116年 學測化學雙引擎 素養題考猜 第四回

請同學準備完整時間且不會被打擾的空間專心測驗

－ 作答注意事項 －

考試範圍：基礎化學（全）

考試時間：20分鐘

作答方式：

(1) 選擇題請使用 2B 鉛筆作答於『答案卷』，若要修改請用橡皮擦，請勿使用修正帶（液）。

(2) 考生上述規定作答，若未依規定導致答案無法辨識或校閱，恐影響考試成績。

選擇題計分方式：每題10分

(1) 單選題：五個選項中僅有一個選項為正確答案，答錯／未作答／劃記超過一個以上答案，均視同未得分。

(2) 多選題：五個選項中至少有一至多個答案，各選項獨立判定，若所有選項均達對，則獲得該題所有分數；若有錯 K 個選項，則獲得該題分數的(5-2K)/5的分數，若未作答則不得分。

參考資料

一、元素週期表：

$_{1}H$																	$_{2}He$
$_{3}Li$	$_{4}Be$											$_{5}B$	$_{6}C$	$_{7}N$	$_{8}O$	$_{9}F$	$_{10}Ne$
$_{11}Na$	$_{12}Mg$											$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$
$_{19}K$	$_{20}Ca$	$_{21}Sc$	$_{22}Ti$	$_{23}V$	$_{24}Cr$	$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$	$_{30}Zn$	$_{31}Ga$	$_{32}Ge$	$_{33}As$	$_{34}Se$	$_{35}Br$	$_{36}Kr$

二、理想氣體常數：0.082 atm · l/mol · k

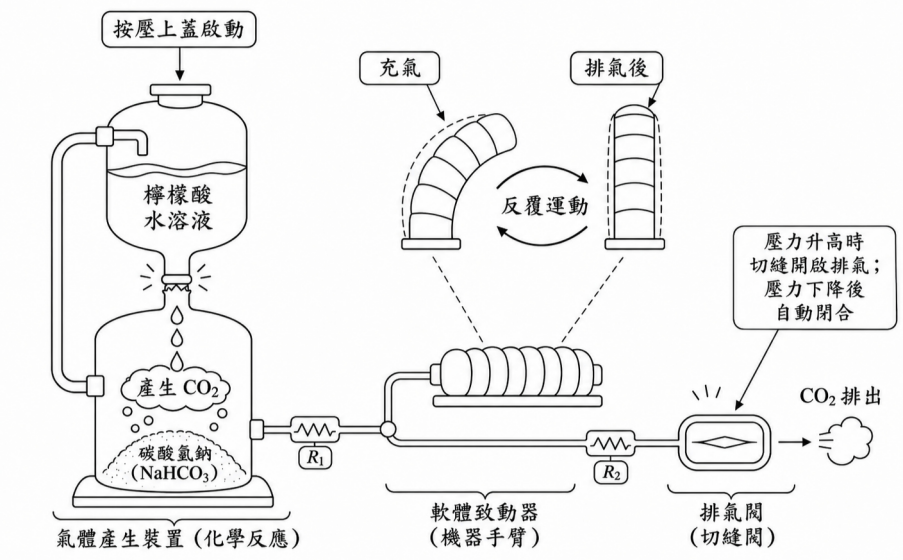
三、log2=0.3；log3=0.48；log5=0.7；log10=1

孔恩科學教育出版 版權所有 翻印必究

一、選擇題：

1.____ 研究者設計了一套以化學反應供氣的軟體機器人裝置。上層儲存檸檬酸水溶液，酸液滴入下層的碳酸氫鈉粉末後產生氣體。氣體進入柔軟的致動器，使它彎曲；閥門排氣後，致動器回復原狀。研究以這套供氣與排氣設計，讓致動器反覆運動。將上層酸液的溶質記為甲，其結構可寫為：$HOOCCH_2C(OH)(COOH)CH_2COOH$

產氣反應如下(此反應未平衡)：甲＋$NaHCO_3 \rightarrow Na_3C_6H_5O_7 + H_2O + CO_2$



為記錄這套裝置中反應物與氣源的組成及鍵結，下列敘述何者正確?

(A) 甲為參質子酸，可與$NaHCO_3$行酸鹼中和反應

(B) 反應式中的$NaHCO_3$表示每個碳酸氫鈉分子含3個Na原子。

(C) 推動致動器的氣體寫為CO_2，可為簡式，故不能表示一個分子的組成。

(D) 甲的分子式為$C_6H_8O_7$，而$HOOCCH_2C(OH)(COOH)CH_2COOH$為示性式的寫法。

(E) 0.3 mol 的甲與足量 $NaHCO_3$ 完全反應，假設所生成的 CO_2 全以氣體計，在 25 ℃、1 atm 下的理論體積約為 7.35 L。

孔恩科學教育編製 - 版權所有翻印必究

2.____ 研究者從胡蘿蔔與生薑的自然發酵液中分離乳酸菌，並追蹤發酵液的酸性。發酵過程中，葡萄糖可轉變為乳酸、乙醇與二氧化碳：

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_3H_6O_3 + C_2H_5OH + CO_2$

以下以甲、乙兩份乳酸溶液模擬發酵液的滴定，假設只有乳酸消耗NaOH。各取乳酸12.0 mL，並以0.05 M NaOH滴定，並以酚酞出現持續的淡粉紅色為終點，結果如下。

樣品	乳酸濃度	消耗NaOH體積
甲	0.025 M	6.00 mL
乙	x M	15.00 mL

同一研究也將菌株的細胞內無細胞萃取物加入含$FeSO_4$、H_2O_2及亮綠染料的反應液。$FeSO_4$提供的Fe^{2+}可參與下列芬頓反應（Fenton reaction）；生成的羥基自由基（·OH）會氧化染料，使其吸光度下降。

$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + \cdot OH + OH^-$

作者依染料吸光度換算「羥基自由基清除率」；數值愈大，代表染料受到的氧化破壞愈少。表中摘錄菌株L_2製備萃取物所用菌液濃度。最後研究者也發現，萃取物也可能與Fe^{2+}結合，減少·OH的生成。

製備萃取物所用菌液濃度	羥基自由基清除率
10^8 CFU/mL	約35%
10^9 CFU/mL	約50%
10^{10} CFU/mL	約58%

註：CFU/mL為原菌液每毫升的菌落形成單位數，不是反應液中的活菌濃度。

根據上述資料，下列敘述哪些正確?

(A) 由甲滴定實驗結果可得知，乳酸為雙質子酸

(B) 由乙滴定實驗結果可得知，x=0.0625M

(C) 酚酞出現粉紅色，表示它被NaOH氧化

(D) 在上述芬頓反應反應中，Fe^{2+}失去電子而被氧化，H_2O_2則作為氧化劑。

(E) 由L_2的清除率隨製備用菌液濃度增加而上升，可確定萃取物只清除已生成的·OH，不影響·OH的生成。

3.____ 張揚在研究氧氣在電極表面接受電子行還原反應時，比較在酸性環境與鹼性環境兩種反應路徑，如下表：

反應環境	路徑（一）：氧氣直接還原 生成水或氫氧根	路徑（二）式一：氧氣先還原 生成過氧化物
酸性環境	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	$O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$
	—	路徑（二）式二：過氧化物繼續還原
		$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$
反應環境	路徑（一）：氧氣直接還原 生成水或氫氧根	路徑（二）式一：氧氣先還原 生成過氧化物
鹼性環境	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	$O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow HO_2^- + OH^-$
	—	路徑（二）式二：過氧化物繼續還原
		$HO_2^- + H_2O + 2e^- \rightarrow 3OH^-$

根據以上張揚的發現，回答下列問題。

25 ℃、1 atm 下各物種的相對莫耳熱含量，如下表。

物種	相對莫耳焓／kJ · mol^{-1}	物種	相對莫耳焓／kJ · mol^{-1}
$O_2(g)$	0	$H^+(aq)$	0
$H_2O(l)$	−285.8	$H_2O_2(aq)$	−191.2
$HO_2^-(aq)$	−159.4	$OH^-(aq)$	−230.0

（1）根據上述描述，下列何者正確? (應選兩項)

(A) $O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow HO_2^- + OH^-$ 反應中，O_2扮演氧化劑

(B) 路徑(一)與路徑(二)的電解水實驗中，總反應式相同

(C) 路徑(一)與路徑(二)的電解水實驗中，反應熱不同

(D) 路徑(一) $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ ΔH=-285.8kJ

(E) HO_2^-與OH^-中，熱含量OH^-較大

（2）畫出 HO_2^- 的路易斯結構?

4.____ 聯胺（N_2H_4）可與碘反應，因此可用碘的消耗量分析試樣中的聯胺。曉易研究在含$NaHCO_3$的碘溶液中加入聯胺試液，以澱粉協助辨認終點。以下先觀察中性聯胺的結構，再分析反應中各物種的變化。

$aN_2H_4(aq) + bI_2(aq) \rightarrow cN_2(g) + dI^-(aq) + eH^+(aq)$

加入的HCO_3^-可依下式消耗H^+:

$HCO_3^-(aq) + H^+(aq) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$。

根據以上反應下列何者是正確的?(應選兩項)

(A) 一個N_2H_4分子的價電子總數為10。

(B) 一個N_2H_4分子中共有5對鍵結電子對。

(C) a+b+c+d+e=10

(D) 聯胺中的N失去電子，故聯胺是氧化劑

(E) 每1 mol N_2H_4反應所生成的H^+，至少需4 mol HCO_3^-才能全數消耗。

5.____ 厭氧消化後的消化液仍含銨離子，可先使部分銨離子形成鳥糞石沉澱，回收其中的養分。為了解這類晶體受熱後的固體組成，另取純鳥糞石進行加熱分析。以下依序觀察鳥糞石的形成、分離及受熱變化。

一、養分分離：在適當pH下，加入$MgCl_2$與KH_2PO_4，使部分NH_4^+形成$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O(s)$。接著將固液分開，上清液留作培藻用。

二、固體分析：另取純$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$為4.9 g，加熱到250 °C並反應至剩固體$Mg_2P_2O_7$ X g，過程中僅逸出物僅$NH_3(g)$與$H_2O(g)$，且完全反應。

(原子量Mg＝24.3、P＝31、N＝14、H＝1、O＝16；$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$的式量為245.3； $Mg_2P_2O_7$的式量為222.6。)

依養分分離流程與鳥糞石組成，下列哪些判斷正確? (應選三項)

(A) $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$可以被稱為結晶水合物，為一種混合物。

(B) $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$若充分溶解於水中可以觀察到超過3種離子

(C) 加熱到250 ℃時，氨氣中的N元素佔0.28g

(D) X液態通電可以觀察到正負電極表面有化學變化。

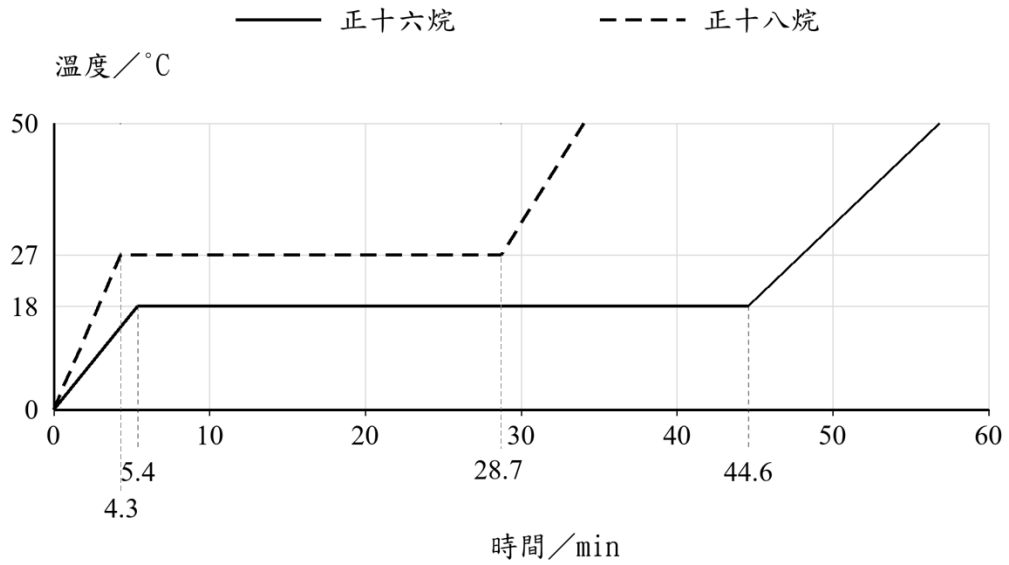
(E) X為4.44g。

孔恩科學教育編製 - 版權所有翻印必究

6.____ 研究者比較正烷在升溫與熔化時吸收的熱量。某組學生參考其熱性質資料，取正十六烷作為已知樣品，估算正十八烷的單位質量熔化熱。兩份樣品的資料如下表。

物質	質量（g）	熔點（℃）	單位質量熔化熱（J/g）
正十六烷	20.0	18	235
正十八烷	12.0	27	b

兩份樣品在大氣壓下分別由0 ℃加熱至50 ℃，傳入兩份樣品的有效供熱功率相同且保持恆定，溫度隨時間的變化如圖一。忽略容器吸熱與散熱，過程中無反應或汽化，僅有升溫及熔化。



利用正十六烷的加熱結果估算，正十八烷的單位質量熔化熱b最接近下列何者？ (A) 4.06 J/g (B) 146 J/g (C) 244 J/g (D) 287 J/g (E) 2.93×10^3 J/g

7.____ 研究者將甲基紅與溴瑞香草酚藍（BTB）分別印在紙晶片的不同檢測區，讓同一份樣品流向各區而使指示劑變色，兩種指示劑不混合。檢查五份25°C的無色水溶液，每份各使用一片相同晶片。表一為採用的變色範圍，表二為待核對紀錄，「—」表示漏記。指示劑用量不明顯改變樣品pH，且樣品pH不恰在變色範圍端點。

表一　指示劑由低pH到高pH的顏色變化

指示劑	變色範圍pH	低於變色範圍	範圍內的過渡色	高於變色範圍
甲基紅	4.2～6.2	紅色	橙色	黃色
BTB	6.0～7.6	黃色	綠色	藍色

表二　同一片晶片兩個檢測區的紀錄

樣品	甲基紅區	BTB區
甲	橙色	黃色
乙	橙色	綠色
丙	黃色	綠色
丁	黃色	—
戊	紅色	黃色

若以甲、乙、丙、丁、戊代表各原待測液的氫離子濃度，下列大小關係何者一定成立?

(A) 甲＞乙＞戊 (B) 乙＞甲＞丙 (C) 戊＞丙＞乙

(D) 甲＞丙＞丁 (E) 戊＞甲＞乙

8.____ 硫酸製程先將硫燃燒成SO_2，再使SO_2在與氧反應生成SO_3。先使6.40 g純硫完全轉變為SO_2，再讓其中部分SO_2繼續轉變為SO_3。最終得到7.68 g SO_2與6.40 g SO_3。反應熱按下列同一參考溫度計算，SO_2與SO_3皆為氣態；不計設備或氣體升降溫所交換的熱。

(原子量：S＝32.0、O＝16.0。)

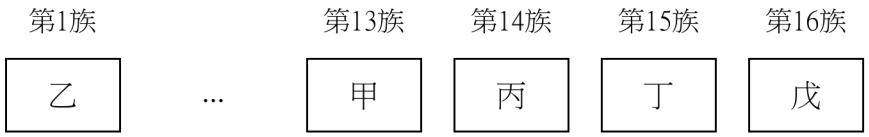
$S(s)+O_2(g) \rightarrow SO_2(g) \quad \Delta H_1=-297\ kJ$

$2SO_2(g)+O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H_2=-192\ kJ$

根據上述初始硫與氧氣到最終混合產物計算，兩階段合計的反應熱ΔH約為多少? (A) −7.68 kJ (B) −59.40 kJ (C) −67.08 kJ (D) ＋67.08 kJ (E) −78.60 kJ

孔恩科學教育編製 - 版權所有翻印必究

9.____ 研究者利用雷射製備含有元素甲的奈米粒子，探討它能否把適合捕獲中子，將核種送入腫瘤細胞。研究所利用的核轉變是：質量數10的甲原子核吸收1個中子後，產生質量數7的乙原子核與質量數4的氦原子核，並釋出能量。甲、乙、丙、丁、戊皆位於第二或第三週期，且五者在同一週期。它們的族位置如下圖。



根據上述資料及週期表的規律，下列敘述哪些正確?

(A) 質量數為7的乙元素與質量數為6的乙元素，化學性質不同，但物理性質相似

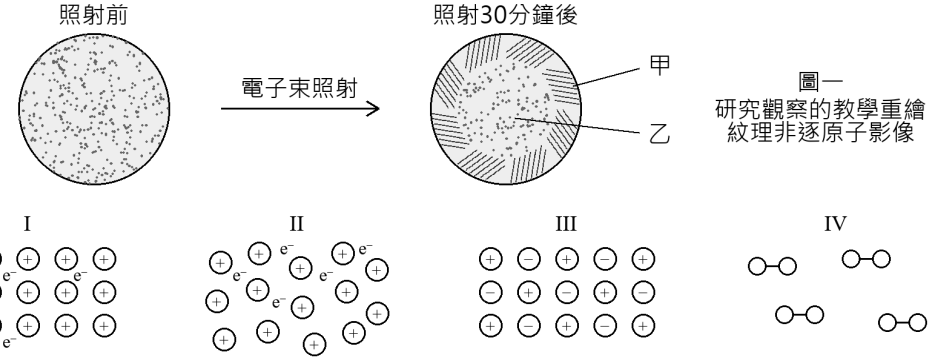
(B) 乙相較於其他同週期元素，更適合扮演還原劑

(C) 甲的原子序為5；質量數10的甲原子核中有5個中子。

(D) 依上圖由甲到戊，中性原子的半徑依序增大。

(E) 丙的非金屬性比戊強。

10.____ 研究者以電子束照射金屬鈀（Pd）奈米粒子，追蹤其內部結構的變化。圖一依顯微影像中可辨識的紋理分布重繪，甲、乙為照射後同一粒子的兩個區域，「圖一依研究中可辨識的紋理分布重繪。甲、乙為電子束照射後同一鈀奈米粒子的表面與內部區域：甲出現規則排列的晶態區域，乙則仍維持非晶態。



圖二　候選粒子模型（局部示意，不按粒子數或距離比例）

綜合圖一的甲、乙兩區呈現的概念，下列哪一組模型配對與說明最恰當?

(A) 甲配I，乙配II；只有甲的原子排列規則，所以只有甲具有金屬鍵。

(B) 甲配II，乙配I；兩區均可用正電離子實與可移動電子描述。

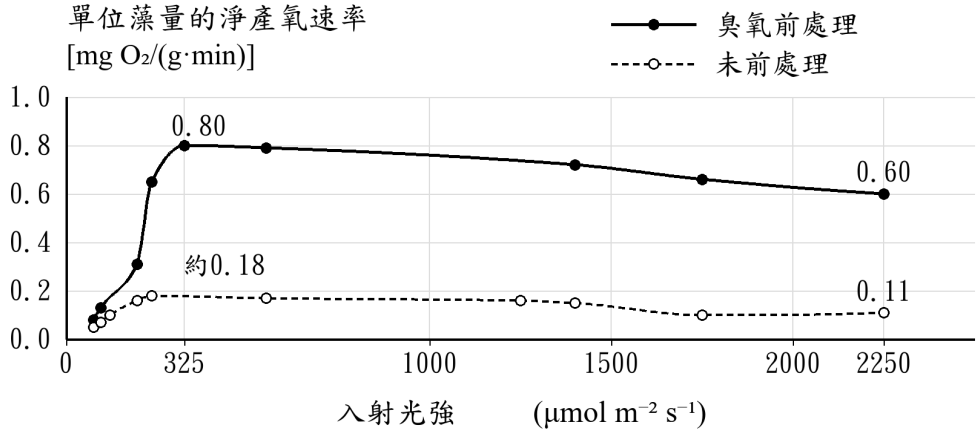
(C) 甲配III，乙配II；甲的規則條紋表示正、負離子交替排列。

(D) 甲配I，乙配II；兩區排列不同，但均可用正電離子實與可移動電子描述。

(E) 甲配I，乙配IV；乙沒有規則條紋，所以鈀原子必定兩兩結成獨立分子。

11.____ 豬糞經厭氧消化後，消化液的深色可能限制微藻利用光能。研究者嘗試先以臭氧處理，改善消化液的透光情形，再接種微藻培養。未前處理與臭氧前處理兩組採相同稀釋比例，在不同入射光強下測量溶氧淨增加速率，並除以樣品懸浮固體乾重（作為藻量基準），結果如圖一。判讀時忽略氣體交換及其他產氧、耗氧途徑，將淨產氧視為光合作用產氧減去有氧呼吸耗氧；光強單位不需換算。

圖一　不同光強度下兩種培養液的單位藻量淨產氧速率



依圖一與題給條件，下列哪些敘述正確？（應選3項）

(A) 依圖中取整數值，在325 μmol m^{-2} s^{-1}光強度下，前處理組的單位藻量淨產氧速率約為未前處理組的4.4倍。

(B) 對O_3前處理組而言，光強度由325增至2250 μmol m^{-2} s^{-1}時，單位藻量淨產氧速率仍與光強度成正比。

(C) 若O_3前處理組的測量樣品含0.050 g懸浮藻固體乾重，並在325 μmol m^{-2} s^{-1}光強度下維持圖示速率10分鐘，溶氧淨增加約0.40 mg。

(D) O_3前處理組在2250 μmol m^{-2} s^{-1}光強度下，光合作用產氧速率仍小於有氧呼吸耗氧速率。

(E) 由上表可得知，植物葉綠體吸收325 μmol m^{-2} s^{-1}行光合作用效率高於2250 μmol m^{-2} s^{-1}

116 學測化學 素養考猜 第四回 答案區

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
簡答	AD	BD	見詳解	BE	BCD	C	E	C	BC	D	ACE

1. 產氣驅動機器人的反應物與化學式 ｜ 答案：(A)(D)

答案：(A)、(D)。

本題觀念：甲是檸檬酸，含有三個羧基。先辨認可提供的酸性質子，再配平反應，才能由甲的莫耳數求出二氧化碳的理論產量。

配平與反應莫耳比

$C_6H_8O_7 + 3NaHCO_3 \rightarrow Na_3C_6H_5O_7 + 3H_2O + 3CO_2$

甲：$NaHCO_3$：CO_2＝1：3：3。以下產氣量以$NaHCO_3$足量、甲完全反應為前提。

(A) 正確。甲的結構中有三個−COOH，每個羧基可提供一個酸性質子，因此屬三質子酸。甲可與$NaHCO_3$進行酸鹼反應；其中HCO_3^-接受H^+後形成CO_2與水：$HCO_3^- + H^+ \rightarrow CO_2 + H_2O$。

(B) 錯誤。碳酸氫鈉是由Na^+與HCO_3^-組成的離子化合物，不能用「每個碳酸氫鈉分子」描述其晶體。$NaHCO_3$中Na右下方未標數字，表示每個化學式單位只有1個Na；下標3接在O後，表示含3個O，並不是3個Na。

(C) 錯誤。CO_2中的C：O＝1：2，已是最簡整數比，所以它可作為最簡式；同時，二氧化碳是分子化合物，CO_2也可作為分子式，表示每個分子由1個C與2個O組成。「可為簡式」不代表它就不能表示分子組成。

(D) 正確。由$HOOCCH_2C(OH)(COOH)CH_2COOH$計數：三個−COOH共含3個C、3個H及6個O；兩個$-CH_2-$共含2個C及4個H；中央的C與−OH再提供1個C、1個O及1個H。合計為$C_6H_8O_7$。原寫法保留了羧基、羥基及碳鏈的連接資訊，可作示性式。

(E) 錯誤。由配平係數，1 mol甲可產生3 mol CO_2，故0.3 mol甲完全反應時，$n(CO_2) = 0.3 \times 3 = 0.9$ mol。若以25 °C、1 atm時每mol氣體約24.5 L計算，理論CO_2體積約為$0.9 \times 24.5 = 22.05$ L，並非7.35 L；7.35 L＝0.3×24.5，是漏掉反應係數3的結果。此處算的是全部反應的理論產氣量。

2. 發酵液的滴定與菌株萃取物的抗氧化作用 ｜ 答案：(B)(D)

答案：(B)、(D)。

甲含乳酸：$0.025 \times 0.012 = 3.00 \times 10^{-4}$ mol；消耗NaOH：$0.05 \times 0.006 = 3.00 \times 10^{-4}$ mol。

由題設僅乳酸消耗NaOH，乳酸與NaOH的反應莫耳比為1：1。

$CH_3CH(OH)COOH + NaOH \rightarrow CH_3CH(OH)COONa + H_2O$

(A) 錯誤。甲中乳酸與NaOH的反應莫耳數相等，顯示每1 mol乳酸在這次滴定中消耗1 mol NaOH。乳酸的−COOH可提供1個酸性質子，屬單質子酸；不能把結構中的醇羥基−OH也當成可由NaOH在此終點滴定的第2個酸性質子。

(B) 正確。乙消耗NaOH為$0.0500 \times 0.01500 = 7.50 \times 10^{-4}$ mol。由乳酸與NaOH的莫耳比1：1，乙原有乳酸也是7.50×10^{-4} mol，故x＝$(7.50 \times 10^{-4}) / 0.012 = 0.0625$ M。此處求得的是乳酸的莫耳濃度。

(C) 錯誤。酚酞是酸鹼指示劑，呈現粉紅色是因加入NaOH後溶液的酸鹼性改變，使指示劑不同酸鹼形式的比例改變，並不是酚酞被NaOH氧化。滴定終點也不等於溶液恰好中性。

(D) 正確。Fe^{2+}轉變為Fe^{3+}，其電荷由＋2增加為＋3，表示失去1個電子：$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$，因此$Fe^{2+}$被氧化，扮演還原劑。$H_2O_2$接受電子而被還原，扮演氧化劑。

(E) 錯誤。表中L_2的指標約由35%增至50%、58%，支持以較高濃度菌液製備的萃取物，在本實驗中具有較強的染料保護效果。然而，染料受氧化的程度降低，可能是已生成的 · OH被清除，也可能是萃取物影響Fe^{2+}參與反應，使 · OH一開始就生成較少，或兩種作用同時存在。僅憑染料吸光度不能區分這些途徑，也不能把約58%的指標直接解讀成已生成的 · OH恰有58%被直接清除。

3. 以電流追蹤過氧化氫根 ｜ 答案：（1）(A)(B) （2）見詳解

第（1）題 答案：(A)、(B)。

依圖中同一酸鹼環境，比較直接還原的路徑（一），與兩步皆進行完成的路徑（二）。此處相加得到的是氧氣還原的淨半反應。

兩條路徑的加總

酸性環境中，路徑（二）的兩步為：

$O_2+2H^++2e^-\rightarrow H_2O_2$

$H_2O_2+2H^++2e^-\rightarrow 2H_2O$

相加並消去中間產物H_2O_2，得到：

$O_2+4H^++4e^-\rightarrow 2H_2O$

鹼性環境中，路徑（二）的兩步為：

$O_2+H_2O+2e^-\rightarrow HO_2^-+OH^-$

$HO_2^-+H_2O+2e^-\rightarrow 3OH^-$

相加並消去HO_2^-，得到：

$O_2+2H_2O+4e^-\rightarrow 4OH^-$

可見，在同一環境中，路徑（二）兩步相加，均與路徑（一）相同；每還原1 mol O_2，合計接受4 mol電子。若反應停在H_2O_2或HO_2^-，則只完成第一步，不能說此時的淨反應也相同。

逐項說明

(A) 正確。O_2出現在反應物側，並接受2個電子，氧的氧化數由O_2中的0降低為HO_2^-中氧的平均氧化數−1，因此O_2被還原。使其他物質失去電子、自己接受電子的物質稱為氧化劑，所以本反應中的O_2扮演氧化劑。不可因反應叫作「還原反應」，就把O_2判為還原劑。

(B) 正確。依圖意在同一酸鹼環境中比較，而且路徑（二）的第二步也完成時，將兩步反應相加可消去H_2O_2或HO_2^-。酸性環境得到$O_2+4H^++4e^-\rightarrow 2H_2O$；鹼性環境得到$O_2+2H_2O+4e^-\rightarrow 4OH^-$，各自與相同環境的路徑（一）一致。這裡的「總反應式」應解讀為圖中兩步相加後的淨反應。

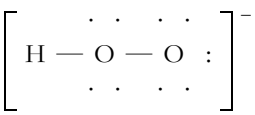
(C) 錯誤。相同反應物與產物、相同物質的量、物態及溫度下，反應焓變由初態與終態決定，不因中間路徑不同而改變，這就是赫斯定律。酸性兩步依題給數值分別為−191.2 kJ及−380.4 kJ，相加為−571.6 kJ，與直接生成2 mol H_2O的結果相同。鹼性兩步相加亦與其直接路徑相同。

(D) 錯誤。題給$H_2O(l)$每mol的相對熱含量為−285.8 kJ，但所列反應式生成2 mol H_2O。依題給相對熱含量計算，ΔH＝H產物-H反應物，ΔH＝2×(−285.8)−[0＋4×0]＝−571.6 kJ

(E) 錯誤。每mol OH^-的相對熱含量為−230.0 kJ，每mol HO_2^-為−159.4 kJ。因−230.0＜−159.4，所以OH^-的相對熱含量較低，並不是較高；兩者相差70.6 kJ/mol。比較的是數值大小，不能只比較負數的絕對值。

第（2）題 HO_2^-的路易斯結構

價電子總數＝H的1個＋兩個O的2×6個＋負電荷多出的1個＝14個。以H−O−O為骨架，兩條單鍵共用去4個電子，剩下10個電子，分成5對孤電子對。



與H相接的O有2對孤電子對，末端O有3對孤電子對，合計5對。H周圍有2個共用電子；每個O周圍皆達8個電子。以中括號與外側的−標示整個離子的電荷，不必在個別原子上標形式電荷。

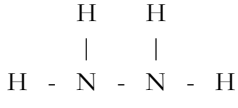
核對：2條單鍵的4個電子＋5對孤電子對的10個電子＝14個價電子。注意，HO_2^-是過氧化氫根，含有O−O鍵；OH^-是氫氧根，兩者不可混寫。

4. 聯胺分析中的結構與反應角色 ｜ 答案：(B)(E)

答案：(B)、(E)。

聯胺的結構與價電子

中性聯胺的結構可寫為H_2N-NH_2。兩個N以單鍵相連，每個N另外與2個H形成單鍵，並各保留1對孤電子對。下圖將4個H與兩對孤電子對完整畫出：



價電子總數＝2×5＋4×1＝14個；鍵結電子對＝1對N−N鍵＋4對N−H鍵＝5對，共10個成鍵電子；再加上兩個N各1對孤電子對的4個電子，合計仍為14個。每個N周圍達八隅體，每個H周圍有2個電子。

反應配平與莫耳比

$N_2H_4(aq)+2I_2(aq)\rightarrow N_2(g)+4I^-(aq)+4H^+(aq)$

取最簡正整數係數，可得a＝1、b＝2、c＝1、d＝4、e＝4，係數總和為1＋2＋1＋4＋4＝12。左側總電荷為0，右側為4×(−1)＋4×(+1)＝0，原子數與電荷均守恆。

逐項說明

(A) 錯誤。N位於第15族，每個中性N原子提供5個價電子；每個H提供1個。因此一個N_2H_4分子的價電子總數為2×5＋4×1＝14，不是10。若只算兩個N而漏掉4個H，會得到10；若只數5條單鍵中的電子，也會漏掉兩個N的孤電子對。

(B) 正確。H_2N-NH_2中有1條N−N單鍵及4條N−H單鍵，共5條單鍵。每條單鍵代表1對鍵結電子，所以共有5對鍵結電子對；每個N上另有的孤電子對不列入鍵結電子對。

(C) 錯誤。先令a＝1，氮原子守恆得c＝1，氫原子守恆得e＝4。由電荷守恆，4個H^+須與4個I^-的電荷抵銷，故d＝4；再由碘原子守恆得b＝2。因此a＋b＋c＋d＋e＝12，而非10。配平時不僅原子數要相同，總電荷也必須相同。

(D) 錯誤。中性N_2H_4中，H的氧化數為＋1，因此兩個N的氧化數總和為−4，每個N為−2。生成N_2後，N的氧化數變為0，表示N失去電子而被氧化。自己失去電子、使其他物質被還原的物質是還原劑，所以聯胺是還原劑，不是氧化劑；I_2接受電子成為I^-，才是氧化劑。每1 mol N_2H_4共失去4 mol電子，恰可供2 mol I_2接受。

(E) 正確。由配平反應，1 mol N_2H_4會新生成4 mol H^+。題給$HCO_3^-+H^+\rightarrow CO_2+H_2O$，顯示每1 mol HCO_3^-消耗1 mol H^+，所以至少需4 mol HCO_3^-。

5. 鳥糞石的回收與加熱分析 ｜ 答案：(B)(C)(D)

答案：(B)、(C)、(D)

現題只說逸出物為NH_3、H_2O，且完全反應，故推論，X只含Mg、P、O。

(A) 錯誤。純$MgNH_4PO_4\cdot 6H_2O$是具有固定化學組成的結晶水合物，屬於化合物。式中的$6H_2O$表示晶體內結晶水與鹽的組成比例；有結晶水不等於鹽與液態水混在一起。因此「結晶水合物」這部分可以成立，但「為一種混合物」錯誤。

(B) 正確。溶解時可先辨認Mg^{2+}、NH_4^+、PO_4^{3-}三種離子；在水溶液中，還存在水的解離與離子的酸鹼平衡，例如：$H_2O\rightleftharpoons H^++OH^-$，因此水中存在的離子種類不限於三種

(C) 正確；若氮全部以NH_3逸出，則為正確。每1 mol鳥糞石含1 mol N原子，原樣品中氮的總質量為：

$m(N)=(4.9\div 245.3)\times 14=0.27966\cdots\ g\approx 0.28\ g$

(D) 正確。依熔融離子化合物的一般電解情境，可判為正確。把「液態」理解為熔融態時，離子可移動；施加足夠的直流電壓，可在電極與熔體接觸處發生氧化還原反應。陽離子移向負極並可能接受電子，正極則發生失去電子的氧化反應。因此可有電極表面的化學變化。

(E) 錯誤。每2 mol鳥糞石完全反應生成1 mol $Mg_2P_2O_7$，配平反應式為：

$2MgNH_4PO_4\cdot 6H_2O(s)\rightarrow Mg_2P_2O_7(s)+2NH_3(g)+13H_2O(g)$

$n(\text{鳥糞石})=4.9\div 245.3\approx 0.020\ mol$

$n(Mg_2P_2O_7)=(4.9\div 245.3)\times(1/2)\approx 0.010\ mol$

故殘留固體質量X＝$(4.9\div 245.3)\times(1/2)\times 222.6\approx 2.2$ g，而非4.44 g。計算時須乘以反應莫耳比1/2，否則會將殘留固體質量多算一倍。

6. 以正十六烷校正正十八烷的熔化熱　|　答案：(C)

答案：(C)。

先用已知樣品校正每分鐘的供熱量

正十六烷的熔化平台為5.4～44.6 min，持續時間是44.6－5.4＝39.2 min。這一段吸收的熱量用於熔化，故：$Q_{16}＝20.0\times235＝4700$ J。

每分鐘傳入樣品的熱量＝4700÷39.2 ≈ 119.9 J/min。

相同且固定的有效供熱功率，表示正十八烷每分鐘也吸收約119.9 J。不能只因使用相同加熱器，就省略兩份樣品有效供熱功率相同的條件。

再由正十八烷的熔化時間求單位質量熔化熱

正十八烷的熔化平台為4.3～28.7 min，持續28.7－4.3＝24.4 min，因此：

$Q_{18}＝119.9\times24.4 \approx 2.93\times10^{3}$ J。

$b＝Q_{18}\div12.0 \approx 244$ J/g。

7. 雙區紙晶片的酸鹼紀錄　|　答案：(E)

答案：(E)。

先由顏色確定各份樣品的pH範圍

同一片晶片的兩個區域接收同一份樣品，因此兩區顏色提供的限制必須同時成立。依表一、表二，可整理如下：

樣品	甲基紅提供的限制	BTB提供的限制	合併後的pH範圍
甲	4.2＜pH＜6.2	pH＜6.0	4.2＜pH＜6.0
乙	4.2＜pH＜6.2	6.0＜pH＜7.6	6.0＜pH＜6.2
丙	pH＞6.2	6.0＜pH＜7.6	6.2＜pH＜7.6
丁	pH＞6.2	未記錄	只能確定pH＞6.2
戊	pH＜4.2	pH＜6.0	pH＜4.2

pH越小，氫離子濃度越大。戊的pH小於4.2；甲的pH介於4.2與6.0之間；乙的pH大於6.0，因此可確定$[H^+]$戊＞$[H^+]$甲＞$[H^+]$乙。

逐項說明

(A) 錯誤。甲＞乙雖然成立，但戊的pH＜4.2，比甲、乙都低，所以戊的氫離子濃度比甲、乙都大，不能排在最後。

(B) 錯誤。甲的pH＜6.0，乙的pH＞6.0，所以氫離子濃度應為甲＞乙，此選項將兩者次序顛倒。

(C) 錯誤。乙的pH＜6.2，丙的pH＞6.2，所以氫離子濃度應為乙＞丙，不能排成丙＞乙。

(D) 錯誤。甲＞丙可以確定，但丙與丁的大小無法唯一判斷。丙的pH範圍是6.2～7.6，丁只知pH＞6.2，兩者可能重疊。例如pH丙＝7.2、pH丁＝6.6均符合紀錄，此時氫離子濃度為丁＞丙，故本選項不一定成立。

(E) 正確。甲基紅將戊與甲分在pH 4.2的兩側，BTB又將甲與乙分在pH 6.0的兩側，因此pH戊＜pH甲＜pH乙。轉為氫離子濃度後，次序相反，即戊＞甲＞乙。

可以確定的次序與不能確定的部分

由全部紀錄還可確定$[H^+]$戊＞$[H^+]$甲＞$[H^+]$乙＞$[H^+]$丙，以及$[H^+]$乙＞$[H^+]$丁；但丙、丁之間仍缺少足夠資訊。不能為了排出五份的完整次序，而把未測得的BTB顏色自行補上。

8. 硫酸製程兩階段的反應熱收支　|　答案：(C)

答案：(C)。

觀念與推導

第一階段：n(S)＝6.40÷32.0＝0.2 mol，故ΔH第一段＝0.2×(−297)＝−59.40 kJ。

第二階段：$n(SO_3)＝6.40\div80.0＝0.08$ mol。所列第二式每生成2 mol SO_3放出192 kJ

因此ΔH第二段＝(0.0800÷2)×(−192)＝−7.68 kJ。

總反應熱＝−59.40−7.68＝−67.08 kJ。最終SO_2為7.68÷64.0＝0.120 mol；0.120＋0.0800＝0.200 mol硫原子，與初始量相符。$\Delta H_{總} = 0.200\ \Delta H_1 + 0.0400\ \Delta H_2$

9. 由中子捕獲產物定位元素　｜　答案：(B)(C)

答案：(B)、(C)。

先由質量數與族位置確定元素

圖中乙在第1族，且只可能位於第二或第三週期，因此乙只能是鋰（Li，原子序3）或鈉（Na，原子序11）質量數＝質子數＋中子數，不可能小於質子數。題給乙的質量數為7，所以乙不可能是有11個質子的鈉，只能是鋰。

五個元素位於同一週期，因此都在第二週期。依圖中的族位置可得：

代號	乙	甲	丙	丁	戊
元素	鋰 Li	硼 B	碳 C	氮 N	氧 O
原子序	3	5	6	7	8
族	第1族	第13族	第14族	第15族	第16族

再核對核轉變與中子數

題述核轉變可表示為下式；下標是原子序，上標是質量數：

$$^{10}_{5}\mathrm{B} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{7}_{3}\mathrm{Li} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + \text{能量}$$

質量數核對：10＋1＝7＋4；原子序核對：5＋0＝3＋2。甲是原子序5的硼，質量數10的甲原子核含有10－5＝5個中子。這是原子核的轉變，不能當成一般化學反應中原子核保持不變的情況。

逐項說明

(A) 錯誤。質量數7與6的乙分別是鋰-7與鋰-6，兩者質子數都是3，中子數分別為4與3，互為同位素。中性原子的電子排列相同，一般化學性質相近；原子質量等物理性質則有差異。選項把化學性質與物理性質的比較顛倒了。

(B) 正確。乙是第二週期最左側的鋰，依同週期元素的週期性規律，其金屬性最強，容易失去電子。還原劑提供電子，使其他物質被還原，而本身被氧化；因此，就本題的同週期比較而言，鋰適合扮演還原劑。

(C) 正確。甲位於第二週期第13族，為硼，原子序是5。質量數10＝5個質子＋5個中子，所以該硼原子核中有5個中子。

(D) 錯誤。由甲到戊依序為硼、碳、氮、氧。在同一週期由左向右，電子增加於同一主要殼層，核電荷增加，原子核對電子的有效吸引增強，因此中性原子半徑通常依序減小，不是增大。

(E) 錯誤。丙是碳，戊是氧，兩者在同一週期；氧位於碳的右側，非金屬性較強。因此應為戊的非金屬性比丙強，選項次序相反。

10. 從鈀粒子的排列判讀金屬結構　｜　答案：(D)

答案：(D)。

先看排列，再判斷粒子模型，圖一的甲位於表面，能看見數組局部平行的規則條紋；乙位於內部，仍是不規則紋理。因此，甲須對應規則排列的模型，乙須對應不規則排列的模型。表面不同方向的條紋不表示整層是同一取向的單晶。

再由題幹所給的金屬鈀身分判斷鍵結：金屬可用帶正電的離子實與分布於其間、可移動的電子描述。I、II都符合這個模型；兩者主要差在排列是否規則。III是正負離子交替的離子晶格，IV是彼此分開的雙原子分子，均不能作為本題金屬鈀的模型。

所以甲配I、乙配II，兩區都採金屬鍵模型。不能把「出現規則排列」與「開始具有金屬鍵」當成同一件事，也不能把不規則排列直接認成分子。

逐項說明

(A) 錯誤。甲配I、乙配II的排列配對正確，但「只有甲具有金屬鍵」不成立。乙雖未呈現長距離規則排列，仍是題幹中的金屬鈀，II也呈現正電陽離子實與可移動電子。

(B) 錯誤。兩區都採金屬鍵模型的說明正確，但配對顛倒了。圖一甲有規則條紋，應配I；乙是不規則紋理，應配II。僅知道鈀是金屬，還不能完成這項影像配對。

(C) 錯誤。甲的條紋只能支持該區有規則排列，不能據此認定存在兩種相反電荷的離子。III把金屬鈀

畫成正負離子晶格，混淆了排列規則與鍵結類型。

(D) 正確。甲的規則條紋對應I，乙的不規則紋理對應II；兩模型都以正電陽離子與可移動電子描述金屬。這同時符合圖一的空間分布與金屬鍵觀念。

(E) 錯誤。甲配I可以成立，但乙沒有規則條紋，並不表示原子會兩兩成分子。圖一沒有提供獨立雙原子分子的證據；IV亦無法描述本題金屬鈀的離子實與可移動電子。

11. 消化液前處理與微藻的淨產氧 ｜ 答案：(A)(C)(E)

答案：A、C、E。

判讀依據

本題E的「光合作用效率」依單位藻量淨產氧表現判讀，不是指單獨葉綠體利用已吸收光能的轉換效率。圖一的縱軸是每公克懸浮固體乾重、每分鐘的淨產氧量，單位為mg O_2/(g · min)。依題給條件：

淨產氧速率＝光合作用產氧速率－有氧呼吸耗氧速率。

因此，淨值為正代表產氧大於耗氧；計算溶氧淨增加的質量時，則將圖示速率乘上樣品乾重與時間。

逐項說明

(A) 正確。光強為325 μmol m^{-2} s^{-1}時，臭氧前處理組的單位藻量淨產氧速率約為0.80 mg O_2/(g · min)，未前處理組約為0.18 mg O_2/(g · min)。兩者採相同質量與時間基準，故0.80 ÷ 0.18 ≈ 4.44，即約4.4倍。這是該光強下的比較，不能推成所有光強皆維持4.4倍。

(B) 錯誤。臭氧前處理組的入射光強由325提高至2250 μmol m^{-2} s^{-1}時，淨產氧速率由約0.80降至0.60 mg O_2/(g · min)。光強增加而淨產氧速率下降，已不符合「成正比」的關係；若成正比，兩者的倍數變化應相同。圖示亦說明不能把「光越強」直接當成「淨產氧越快」。

(C) 正確。325 μmol m^{-2} s^{-1}下的速率約為0.80 mg O_2/(g · min)，樣品乾重0.050 g，且題目假設此速率維持10分鐘，因此溶氧淨增加量＝0.80 × 0.050 × 10 ＝ 0.40 mg。單位中的g與min相消後剩下mg，所求是氧的淨增加質量，不是mg/L的濃度，也不是尚未扣除呼吸耗氧的光合作用總產氧量。

(D) 錯誤。2250 μmol m^{-2} s^{-1}時，臭氧前處理組的淨產氧速率仍約為正的0.60 mg O_2/(g · min)。由「淨產氧＝光合作用產氧－有氧呼吸耗氧」可知，差值大於0，表示光合作用產氧速率仍大於有氧呼吸耗氧速率，與選項的「小於」相反。曲線比峰值低，只表示淨產氧變慢，並不表示已轉為淨耗氧，也不表示呼吸停止。

(E) 正確。依本題將「光合作用效率」理解為單位藻量淨產氧表現，臭氧前處理組在325與2250 μmol m^{-2} s^{-1}下分別約為0.80與0.60 mg O_2/(g · min)，所以325時的表現較佳。未前處理組也由約0.18降至0.11 mg O_2/(g · min)，判斷方向相同。這項比較來自圖示淨產氧指標；圖中並未分別測出光合作用總產氧、呼吸耗氧或葉綠體實際吸收的光量，不能另將它解讀為單獨葉綠體的吸光轉換效率。