

# 2026 世界青少年化學菁英奧林匹亞競賽 (WYCTO)

## 模擬試題高級組：高中一年級至高中三年級

### 第一部分 | 選擇題

第 1-10 題，每題 3 分

**第 1 題** 下列哪一個元素在基態電子組態中沒有未成對電子？

- A. Ca ( $Z = 20$ )
- B. Br ( $Z = 35$ )
- C. S ( $Z = 16$ )
- D. Si ( $Z = 14$ )

**第 2 題** 原子 P 與 Q 的電子層結構如下圖所示。下列關於 P 與 Q 所形成化合物的敘述何者正確？

- A. 離子化合物的化學式為 PQ
- B. 離子化合物的化學式為  $PQ_2$
- C. 共價化合物的化學式為 PQ
- D. 共價化合物的化學式為  $PQ_2$

**第 3 題** 一氧化碳與氧化鐵(III)依下列反應進行： $3CO(g) + Fe_2O_3(s) \rightarrow 3CO_2(g) + 2Fe(s)$ 。已知  $CO(g)$ 、 $CO_2(g)$ 、 $Fe_2O_3(s)$  的標準生成焓分別為  $-111$ 、 $-394$ 、 $-822$  kJ/mol。依上述反應生成 56.0 g 鐵時，焓變為多少？

- A.  $-27.0$  kJ
- B.  $-13.5$  kJ
- C.  $+13.5$  kJ
- D.  $+27.0$  kJ

**第 4 題** 石灰石 ( $CaCO_3$ ) 與稀硫酸反應： $CaCO_3(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CaSO_4(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$ 。下列哪些改變會提高反應速率？1. 增加硫酸濃度；2. 增大石灰石顆粒尺寸；3. 提高反應溫度；4. 增加硫酸溶液體積。

- A. 1、3、4
- B. 僅 1、3
- C. 2、3
- D. 僅 3、4

**第 5 題** 接觸法工業製硫酸的重要步驟： $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ， $\Delta H < 0$ 。下列哪些改變會提高  $SO_3$  的產率？1. 提高總壓力；2. 提高反應溫度；3. 使用兩倍量催化劑。

- A. 1、2、3
- B. 僅 1、2
- C. 僅 2、3
- D. 僅 1

**第 6 題** 氧化還原對  $Cu^{2+}/Cu$  與  $Ag^+/Ag$  的標準電極電位為  $E^\circ(Cu^{2+}/Cu)=+0.34$  V、 $E^\circ(Ag^+/Ag)=+0.80$  V。由這兩個標準電極組成的電化學電池，下列何者正確？

- A. 電池電動勢為 1.14 V。

- B. 銅電極為陽極，銀電極為陰極。  
C. 電池運作時，銅電極發生  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 。  
D. 電池運作時，銀電極的質量增加。

**第 7 題** 下列關於雙原子鹵素  $\text{F}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  性質變化的敘述，何者不正確？

- A. 分子量依  $\text{F}_2 < \text{Cl}_2 < \text{Br}_2 < \text{I}_2$  增加。  
B. 沸點依  $\text{F}_2 < \text{Cl}_2 < \text{Br}_2 < \text{I}_2$  增加。  
C. 氧化能力依  $\text{F}_2 < \text{Cl}_2 < \text{Br}_2 < \text{I}_2$  增加。  
D. 還原能力依  $\text{F}_2 < \text{Cl}_2 < \text{Br}_2 < \text{I}_2$  增加。

**第 8 題** 以  $\text{Al}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Hg}$  三種金屬進行下列實驗：(1) 分別與稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  反應；(2) 分別在室溫下與硫粉反應；(3) 分別放入過量  $\text{CuSO}_4$  溶液。三個實驗中會反應的金屬數目依序為：

- A. 2、1、2  
B. 1、0、2  
C. 1、1、3  
D. 2、0、2

**第 9 題** 將一小塊金屬鈉放入水中，可觀察到鈉熔化並在水面移動。由此現象可得出哪些結論？(1) 鈉很軟；(2) 鈉的熔點低；(3) 鈉與水反應產生氣體。

- A. (1)(2)(3)  
B. 僅 (1)(2)  
C. 僅 (2)(3)  
D. 僅 (1)

**第 10 題** 鎳是第一列過渡金屬。 $\text{Ni}^{2+}$  可與不同配體形成錯合物，例如與  $\text{CN}^-$  形成平面正方形錯合物  $\text{X}$ ，與  $\text{H}_2\text{O}$  形成八面體錯合物  $\text{Y}$ 。 $\text{X}$  與  $\text{Y}$  的化學式分別為：

- A.  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ ， $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   
B.  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2+}$ ， $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{4-}$   
C.  $[\text{Ni}(\text{CN})_6]^{4-}$ ， $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$   
D.  $[\text{Ni}(\text{CN})_6]^{2+}$ ， $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2-}$

**第 11 - 20 題，每題 4 分**

**第 11 題** 視黃醇是動物來源維生素 A 的主要成分之一，可幫助維持視覺；維生素 C 則有助於增強身體免疫功能。元素分析與質譜資料如下：維生素 C： $\%C=40.90$ 、 $\%H=4.55$ 、 $\%O=54.55$ 、分子離子峰  $[\text{M}^+]$   $m/z=176$ ；維生素 A： $\%C=83.92$ 、 $\%H=10.49$ 、 $\%O=5.59$ 、 $[\text{M}^+]$   $m/z=286$ 。判斷下列敘述：(a) 維生素 A 的分子式為  $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}$ ；(b) 維生素 A 與 C 有相同的實驗式；(c) 一個維生素 C 分子共有 22 個原子；(d) 維生素 A 與 C 的分子量分別為 176 與 286。共有幾項敘述錯誤？

- A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4

**第 12 題** 溴甲烷可用作穀物害蟲防治劑，並可由甲醇與溴化氫反應製得： $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \text{HBr}(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{Br}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 。標準生成焓 ( $\text{kJ/mol}$ )： $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) = -238.6$ ； $\text{HBr}(\text{g}) = -36.4$ ； $\text{CH}_3\text{Br}(\text{g}) = -93.0$ ； $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -285.8$ 。判斷：(a) 反應(1)屬於親核取代反應；(b) 標準反應焓變為  $-103.8 \text{ kJ}$ ；(c) 主要產物可與  $\text{NaOH}$  溶液反應且具有還原性；(d) 若製得 2 噸溴甲烷，反應放熱  $2185.3 \text{ MJ}$ 。何者正確？

- A. a、b、c 正確；d 錯誤
- B. a、b 正確；c、d 錯誤
- C. a、b、d 正確；c 錯誤
- D. 全部正確

**第 13 題** 丁香精油中的丁香酚可製得甲基丁香酚，此物質能吸引昆蟲。元素分析顯示甲基丁香酚含 C、H、O，其中氧的質量百分比為 17.98%。其質譜如原題圖。求甲基丁香酚的不飽和度 (DU)。

- A. 3
- B. 4
- C. 5
- D. 6

**第 14 題** 化合物 X 的 IR 光譜如原題圖。元素分析顯示 X 含 66.66% C、11.11% H，其餘為 O。X 的質譜中分子離子峰  $[\text{M}^+]$  的  $m/z$  為 72。X 可被  $\text{LiAlH}_4$  還原成仲醇。求 X 的結構式。

- A. 2-丁酮 (Butan-2-one)
- B. 丁酮 (Butanone)
- C. 2-戊酮 (Pentan-2-one)
- D. 丙酮 (Propanone)

**第 15 題** 乙酸與乙醇生成乙酸乙酯的反應： $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ 。 $\text{H}^+$  參與反應機構第(1)步，如原題圖所示。判斷：(a) 第(1)步中有一個  $\pi$  鍵斷裂；(b) 物質 X 與 Y 不穩定，因為各自含有尚未達到稀有氣體電子組態的原子；(c) 第(1)步中， $\text{H}^+$  從乙酸的氧原子接受兩對孤電子；(d) 若以稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  取代濃  $\text{H}_2\text{SO}_4$  作催化劑，因平衡向正反應方向移動，所以反應產率不變。正確敘述為：

- A. (b)(c)(d)
- B. (a)(b)
- C. (b)(c)
- D. (a)(b)(d)

**第 16 題** 在 *Lactococcus lactis* 酵素作用下，葡萄糖發酵生成乳酸： $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ 。學生假設：「培養基 pH 越高，由 *Lactococcus lactis* 催化的葡萄糖乳酸發酵效率越高。」實驗：步驟 1，準備 5 個燒杯，各含 50 mL ( $d=1.04 \text{ g/mL}$ ) 的 10% 葡萄糖溶液，分別調整 pH 至 4、5、6、7、8； $110^\circ\text{C}$  加熱 20 分鐘滅菌後冷卻。步驟 2，各加入等量 *Lactococcus lactis* 酵素，密封， $37^\circ\text{C}$  培養 48 小時。步驟 3，以適當方法分析反應產率。依原題圖之結果判斷：(a) pH=6 時可得乳酸最大質量  $m=4.7 \text{ g}$ ；(b) 葡萄糖與乳酸都是通式  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$  的有機化合物；(c) 受測 pH 中反應產率在 pH=6.5 最高；(d) 實驗結果證明學生假設正確。何者正確？

- A. a、b、c 正確；d 錯誤
- B. a、b 正確；c、d 錯誤
- C. a、b、d 正確；c 錯誤
- D. 全部正確

**第 17 題** 已知反應序列 (莫耳比正確)： $\text{X} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{X}_1 + \text{X}_2 + \text{X}_3$ ； $\text{X}_1 + \text{HCl} \rightarrow \text{X}_4 + \text{NaCl}$ ； $\text{X}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{X}_5 + \text{NaCl}$ ； $\text{X}_3 + \text{CuO} \rightarrow \text{X}_4 + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 。X 的分子式為  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$ ，含兩個酯官能基； $\text{X}_1$ 、 $\text{X}_2$ 、 $\text{X}_3$  分子中均含

碳，且  $X_1$  的莫耳質量小於  $X_2$ 。判斷：(a)  $X_1$  分子量為 46；(b)  $X_1$  是多官能基化合物；(c)  $X_4$  可發生銀鏡反應；(d)  $X_2$  一個分子含 2 個氧原子；(e)  $X_1$  溶液可使紫色石蕊試紙變藍；(f)  $X_4$  沸點高於  $X_1$ 。正確敘述共有幾項？

- A. 3
- B. 4
- C. 2
- D. 1

**第 18 題** 某學生將指示劑試紙浸入 4 種不同溶液，並記錄顏色與 pH：樣品 1（檸檬汁）：石蕊紅、酚酞無色、 $\text{pH} \approx 2$ ；樣品 2（蒸餾水）：石蕊紫、酚酞無色、 $\text{pH} \approx 7$ ；樣品 3（0.1 M  $\text{NaHCO}_3$  小蘇打溶液）：石蕊淺藍、酚酞無色、 $\text{pH} \approx 8.3$ ；樣品 4（肥皂水）：石蕊藍、酚酞粉紅、 $\text{pH} \approx 10$ 。下列敘述何者不正確？

- A. 用標準 NaOH 滴定 HCl 時，酚酞適合作為當量點指示劑，因當量點時溶液由無色轉粉紅。
- B. 若只需區分樣品 3 與樣品 4，可使用酚酞：樣品 3 不變色，樣品 4 呈粉紅。
- C. 石蕊試紙可區分樣品 1 與 2，但無法區分樣品 2 與 3。
- D.  $\text{pH} \approx 8.3$  時酚酞開始呈極淡粉紅，因此僅使用酚酞不適合以強鹼 NaOH 滴定弱酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 。

**第 19 題** 4 瓶無標籤無色溶液分別含 NaCl、NaBr、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 。實驗 A：加稀  $\text{BaCl}_2$ ，僅瓶(3)產生不溶於過量 HCl 的白色沉澱；實驗 B：加稀 NaOH 並輕微加熱，以濕潤紫色石蕊試紙置於管口，僅瓶(2)使試紙變藍；實驗 C：對剩餘瓶(1)(4)加  $\text{AgNO}_3$ ，瓶(1)產生白色沉澱，瓶(4)產生淡黃色沉澱，兩者皆不溶於稀  $\text{HNO}_3$ 。瓶(1)~(4)依序為：

- A. NaCl、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、NaBr
- B.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、NaCl、NaBr、 $\text{NH}_4\text{Cl}$
- C. NaBr、NaCl、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- D.  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、NaBr、NaCl、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$

**第 20 題** 精確量取 25.00 mL、0.1000 M 的標準 HCl 溶液至錐形瓶，加入 2-3 滴酚酞，再以滴定管中的未知濃度 NaOH 滴定。重複 3 次，NaOH 平均用量為 20.15 mL，終點為由無色轉為穩定粉紅約 30 秒。NaOH 的莫耳濃度取 4 位有效數字為：

- A. 0.0807 M
- B. 0.1000 M
- C. 0.1241 M
- D. 0.0500 M

## 第二部分簡答題

第 21 - 25 題，每題 6 分

**第 21 題** 鋅 (Zn) 的質譜如原題圖，各同位素豐度已標示。請計算鋅的平均原子量 (amu)，結果四捨五入至小數點後 2 位。

**第 22 題** 葡萄糖胺鹽酸鹽常作為治療骨關節炎的口服膳食補充品。海鮮加工廠收集的蝦殼中，幾丁質  $(C_8H_{13}NO_5)_n$  的質量百分比為 17%，並依原題所示流程製造葡萄糖胺鹽酸鹽。若要生產 1000 盒產品，每盒 375 錠，每錠含葡萄糖胺鹽酸鹽 1500 mg，需要多少公斤蝦殼？已知由幾丁質製得葡萄糖胺鹽酸鹽的產率為 40%，生產過程損失 4%。中間計算不得四捨五入，只將最終答案四捨五入至最接近的公斤。

**第 23 題** 實驗室需配製 500.0 mL、0.02000 M 的標準  $KMnO_4$  溶液，用於滴定草酸。所使用  $KMnO_4$  為分析級，含量至少 99.50%（質量百分比），且已乾燥至恆重。(a) 應稱取多少克固體  $KMnO_4$ ？應使用何種玻璃器皿配製？已知  $M(KMnO_4)=158.0 \text{ g/mol}$ ；質量取 4 位有效數字。(b) 說明基本配製步驟：稱量、溶解、轉移至容量瓶、定容至刻度、充分混合。

**第 24 題** 為測定市售食醋中的乙酸 ( $CH_3COOH$ ) 含量，假設其他成分對酸度影響可忽略，進行如下實驗：精確量取 5.00 mL 食醋至 100.0 mL 容量瓶，加蒸餾水定容並混合成溶液 A；精確取 10.00 mL A 至錐形瓶，加入 2-3 滴酚酞；以 0.1052 M 標準 NaOH 滴定至粉紅色維持約 30 秒；重複 3 次，NaOH 平均用量 4.05 mL。食醋密度為 1.005 g/mL。求：(a) 寫出滴定反應式並說明當量點的顏色變化；(b) 計算 A 中乙酸的莫耳濃度；(c) 計算原食醋中乙酸的質量百分濃度（% w/w），結果取小數點後 2 位。

**第 25 題** 工業上由黃鐵礦製造發煙硫酸 (oleum)： $FeS_2 \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2S_2O_7$ 。某工廠使用 1.80 噸黃鐵礦，其中含 80.0%  $FeS_2$ ，其餘為惰性雜質。已知：步驟 1 生成  $SO_2$  的產率 90%；步驟 2  $SO_2$  氧化產率 95%；步驟 3 所得全部  $SO_3$  吸收於 1.80 噸 98%  $H_2SO_4$  溶液；吸收過程無損失。求所得  $H_2S_2O_7$  的質量（噸），結果取小數點後 1 位。



WYCTO 2026



WORLD YOUTH CHEMISTRY TALENT OLYMPIAD

MOCK TEST LEVEL 3

**SENIOR**

(Grade 10 - 11 - 12)

---

**I. MULTIPLE CHOICE QUESTIONS**

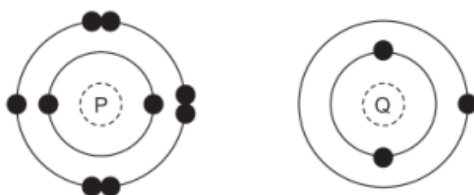
**Question 1 to 10, 3 marks each**

---

**Q1.** Which of the following elements has no unpaired electrons in its ground-state electron configuration?

- (A) Ca ( $Z = 20$ )      (B) Br ( $Z = 35$ )      (C) S ( $Z = 16$ )      (D) Si ( $Z = 14$ )
- 

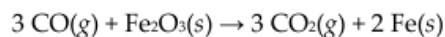
**Q2.** The electron shell structures of atoms P and Q are shown in the figure below.



Which of the following statements about the compound formed between P and Q is correct?

- (A) The ionic compound has the chemical formula PQ  
(B) The ionic compound has the chemical formula PQ<sub>2</sub>  
(C) The covalent compound has the chemical formula PQ.  
(D) The covalent compound has the chemical formula PQ<sub>2</sub>.
- 

**Q3.** Carbon monoxide reacts with iron(III) oxide according to the following reaction:

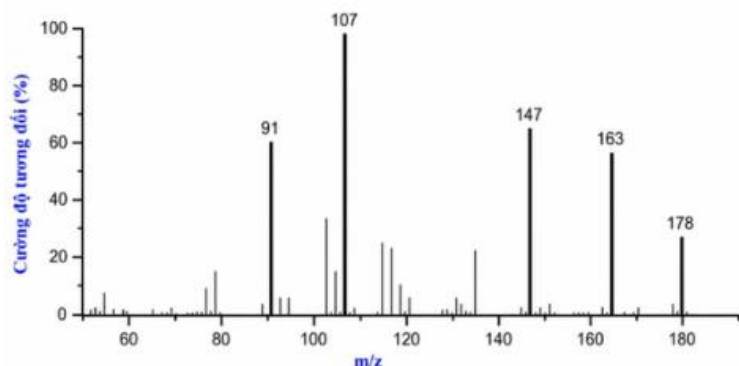




WYCTO 2026

**Q13.** Methyl eugenol can be prepared from eugenol, which is found in clove essential oil, and is a substance capable of attracting insects. Elemental analysis shows that methyl eugenol contains C, H, and O, and that the mass percentage of oxygen is 17.98%.

The mass spectrum (MS) of methyl eugenol is shown below.

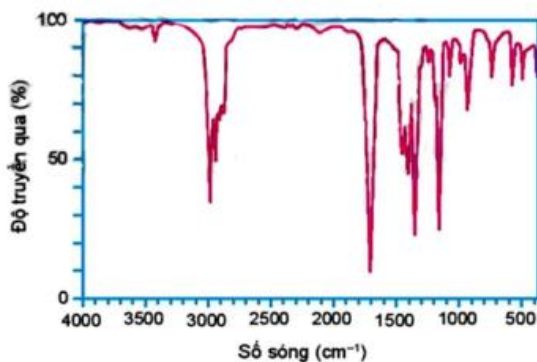


[Figure: MS spectrum of methyl eugenol]

What is the degree of unsaturation (DU) of methyl eugenol?

- (A) 3                      (B) 4                      (C) 5                      (D) 6

**Q14.** The IR spectrum of compound X gives the result shown below:



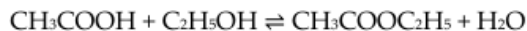
[Figure: IR spectrum of compound X]

Elemental analysis shows that compound X contains 66.66% C, 11.11% H by mass, with the remainder being O. In the MS spectrum of X, the molecular ion peak  $[M^+]$  has an m/z value of 72. Compound X is reduced by  $\text{LiAlH}_4$  to form a secondary alcohol. Determine the structural formula of X.

- (A) Butan-2-one      (B) Butanone      (C) Pentan-2-one      (D) Propanone



**Q15.** The chemical equation for the reaction between acetic acid and ethyl alcohol to produce ethyl acetate is:



The  $\text{H}^+$  ion participates in step (1) of the reaction mechanism above as follows:

Given the following statements:

- (a) In step (1), a  $\pi$  bond is cleaved
- (b) Substances X and Y are unstable because each contains an atom that has not attained a noble-gas electron configuration
- (c) In step (1), the  $\text{H}^+$  ion accepts two lone pairs of electrons from the oxygen atom in acetic acid
- (d) If concentrated  $\text{H}_2\text{SO}_4$  is replaced by dilute  $\text{H}_2\text{SO}_4$  as the catalyst, the reaction yield does not change because the equilibrium shifts in the forward direction

The correct statements are:

- (A) (b), (c), (d).      (B) (a), (b).      (C) (b), (c).      (D) (a), (b), (d).

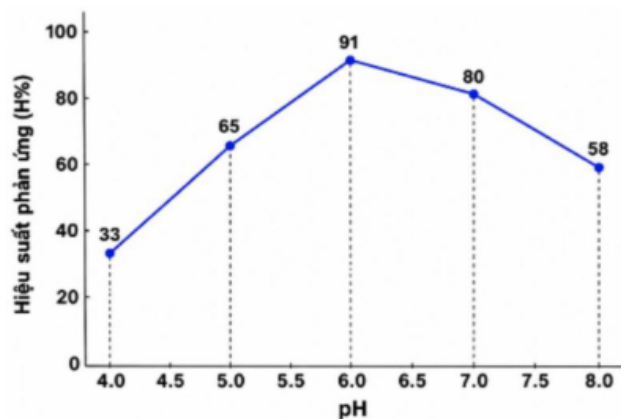
---

**Q16.** In the presence of the enzyme *Lactococcus lactis*, glucose is fermented into lactic acid according to the chemical equation:



To study the dependence of lactic fermentation catalyzed by *Lactococcus lactis* on the pH of the medium, a group of students proposed the following hypothesis: "The higher the pH of the medium, the higher the efficiency of glucose lactic fermentation catalyzed by *Lactococcus lactis*." The group conducted the experiment as follows:

- ❖ Step 1: Prepare 5 beakers, each containing 50 mL ( $d = 1.04 \text{ g/mL}$ ) of 10% glucose solution. Add chemicals to adjust the pH of the beakers to 4, 5, 6, 7, and 8, respectively. Heat at  $110^\circ\text{C}$  for 20 minutes to sterilize the medium, then allow it to cool.
- ❖ Step 2: Add an equal amount of *Lactococcus lactis* enzyme to each beaker, cover tightly, and incubate for 48 hours at  $37^\circ\text{C}$ .
- ❖ Step 3: Analyze the samples using an appropriate method to determine the reaction yield.



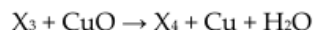
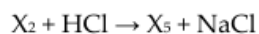
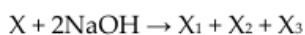
[Figure: graph of pH versus reaction yield]

- Based on the experimental results, at pH = 6, the maximum mass of lactic acid obtained is m g. The value of m is 4.7.
- Glucose and lactic acid are organic compounds with the general formula  $C_n(H_2O)_m$
- Among the tested pH media, the reaction yield is highest at pH = 6.5
- The experimental results prove that the students' hypothesis is correct

Which of the following is correct?

- |                                      |                                         |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| (A) a, b, and c are true; d is false | (B) a and b are true; c and d are false |
| (C) a, b, and d are true; c is false | (D) All are true                        |

**Q17.** Given the reaction scheme with the correct mole ratios:



It is known that X has the molecular formula  $C_5H_8O_4$  and contains two ester functional groups;  $X_1$ ,  $X_2$ , and  $X_3$  each contain carbon atoms in their molecules, and the molar mass of  $X_1$  is smaller than that of  $X_2$ . Consider the following statements:

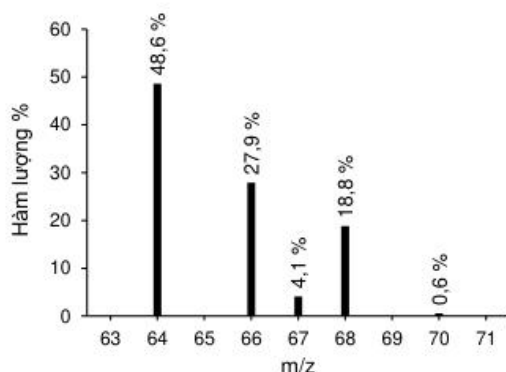
- The molecular mass of  $X_1$  is 46
- $X_1$  is a polyfunctional compound
- $X_4$  can undergo the silver mirror reaction
- A molecule of  $X_2$  has two oxygen atoms



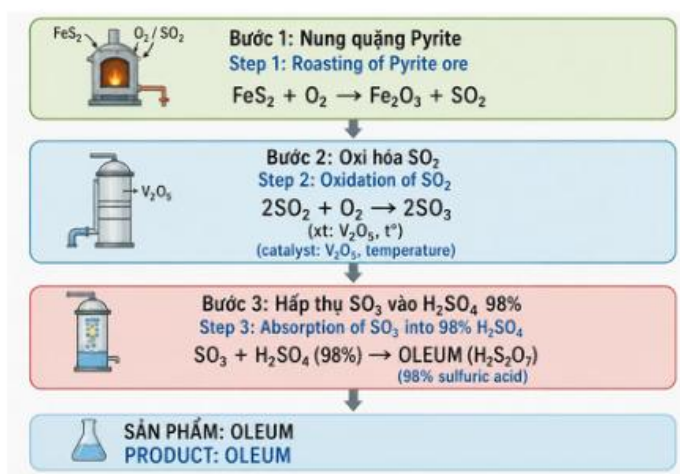
## II. SHORT ANSWER QUESTIONS

### Question 21 to 25, 6 marks each

**Q21.** The mass spectrum of zinc (Zn) is shown below. The abundance of each isotope is indicated on each signal. Calculate the average atomic mass of zinc in amu. Round the result to 2 decimal places.



**Q22.** Glucosamine hydrochloride is commonly used as an oral dietary supplement for the treatment of osteoarthritis. Shrimp shells, which contain 17% chitin ( $C_8H_{13}NO_5$ )<sub>n</sub> by mass, are collected from seafood-processing factories and utilized to produce glucosamine hydrochloride according to the scheme below:



To produce 1000 boxes of glucosamine hydrochloride, each box containing 375 tablets with a glucosamine hydrochloride content of 1500 mg per tablet, how many kilograms of shrimp shells are required? Given that the yield of glucosamine hydrochloride production from