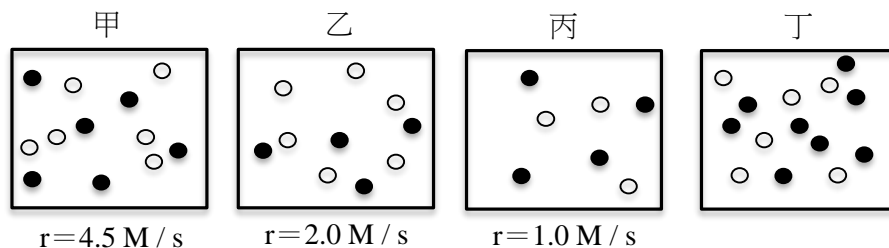


圖 6

- (A) 定溫時，定量理想氣體之壓力與體積的關係圖形  
(B) 定溫時，所進行之酸鹼滴定，其  $[\text{H}^+]$  與  $[\text{OH}^-]$  的關係圖形  
(C) 定溫時，非揮發性、非電解質所形成的稀薄溶液，加入溶劑的莫耳分率與溶液蒸氣壓的關係圖形  
(D) 定溫時，將硝酸銀溶液持續加入氯化鈉溶液之沉澱過程中，其  $[\text{Ag}^+]$  與  $[\text{Cl}^-]$  的關係圖形  
(E) 定溫時，在含有氯化氫氣體的定體積密閉容器內，不斷通入氨氣以持續生成氯化銨固體的過程中，其氨氣分壓與氯化氫分壓的關係圖形

13-14為題組

某反應可以  $\text{A} + 3\text{B} \rightarrow \text{C} + 2\text{D}$  表示，以下四圖分別為 A 分子（實心球）與 B 分子（空心球）在同溫下混合於等體積容器之初始濃度，若每一圓球代表一莫耳分子，圖下方為該反應條件下的初始反應速率（r）。在相同溫度下，根據圖示及所提供的資訊，回答下列問題：

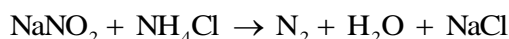


13. 若此反應的反應速率定律為  $r = k[A]^m[B]^n$ ，則  $m+n$  等於多少？  
(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 5
14. 若 A 和 B 的初始濃度如丁圖，則在該條件下，反應的初始速率 (M / s) 為何？  
(A) 4.0 (B) 8.0 (C) 9.0 (D) 12.0 (E) 16.0
15. 小明閱讀一篇文章中記載某一原子的第一、第二、第三……等游離能如表 1 所示，但該文章中僅推測此元素為 Be、B、Mg、Al 或 Zn 中的一種；由其他實驗得知，該元素的氫氧化物可溶於強酸和強鹼溶液中，且為製造航空器的重要材料。根據以上敘述，此元素應為下列哪一選項？

表 1

游離能 (IE)	IE <sub>1</sub>	IE <sub>2</sub>	IE <sub>3</sub>	IE <sub>4</sub>	IE <sub>5</sub>
kJ / mol	578	1817	2745	11578	15030

- (A) Be (B) B (C) Mg (D) Al (E) Zn
16. 將 1.7 克亞硝酸鈉 (NaNO<sub>2</sub>) 及 1.5 克氯化銨 (NH<sub>4</sub>Cl) 均勻混合後，置於試管中充分加熱，完全反應後收集產生的氣體，其未平衡反應式如下：



下列敘述，哪一選項正確？

- (A) 氯化銨是一種易揮發的分子固體  
(B) 產生的氣體有強烈氣味且易溶於水  
(C) 反應完全後，試管中殘留亞硝酸鈉固體  
(D) 產生的氣體在 25°C、1 大氣壓下，體積小於 0.8 公升  
(E) 實驗過程中須保持試管密閉，避免氣體產物逸失於空氣中

## 二、多選題（占 32 分）

說明：第 17 題至第 24 題，每題有 5 個選項，其中至少有一個是正確的選項，請將正確選項畫記在答案卡之「選擇題答案區」。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；答錯多於 2 個選項或所有選項均未作答者，該題以零分計算。

17. 在 25.0°C 時，1.0 克水的蒸氣壓 (mmHg) 與容器體積 (L) 的關係如圖 7 所示。已知 25.0°C 時，水的飽和蒸氣壓為 24.0 mmHg。下列敘述，哪些正確？

- (A) 在乙點時，水蒸氣的平均動能高於丙點  
(B) 在乙點時，水蒸氣的分子數多於丙點  
(C) 在丙點時，水蒸氣的體積約為 43.0 公升  
(D) 在乙點時，水蒸氣的密度與丙點相同  
(E) 在甲點時，容器中液態水的量多於乙點

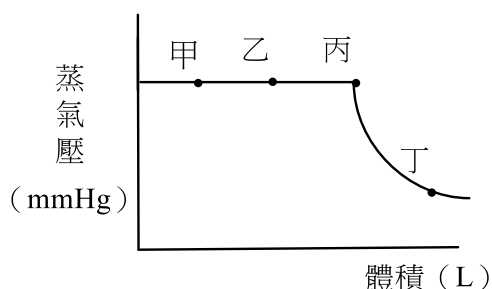
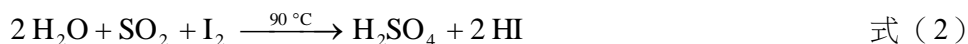


圖 7

18. 氫氣是一種可以由水取得的潔淨能源，若欲直接將水加熱產生氫氣，則需要 3500°C 的高溫。不過，科學家發現若先將碘化氫 (HI) 在 425°C 加熱分解，接著降溫至 90°C 導入水與二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)，產生硫酸，達成平衡後再升溫至 825°C，讓硫酸分解產生氧氣，重複此一循環，即可在低於 1000°C 的條件下，分解水產生氫氣與氧氣，此一系列反應式如下：



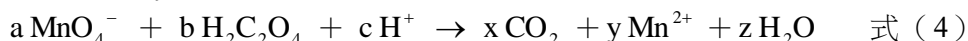
結合這些反應，則可以利用煉鐵廠的廢熱分解水產生氫氣，成為一項有經濟價值的反應。

下列有關此廢熱分解水產生氫氣的敘述，哪些正確？

- (A) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 為反應產物之一 (B) 總反應之  $\Delta H > 0$   
(C) 總反應將熱能轉化為化學能 (D) I<sub>2</sub> 與 O<sub>2</sub> 都是反應中間體  
(E) HI 與 SO<sub>2</sub> 都是催化劑
19. 將 1.0 M 硝酸與 1.0 M 醋酸各 20.0 毫升，分別以 1.0 M 的氫氧化鈉水溶液滴定。下列關於此滴定實驗的敘述，哪些正確？(酚紅指示劑的變色範圍為 pH 6.8~8.4)
- (A) 在未滴定前，醋酸的 pH 比硝酸低  
(B) 在到達當量點前，硝酸溶液將形成緩衝溶液  
(C) 到達當量點時，硝酸溶液的 pH 比醋酸溶液低  
(D) 到達當量點時，硝酸溶液所需要的氫氧化鈉水溶液體積比醋酸多  
(E) 兩種酸的滴定，均可使用酚紅指示劑判斷滴定終點

#### 20-21 為題組

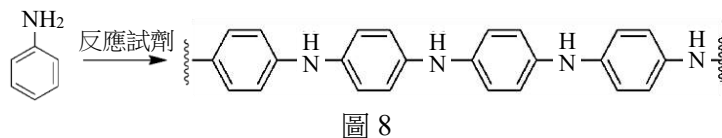
欲知草酸溶液的濃度，可以用酸性過錳酸鉀溶液滴定而得，其平衡反應式如下，其中各係數 a、b、c、x、y、z 為最簡整數比的值。



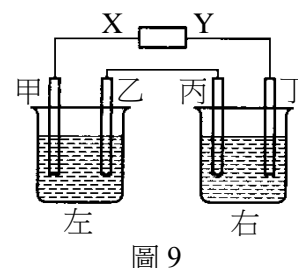
因草酸鈣的溶度積極小，所以，上述的氧化還原滴定也可用於測定樣品中之鈣的含量。已知樣品甲所含成分中，鈣離子僅以碳酸鈣的形式存在，因此王同學決定要以此方法來分析樣品中碳酸鈣含量。王同學秤取 10.0 克樣品，並緩慢將其加至過量鹽酸水溶液中。待完全溶解後，緩慢加入氨水使其呈鹼性，再加入過量草酸銨水溶液使其產生沉澱。過濾後，先用少許純水沖洗草酸鈣沉澱物，再將沉澱物慢慢加至過量硫酸水溶液中使其完全溶解。最後，將所得草酸水溶液，以 0.100 M 過錳酸鉀滴定，當達到滴定終點時，共用了 50.0 毫升的過錳酸鉀溶液。(鈣原子量：40；碳酸鈣式量：100；草酸銨式量：124)

20. 下列有關過錳酸鉀與草酸及其化學反應式的敘述，哪些正確？
- (A)  $y^3 = z$  (B)  $a + b + c = 20$   
(C) 過錳酸鉀為還原劑 (D) 草酸為雙質子弱酸  
(E) 若此反應改在鹼性的條件下，則過錳酸鉀與草酸的反應仍可得到相同的產物
21. 下列有關過錳酸鉀溶液，檢測樣品中碳酸鈣含量實驗的敘述，哪些正確？
- (A) 加入鹽酸，可增加碳酸鈣在水中的溶解度 (B) 在水中，草酸鈣的溶解度和 pH 無關  
(C) 到達滴定終點時，溶液呈無色 (D) 碳酸鈣在樣品中含量約在 10-15% 之間  
(E) 實驗中需用過量草酸銨溶液，是為了要有多餘的草酸可被過錳酸鉀滴定

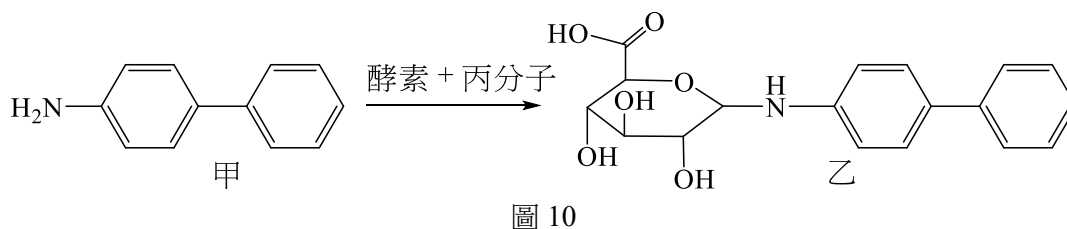
22. 聚苯胺是一種有機半導體。圖 8 是苯胺聚合成聚苯胺的反應式。下列敘述，哪些正確？



- (A) 硝基苯進行還原反應可得苯胺
  - (B) 苯胺聚合反應中，所加入的反應試劑是一種氧化劑
  - (C) 聚苯胺屬於一種共聚物
  - (D) 聚苯胺中的胺基以間位方式連結
  - (E) 聚苯胺分子間可能有氫鍵作用力
23. 某一電解槽的示意圖如圖 9 所示。左燒杯中裝有 100 毫升 0.50 M 的硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ ) 溶液，右燒杯中裝有 100 毫升 0.25 M 的氯化銅 ( $\text{CuCl}_2$ ) 溶液；甲、乙、丙及丁為質量相同的石墨電極，X 與 Y 為直流電源的两極。電解一段時間後，甲電極比其他三個電極重。下列敘述，哪些正確？



- (A) 直流電源的 X 為陰極，Y 為陽極
  - (B) 電解後，左燒杯溶液的 pH 小於 7
  - (C) 甲電極進行還原反應，析出 Ag
  - (D) 電解後，僅左燒杯產生氣體
  - (E) 丙電極進行還原反應，析出物的莫耳數為甲電極析出物的一半
24. 排尿是人體代謝的重要管道，因此水溶性不佳的物質，需要轉變成水溶性較佳的產物，以利透過尿液排出體外。例如：圖 10 中，化合物甲經酵素與體內某分子丙反應產生化合物乙。下列有關此反應的相關敘述，哪些正確？



- (A) 丙分子是一個葡萄糖的衍生物
- (B) 化合物乙的飽和六員環結構具親水性
- (C) 化合物甲的水溶性在 pH 8 中較在 pH 6 中高
- (D) 化合物乙水溶液的 pH 值小於化合物甲的水溶液
- (E) 化合物甲的水溶性低於化合物乙，因為其所含  $-\text{NH}_2$  為疏水性

### 第貳部分：非選擇題（占 20 分）

說明：本部分共有三大題，答案必須寫在「答案卷」上，並於題號欄標明大題號（一、二、三）與子題號（1、2、……），作答時不必抄題，若因字跡潦草、未標示題號、標錯題號等原因，致評閱人員無法清楚辨識，其後果由考生自行承擔。計算題必須寫出計算過程，最後答案應連同單位劃線標出。作答使用筆尖較粗之黑色墨水的筆書寫，且不得使用鉛筆。每一子題配分標於題末。

一. 已知甲、乙、丙、丁、戊和己為週期表中前三週期的原子，其價電子數和原子半徑如表 2 所示。

表 2

原子	甲	乙	丙	丁	戊	己
價電子數	6	5	4	6	2	1
原子半徑 (pm)	73	75	77	102	160	186

根據以上資料回答下列問題。(每一子題 2 分，共 8 分)

1. 寫出丙元素最常見的兩種同素異形體的名稱，其中一種的原子鍵結軌域為  $sp^3$ 。(2 分)
2. 戊在高溫下與元素態乙反應，可產生一固體物質庚，庚與水作用會生成一刺激性臭味的氣體與一白色固體辛，辛的溶解度低，可作為胃藥。寫出庚與辛的化學式。(2 分)
3. 元素態甲與丁反應，可產生兩種氣體，其組成符合倍比定律，且兩者皆可造成酸雨。寫出此二氣體的化學式。(2 分)
4. 一白色固體經過分析後得知含有甲、丙及己三種原子，此白色固體可以索耳未法製備。寫出此白色固體的化學式。(2 分)

二. 尿酸的化學結構如圖 11 所示，其分子式為  $C_5H_4N_4O_3$ ，分子量 168。尿酸是人體內 DNA 代謝的產物，在人體中以其鈉鹽-尿酸鈉 ( $C_5H_3N_4NaO_3$ ) 形式經尿液排出。由於在  $37^\circ C$  時，尿酸鈉每毫升尿液的溶解度為 0.067 毫克，當人體中產生過多的尿酸無法經尿液順利排出時，可能以結晶形式沉積在關節組織，引起痛風疾病。回答下列問題。(每一子題 2 分，共 6 分)

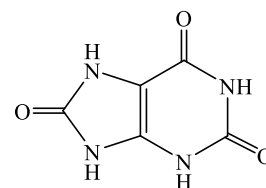


圖 11

1. 試問 1 公升尿液最多可溶解幾莫耳的尿酸鈉？(2 分)
2. 尿酸結構含有幾對未鍵結電子對？(2 分)
3. DNA 結構由三大部分組成，試問結構中的哪一部分最有可能是人體產生尿酸的來源？(2 分)

三. 在  $179^\circ C$  下，異丙醇氣體可以分解為丙酮與氫氣，其反應式如下：



回答下列問題。(每一子題 2 分，共 6 分)

1. 利用表 3 之化學鍵能資料，列出詳細計算式，求出式 (5) 之反應熱 ( $kJ/mol$ )。(2 分)
2. 若將 6.0 克異丙醇置入一個 10 公升密閉容器中，並加熱至  $179^\circ C$ ，當系統達平衡後，測得氫氣分壓為 0.24 大氣壓。列出詳細計算式，求出式 (5) 之平衡常數 ( $K_p$ )。(2 分)
3. 異丙醇與丙酮的分子量相近，但是兩者沸點相差約  $26^\circ C$ ，試推測異丙醇與丙酮兩者中，何者的沸點較高？其原因為何？(2 分)

表 3 常見共價鍵之鍵能 ( $kJ/mol$ )

H-H	432	C-C	347	C=C	614
C-H	413	C-O	358	C=O	745
O-H	467	O-O	146	C≡C	839



# 109 學年度指定科目考試 (補考)

## 化學考科選擇題答案

題號	答案	題號	答案
1	A	21	AD
2	E	22	ABE
3	E	23	BCE
4	C	24	ABD
5	A		
6	B		
7	D		
8	E		
9	B		
10	A		
11	B		
12	C		
13	C		
14	B		
15	D		
16	D		
17	CDE		
18	BCE		
19	CE		
20	AD		

## 109 學年度指定科目考試（補考） 化學考科非選擇題參考答案

化學考科所公布的非選擇題參考答案，為概略式的說明，無法涵蓋所有考生的答題狀況；在評分原則與給分方式上，會因試題要求的不同有所差異，例如：計算莫耳數時，列式正確，可得部分題分；數值運算正確且答案正確，可再得部分題分，本公告謹提供滿分的參考答案以供各界參考。

109 學年度指定科目考試（補考）化學考科，各題的參考答案說明如下：

### 第一題

第 1 小題（2 分）

鑽石（金剛石）

石墨、石墨烯、富勒烯（ $C_{60}$ ）

第 2 小題（2 分）

庚： $Mg_3N_2$ 、辛： $Mg(OH)_2$

第 3 小題（2 分）

$SO_2$ 、 $SO_3$

第 4 小題（2 分）

$Na_2CO_3$

### 第二題

第 1 小題（2 分）

$$\frac{0.067 \text{ mg/ml} \times 1000 \text{ ml}}{190 \text{ g/mol}} = 3.5 \times 10^{-4} (\text{mol})$$

0.00035 莫耳或  $3.5 \times 10^{-4}$  莫耳

第 2 小題（2 分）

10 對

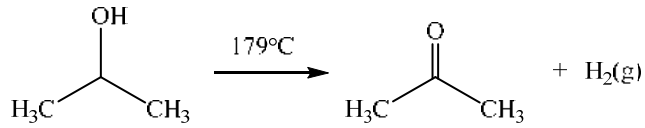
第 3 小題（2 分）

含氮鹼基或嘌呤

說明：第 1 小題為計算題，需列式正確，再計算得到正確數值，才能得滿分。

### 第三題

第 1 小題 (2 分)



計算鍵能變化得反應熱：

$$\begin{aligned} \Delta H &= 7 \times E(\text{C}-\text{H}) + 2 \times E(\text{C}-\text{C}) + E(\text{C}-\text{O}) + E(\text{O}-\text{H}) \\ &- [6 \times E(\text{C}-\text{H}) + 2 \times E(\text{C}-\text{C}) + E(\text{C}=\text{O}) + E(\text{H}-\text{H})] \\ &= (7 \times 413 + 2 \times 347 + 358 + 467) \\ &- (6 \times 413 + 2 \times 347 + 745 + 432) \\ &= 4410 - 4349 = 61 \end{aligned}$$

第 2 小題 (2 分)

初始壓力可由  $PV = nRT$ ，計算而得

$$V = 10 \text{ L} \cdot T = 179^\circ\text{C} = 452 \text{ K} \cdot \text{C}_3\text{H}_7\text{OH 分子量} = 60$$

$$PV = nRT \Rightarrow P \times 10 = \frac{0.6}{60} \times 0.082 \times 452$$

$$\text{初始 } P_{\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}} = 0.37 \text{ atm}$$

平衡時：

$$P_{\text{H}_2} = 0.24 \text{ atm} \cdot P_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}} = 0.24 \text{ atm} \cdot P_{\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}} = 0.37 - 0.24 = 0.13 \text{ (atm)}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{H}_2} \times P_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}}}{P_{\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}}} = 0.44$$

第 3 小題 (2 分)

異丙醇沸點高，因為有分子間氫鍵

說明：第 1、2 小題為計算題，需列式正確，再計算得到正確數值，才能得滿分。