

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 20

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วันอังคารที่ 14 พฤษภาคม 2567

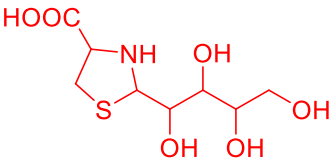
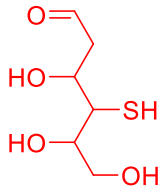
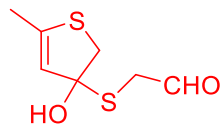
เวลา 09.00 – 14.00 น.

เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

เลขประจำตัวสอบ \_\_\_\_\_

## Answer to Problem 1 (10 points)

## 1.1 (6 points) Structures of compounds A, D, G, H, reagent I and II.

<p>Compound A (1 point)</p> 	<p>Compound D (1 point)</p> 
<p>Compound G (exact number of liberated molecules must also be shown) (1 point)</p> <p style="text-align: center;"><math>2\text{H}_2\text{O}</math></p> <p style="text-align: center;">เขียน 1 molecule ของน้ำ ให้ 0.5 คะแนน</p>	<p>Compound H (1 point)</p> 
<p>Reagent I (1 point)</p> <p style="text-align: center;"><math>\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CHO}</math></p>	<p>Reagent II (1 point)</p> <p style="text-align: center;"><math>\text{H}_3\text{C}-\text{CHO}</math></p>

## 1.2 (1 point)

Number of stereogenic centers in compound A

5

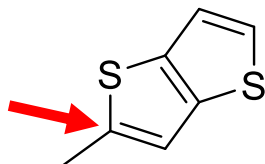
(0.5 point)

Number of stereoisomers if D-xylose and L-cysteine are used.

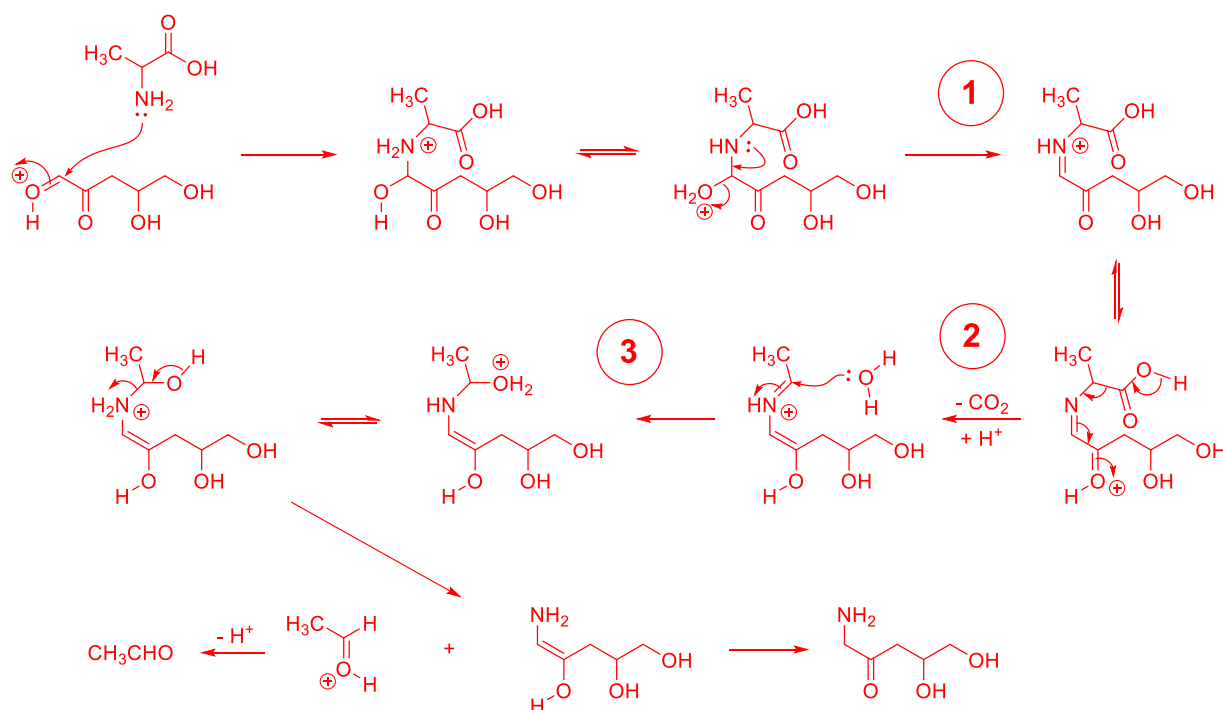
2

(0.5 point)

1.3 (1 point) Clearly add an arrow to identify the location of the  $^{13}\text{C}$ -labeled carbon in compound J. If the labeled carbon has gone before becoming compound J, write down “no  $^{13}\text{C}$  can be found.” without adding any arrow.



1.4 (2 points) Mechanism of Strecker degradation.



แสดง imine formation (ขั้น 1) ได้ถูกต้อง – 0.5 pt

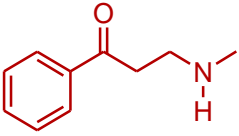
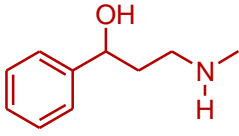
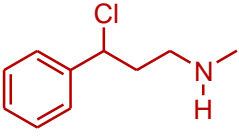
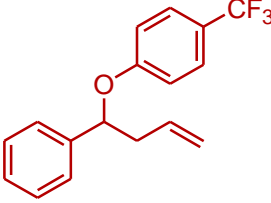
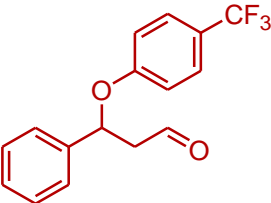
แสดง decarboxylation (ขั้น 2) ถูกต้อง – 0.75 pt

แสดง hydrolysis (ขั้น 3) ได้ถูกต้อง – 0.75 pt

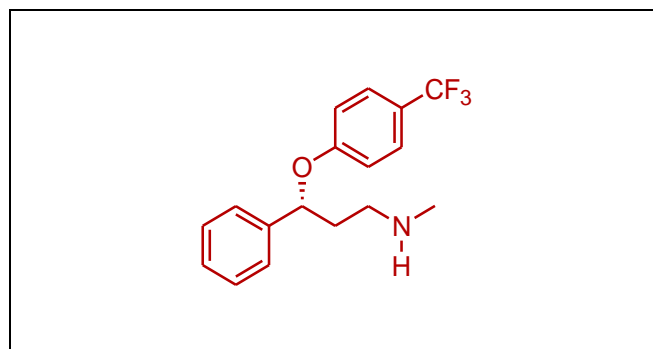
หักคะแนนลูกศรหรือ reagent ที่ไม่สมเหตุผล ฯลฯ โดยจะ normalize ระหว่างการตรวจ ในช่วง -0.25 – -0.5 pt

## Answer to Problem 2 (9 points)

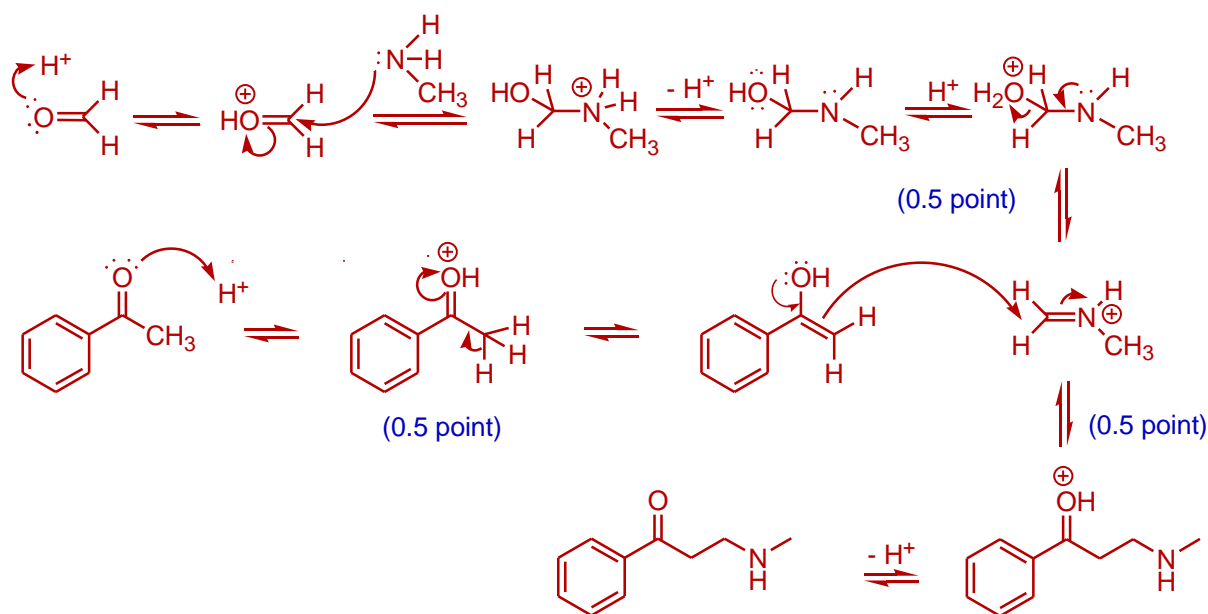
## 2.1 (7 points) Structures of compounds A – G.

Compound A (1 point) 	Compound B (1 point) 
Compound C (1 point) 	Compound D (1 point) 
Compound E (1 point) 	Compound F (1 point) $\text{CH}_3\text{NH}_2$
Compound G (1 point) $\text{NaBH}_3\text{CN}$ or any reasonable reducing agent	

## 2.2 (0.5 point) Structure of (R)-Fluoxetine.



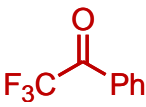
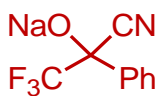
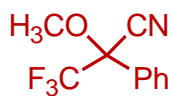
## 2.3 (1.5 points) Mechanism for the formation of Compound A.



- แสดงขั้นตอนของการทำปฏิกิริยาได้ถูกต้อง ได้แก่ 1. กลไกการเกิด iminium 2. การเกิด enol และ 3. การทำปฏิกิริยาการเติมระหว่าง imine กับ enol ให้ขึ้นละ 0.5 คะแนน
- เนื่องจากโจทย์ระบุว่าปฏิกิริยาขั้นตอนนี้เกิดภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเล็กน้อย ดังนั้น กลไกควรเกี่ยวข้องกับการเติมและ/หรือการหลุดของ  $H^+$  สามารถเขียน  $+H^+$  หรือ  $-H^+$  บนลูกศรสมการดังตัวอย่างได้โดยไม่จำเป็นต้องโยงลูกศรการไหลของ electron
- หากไม่ได้แสดงการเกิด protonation หรือการรับส่ง  $H^+$  ให้ครบจะหักในภาพรวม 0.5 คะแนน
- หากเขียนกลไกในลักษณะที่เกิดในสภาวะที่ไม่เป็นกรด (เขียนผ่าน anion หรือเป็นกลางแบบไม่มี protonation) ไม่ให้คะแนน
- หากเขียนกลไกแบบผ่าน aldol condensation ก่อนแล้วตามด้วย Michael addition ไม่ให้คะแนน (เนื่องจากระบุในคำถามแล้วว่าเกิดผ่าน iminium ก่อน)
- กรณีพิเศษอื่น ๆ จะตรวจให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน และจะ normalize ในการตรวจจริงอีกครั้ง

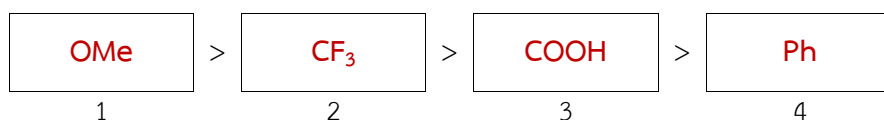
## Answer to Problem 3 (11 points)

## 3.1 (3 points) Structures of compounds A – C.

Compound A	Compound B	Compound C
		
(1 คะแนน)	(1 คะแนน) หากเขียน OH ให้ 0.5 คะแนน	(1 คะแนน)

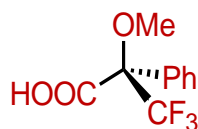
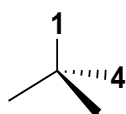
## 3.2 (2 points)

Priority of substituents:



(1 คะแนน) ต้องถูกทั้งหมด ไม่มี partial credit

Structure of (R)-Mosher's acid:

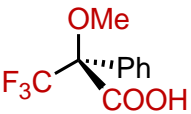
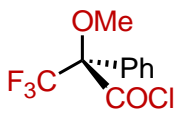
(0.5 คะแนน)  
หากไม่เขียนตามที่  
ระบุหัก 0.25

IUPAC name of (R)-Mosher's acid:

(R)-3,3,3-trifluoro-2-methoxy-2-phenylpropanoic acid

(0.5 คะแนน)

## 3.3 (3 points)

Starting material X	Reagent Y	Product Z
	SOCl <sub>2</sub> , oxalyl chloride, PCl <sub>5</sub>	
(1 คะแนน) หาก X เป็น enantiomer กับ คำตอบที่ถูกต้อง ให้ 0.5 คะแนน	(1 คะแนน)	(1 คะแนน) หากโครงสร้าง X กับ Z เป็น enantiomer กัน หัก 0.75

## 3.4 (3 points)

3.4.1 Mole percent of (R)-K =

87.5

%

Mole percent of (S)-K =

12.5

%

(0.25 คะแนน)

(0.25 คะแนน)

Calculation (0.5 คะแนน)

$$\% \text{enantiomeric excess (ee)} = \frac{|(R)-(S)|}{(R)+(S)} \times 100$$

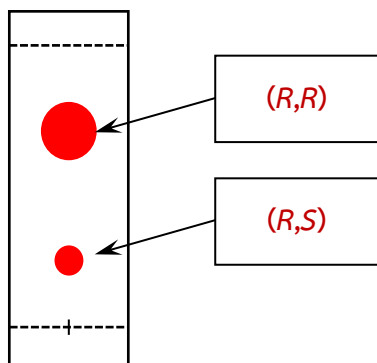
75% ee means 75% excess of (R)-isomer, and 25% racemic mixture of (R)- and (S)-isomer ( $\frac{25}{2}$  % each).

$$(R)\text{-isomer} = 75 + \frac{25}{2} = 87.5\%$$

$$(S)\text{-isomer} = \frac{25}{2} = 12.5\%$$

ไม่จำกัดวิธีคำนวณหากแสดงมาแล้วได้ค่าที่ถูกต้อง)

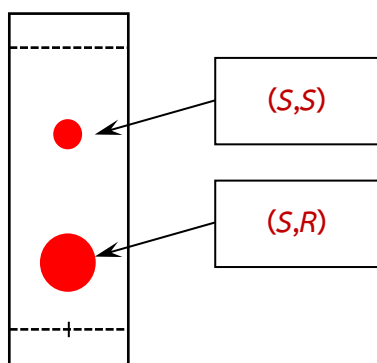
3.4.2 TLC profile with “(R,R)” or “(R,S)” labels in the boxes.



(0.5 คะแนน)

- ระบุตำแหน่งถูก/สอดคล้องกับ label 0.25 คะแนน
- วาดขนาดสอดคล้องกับข้อมูล %ee 0.25 คะแนน

3.4.3 TLC profile with proper labels in the boxes.



(1 คะแนน)

- ขนาด spot สอดคล้องกับ %ee โดยประมาณ (7 เท่า) หรือมีความแตกต่างถูกต้องชัดเจน 0.5 คะแนน
- ตำแหน่งของสาร (ค่า  $R_f$ ) 0.5 คะแนน

Explanation of your prediction.

- The size of each spot depends on the amount of alcohol K. Ester containing (R)-K fragment will be a bigger spot. (0.25 คะแนน)
- $R_f$  is a physical property. (R,R) and (S,S) are enantiomer so they should have the same  $R_f$ . As a result,  $R_f$  of (R,R) and (S,S) is higher than (R,S) and (S,R). (0.25 คะแนน)

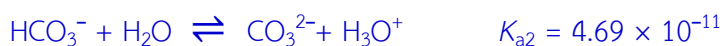
## คำตอบข้อที่ 4 (15 คะแนน)

4.1 (3 คะแนน) ข้อความเกี่ยวกับสารละลายนี้ถูกหรือผิด (คำตอบที่ไม่ถูกต้องจะถูกหักคะแนน)

(คำตอบถูก 0.5 ผิด -0.5 ไม่ตอบ 0)

☐ ถูก ☒ ผิด (1) ความเข้มข้นของ  $\text{H}_3\text{O}^+$  จากการแตกตัวของ  $\text{H}_2\text{CO}_3$  และ  $\text{HCO}_3^-$  มีค่าเท่ากัน☐ ถูก ☒ ผิด (2)  $[\text{CO}_3^{2-}] < 4.69 \times 10^{-11} \text{ M}$ ☒ ถูก ☐ ผิด (3) ความเข้มข้นที่ภาวะสมดุลเป็นดังนี้  $[\text{H}_2\text{CO}_3] > [\text{HCO}_3^-] > [\text{CO}_3^{2-}]$ ☒ ถูก ☐ ผิด (4) pH เท่ากับ 4.088☒ ถูก ☐ ผิด (5) กราฟที่ได้จากการไทเทรตกับสารละลาย NaOH ปรากฏจุดสมมูล 2 จุดแยกกันอย่างชัดเจน☐ ถูก ☒ ผิด (6) การไทเทรตกับสารละลาย NaOH โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ มีอัตราส่วนโมลของ  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ต่อ NaOH เท่ากับ 2 : 1

## (4) การคำนวณ pH

 $\text{H}_3\text{O}^+$  ในสารละลายเกิดจากการแตกตัวของ  $\text{H}_2\text{CO}_3$  และ  $\text{HCO}_3^-$ 

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{H}_2\text{CO}_3} + [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HCO}_3^-}$$

เนื่องจาก  $K_{a2}$  มีค่าน้อย ดังนั้น  $\text{H}_3\text{O}^+$  ที่เกิดจากการแตกตัวของ  $\text{HCO}_3^-$  จึงน้อยจนไม่ต้องคำนึงถึง

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{H}_2\text{CO}_3} + \cancel{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HCO}_3^-}}$$

$$K_{a1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$K_{a1} = \frac{(x)(x)}{(0.0150 - x)} = 4.45 \times 10^{-7}$$

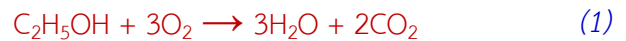
ใช้วิธี approximation จะได้  $x = 8.17 \times 10^{-5} \text{ M}$ จะเห็นว่า  $x \leq 5\%$  ของ  $0.0150 \text{ M}$  (0.54%)

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (8.17 \times 10^{-5}) = 4.087777 \rightarrow 4.088$$



## 4.2 (2.5 คะแนน)

สมการเคมีการเผาไหม้สมบูรณ์ของเอทานอล



Carbon footprint (CF) ของการเผาไหม้สมบูรณ์ของเอทานอล =

34.3

mol CO<sub>2</sub> / L (0.5)  
SF -0.25

วิธีคำนวณโดยวิธีเปลี่ยนหน่วย (factor-label method)

(1)

$$\text{CF} = \frac{2 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46.0 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{0.789 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mL C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{10^3 \text{ mL C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ L C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \quad \times$$

4.3 (4.5 คะแนน) Carbon footprint ของการเผาไหม้แก๊สหุงต้ม =

1.05 (0.5)

kg CO<sub>2</sub>/ถัง

เศษส่วนโมลของโพรเพนในแก๊สหุงต้ม

= 0.722 (0.5)

SF ที่ละ -0.25

วิธีคำนวณ

ตะกอนขาวที่เกิดขึ้นคือ BaCO<sub>3</sub> (อธิบาย เขียนสมการเคมี หรือแสดงสูตรเคมีของตะกอนในวิธีคำนวณก็ได้)

นำมาคำนวณ carbon footprint ได้ว่า

$$\text{CF} \frac{\text{kg CO}_2}{1 \text{ ถัง}} = \frac{824.0 \text{ g BaCO}_3}{(100.0 - 82.5) \text{ psi แก๊ส}} \times \frac{100.0 \text{ psi แก๊ส}}{1 \text{ ถัง}} \times \frac{1 \text{ mol BaCO}_3}{197.3 \text{ g BaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol BaCO}_3} \times \frac{44.0 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{1 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ g CO}_2} = 1.05 \frac{\text{kg CO}_2}{1 \text{ ถัง}}$$

คำนวณจำนวนโมลของแก๊สผสมในแก๊ส 1 ถัง จากสมการแก๊สอุดมคติ  $PV = nRT$  จะได้

(สมการ 0.25)

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(100.0 \text{ psi} \times \frac{1 \text{ atm}}{14.7 \text{ psi}})(27.1 \text{ L})}{(0.08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(273.15 + 35.00 \text{ K})} = 7.29 \text{ mol}$$

(แปลงหน่วย 0.25)

(แทนค่า 0.25)

คำนวณจำนวนโมลของแก๊สแต่ละชนิดจากปริมาณ CO<sub>2</sub> ที่เกิดขึ้น โดยกำหนดให้ มีโพรเพน  $x$  mol จะได้ว่ามีบิวเทน  $7.29 - x$  mol (อัตราส่วนโมลแก๊สทั้งสองต่อ CO<sub>2</sub> ที่เกิดขึ้นอาจเขียนสมการเคมีหรือไม่ก็ได้)

(0.25)

mol CO<sub>2</sub> total = mol CO<sub>2</sub> from C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> + mol CO<sub>2</sub> from C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>

(0.25)

$$1.05 \times 10^3 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44.0 \text{ g CO}_2} = \left( x \text{ mol C}_3\text{H}_8 \times \frac{3 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} \right) + \left( (7.29 - x) \text{ mol C}_4\text{H}_{10} \times \frac{4 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}} \right)$$

(0.25)

(0.25)

(0.25)

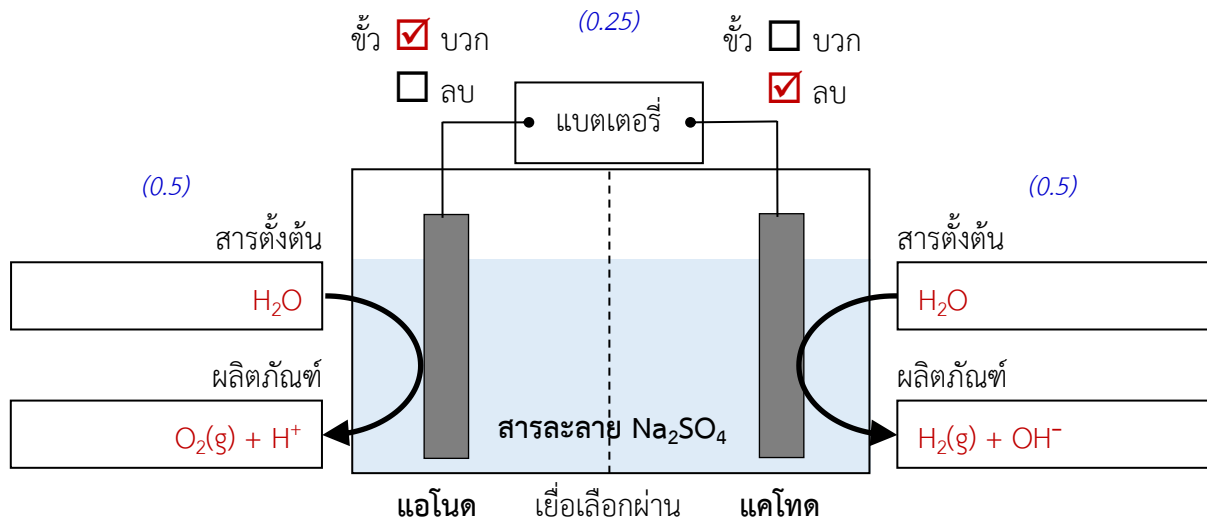
$$23.9 = 3x + 4(7.29 - x)$$

$$x = 5.26 \text{ mol}$$

จะได้ว่ามีโพรเพน 5.30 mol คำนวณเศษส่วนโมลได้ว่า

$$X_{\text{C}_3\text{H}_8} = \frac{5.26}{7.29} = 0.722 \quad (0.25)$$

## 4.4 (1.25 คะแนน) สูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่แคโทดและแอโนด และการต่อขั้วไฟฟ้ากับแบตเตอรี่



4.5 (3.75 คะแนน)	กระแสไฟฟ้า =	0.167	A	(0.5)
	ผลได้ร้อยละ =	83.0	%	(0.5)

วิธีคำนวณ

คำนวณจำนวนโมลของ  $\text{CO}_2$  ต่อวินาที

$$n = \frac{PV}{RT}$$

สมการ (0.25)

$$= \frac{(1.00 \text{ atm}) \left( \frac{3.00 \text{ L air}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{0.0425 \text{ L CO}_2}{100 \text{ L air}} \right)}{(0.08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(300.0 \text{ K})} = 8.63 \times 10^{-7} \text{ mol/s}$$

หา  $V_{\text{CO}_2}$  (0.5)  
แทนค่าอื่น (0.25)

คำนวณกระแสไฟฟ้าจากกฎของฟาราเดย์



$$\text{กระแสไฟฟ้า} = \frac{8.63 \times 10^{-7} \text{ mol CO}_2}{1 \text{ s}} \times \frac{2 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{2 \text{ mol e}^-}{2 \text{ mol OH}^-} \times \frac{96485 \text{ C}}{1 \text{ mol e}^-} = 0.167 \text{ A}$$

(0.25)      (0.25)      (0.25)

ผลได้ตามทฤษฎี

$$= \frac{8.63 \times 10^{-7} \text{ mol CO}_2}{1 \text{ s}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ day}} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{100.1 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3}$$

(0.25)      (0.25)      (0.25)

$$= 7.46 \text{ g}$$

$$\% \text{yield} = \frac{6.19 \text{ g}}{7.46 \text{ g}} \times 100\%$$

(0.25)

$$= 83.0\%$$

## คำตอบข้อที่ 5 (15 คะแนน)

5.1 (2 คะแนน) จากการทดลองตอน 1

5.1.1 ☐ ไม่เกิดตะกอน ☒ เกิดตะกอน คือ Fe(OH)<sub>2</sub> (1)*ตอบว่าเกิดตะกอน แต่ไม่ระบุสูตรเคมีของตะกอนหรือระบุผิด ไม่ให้คะแนน*

5.1.2 สีของสารละลาย : ก่อนไทเทรต

wine red

ที่จุดยุติ

blue (1)*ให้คะแนนช่องละ 0.5 แต่ถ้าตอบสีเดียวกัน 2 ช่อง ไม่ให้คะแนน*

5.2 (2 คะแนน) จากการทดลองตอน 2

5.2.1 ☐ ไม่เกิดตะกอน ☒ เกิดตะกอน คือ Fe(OH)<sub>2</sub> และ Mg(OH)<sub>2</sub> (1)*ตอบว่าเกิดตะกอน แต่ไม่ระบุสูตรเคมีของตะกอน ไม่ให้คะแนน*

5.2.2 สีของสารละลาย : ก่อนไทเทรต

red

ที่จุดยุติ

blue (1)*ให้คะแนนช่องละ 0.5 แต่ถ้าตอบสีเดียวกัน 2 ช่อง ไม่ให้คะแนน*

5.3 (3.5 คะแนน)

ความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลายขวด A = 0.04388 mol/L (0.5)ปริมาณแคลเซียมในผลิตภัณฑ์ = 220 mg ต่อ 1 เม็ด (0.5)

วิธีคำนวณ

*ใช้ข้อมูลปริมาตร EDTA จากตอน 2 = 17.40 mL* (0.5)

$$\begin{aligned} \text{Ca (mol/L)} &= \frac{17.40 \text{ mL EDTA}}{10.00 \text{ mL sample soln}} \times \frac{0.02522 \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol Ca}}{1 \text{ mol EDTA}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 0.04388 \text{ mol/L (0.0438828)} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Ca (mg/tablet)} &= \frac{0.04388 \text{ mol Ca}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{40.1 \text{ g Ca}}{1 \text{ mol Ca}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{250.0 \text{ mL sample soln}}{2 \text{ tablets}} \\ &= 220 \text{ mg/tablet (219.9485)} \end{aligned} \quad (1)$$

*(แทนค่าด้วยตัวเลขที่ไม่คำนึงถึงนัยสำคัญที่ใดที่หนึ่ง หัก 0.25 คะแนน)*

## 5.4 (4 คะแนน) จากการทดลองตอน 3

5.4.1  $a = \boxed{1}$   $b = \boxed{8}$   $c = \boxed{5}$   $m = \boxed{2}$  (1)

$a, b, c$  ต้องถูกทั้งหมด = 0.75 คะแนน //

$m = 0.25$  คะแนน

5.4.2 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายขวด A =  $\boxed{0.1097}$  mol/L (0.5)

ปริมาณเหล็กในผลิตภัณฑ์ =  $\boxed{765}$  mg ต่อ 1 เม็ด (0.5)

วิธีคำนวณ

$$\text{Fe (mol/L)} = \frac{11.25 \text{ mL KMnO}_4}{10.00 \text{ mL sample soln}} \times \frac{0.01950 \text{ mol KMnO}_4}{1000 \text{ mL KMnO}_4} \times \frac{5 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol KMnO}_4} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \quad (1)$$

$$= 0.1097 \text{ mol/L (0.1096875)}$$

$$\text{Fe (mg/tablet)} = \frac{0.1097 \text{ mol Fe}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{55.8 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{250.0 \text{ mL sample soln}}{2 \text{ tablets}} \quad (1)$$

$$= 765 \text{ mg/tablet (765.1575)}$$

(แทนค่าด้วยตัวเลขที่ไม่คำนึงถึงนัยสำคัญที่ใดที่หนึ่ง หัก 0.25 คะแนน)

## 5.5 (2.5 คะแนน) จากการทดลองตอน 4

ปริมาณเหล็กในผลิตภัณฑ์ = 729 mg ต่อ 1 เม็ด (0.5)

วิธีคำนวณ

ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายขวด B (ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธี)

จาก สมการของกราฟมาตรฐาน คือ  $y = 0.0188x + 0.0129$

$$\text{Fe (mg/L)} = \frac{(0.671 - 0.0129)}{0.0188} = (35.005319) \text{ mg/L}$$

ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายขวด A

$$\begin{aligned} \text{Fe (mg/L)} &= \frac{(0.671 - 0.0129)}{0.0188} \frac{\text{mg Fe flask B}}{\text{L}} \times \frac{500.0 \text{ mL Fe flask B}}{3.00 \text{ mL Fe flask A}} \\ &= (5834.219858) \text{ mg/L} \end{aligned} \quad (1.5)$$

$$\begin{aligned} \text{Fe (mg/tablet)} &= \frac{5834.2199 \text{ mg Fe}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{250.0 \text{ mL sample soln}}{2 \text{ tablets}} \\ &= 729 \text{ mg/tablet} \quad (729.27749) \end{aligned} \quad (0.5)$$

หรือ เขียนรวมทั้งหมด แล้วคำนวณเลขครั้งเดียว จะได้

$$\begin{aligned} \text{Fe (mg/tablet)} &= \\ &= \frac{(0.671 - 0.0129)}{0.0188} \frac{\text{mg Fe flask B}}{\text{L}} \times \frac{500.0 \text{ mL Fe flask B}}{3.00 \text{ mL Fe flask A}} \times \frac{250.0 \text{ mL sample soln (A)}}{2 \text{ tablets}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \\ &= 729 \text{ mg/tablet} \quad (729.27748) \end{aligned}$$

## 5.6 (1 คะแนน)

ปริมาณของเหล็กที่ระบุไว้บนฉลากผลิตภัณฑ์ = 750 mg ต่อ 1 เม็ด (0.5)

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์} &= \frac{\text{ค่าที่ได้} - \text{ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \times 100 \\ \text{ตอน 3} \quad 2.0 &= \frac{765 - x}{x} \times 100 \quad x = 750 \\ \text{ตอน 4} \quad -2.8 &= \frac{729 - x}{x} \times 100 \quad x = 750 \\ &(\text{แสดงวิธีคำนวณจากตอนใดตอนหนึ่งก็ได้}) \end{aligned} \quad (0.5)$$

## คำตอบข้อที่ 6 (10 คะแนน)

**แนวคิดเบื้องต้น** จากข้อมูลของธาตุที่กำหนดให้จะได้ว่า ธาตุแต่ละตัวอยู่คนละหมู่ ดังนั้น

A	D	E	G	J	L
K	Al	Pb	Br	N	S

## 6.1 (1 คะแนน)

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของ A คือ

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$  หรือ  $[Ar]4s^1$  (0.5 คะแนน)

(ตอบของธาตุหมู่ 1 ที่ไม่ใช่ K ให้ 0.25 คะแนน)

สูตรสารประกอบออกไซด์ของ A คือ

$K_2O$  (0.5 คะแนน)

(ตอบโดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางธาตุ)

## 6.2 (1 คะแนน)

$GF_3$  มีรูปร่างเป็น

ตัวที หรือ T-shaped (0.5 คะแนน)

อะตอมกลางใช้ไฮบริดออร์บิทัล

$sp^3d$  (0.5 คะแนน)

## 6.3 (2 คะแนน)

**แนวคิด** X อยู่ในคาบ 6 หมู่ 13 X คือ Tl X ที่มีสถานะออกซิเดชันสูงสุดคือ  $Tl^{3+}$

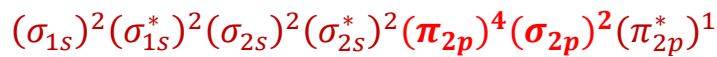
สูตรเคมีของสารเชิงซ้อนของ X	มีไอโซเมอร์หรือไม่ ถ้ามี เลือกชนิดไอโซเมอร์ที่เป็นไปได้ (ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องเพื่อเลือกคำตอบ)				
	ไม่มีไอโซเมอร์	cis	trans	mer	fac
$XCl(OH_2)_5^{2+}$	✓				
$XCl_2(OH_2)_4^+$		✓	✓		
$XCl_3(OH_2)_3$				✓	✓
$XCl_4(OH_2)_2^-$		✓	✓		
$XCl_5(OH_2)^{2-}$	✓				
$XCl_6^{3-}$	✓				

(สูตรเคมีละ  $0.25 \times 6 = 1.5$  คะแนน)

(ไอโซเมอร์ แยกละ  $0.1 \times 5$  (ยกเว้น  $XCl_6^{3-}$ ) = 0.5 คะแนน)

## 6.4 (2 คะแนน)

## 6.4.1 การจัดเรียงอิเล็กตรอนของ JO



(1 คะแนน, ถ้าลำดับ  $\sigma_{2p}$ - $\pi_{2p}$  สลับ ได้ 0.25 คะแนน)

## 6.4.2 อันดับพันธะของ JO เท่ากับ

2.5

(0.5 คะแนน)

## 6.4.3 สมบัติแม่เหล็กของโมเลกุล JO

(0.5 คะแนน)

☐ diamagnetic    ☒ paramagnetic    ☐ ferrimagnetic    ☐ ferromagnetic

## 6.5 (2 คะแนน)

สถานะออกซิเดชันของ L ค่าต่ำสุด คือ

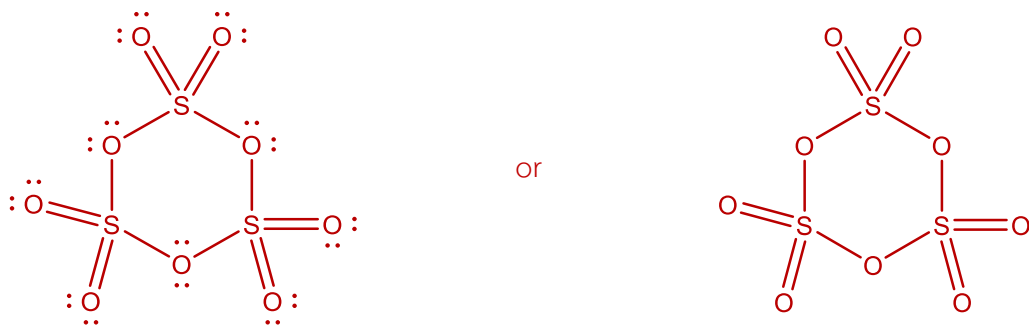
-2

ค่าสูงสุด คือ

+6

(1 คะแนน)

โครงสร้างลิวอิสของสารประกอบไดรอกไซด์ของ L ในสถานะของแข็ง



(1 คะแนน, ตอบเป็นวง O-bridged ที่มากหรือน้อยกว่า trimer ได้ 0.25 คะแนน)

## 6.6 (2 คะแนน)

## 6.6.1 ค่า electronegativity (EN)

A

&lt;

D

&lt;

L

&lt;

J

(1 คะแนน)

6.6.2 ค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 3 ( $IE_3$ )

D

&lt;

L

&lt;

A

&lt;

J

(1 คะแนน)

## คำตอบข้อที่ 7 (10 คะแนน)

## 7.1 (1.5 คะแนน)

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $d$  กับ  $r$ 

$$2\sqrt{2}r = \left( \frac{u \cdot M}{d \cdot N_A} \right)^{1/3} \text{ or } d = \frac{u \cdot M}{N_A \cdot (2\sqrt{2}r)^3} \quad (1)$$

รัศมี  $r$  มีค่า

149

pm

(0.5)

## 7.2 (1 คะแนน)

เลขโคออร์ดิเนชันของ L =

2

ของ M =

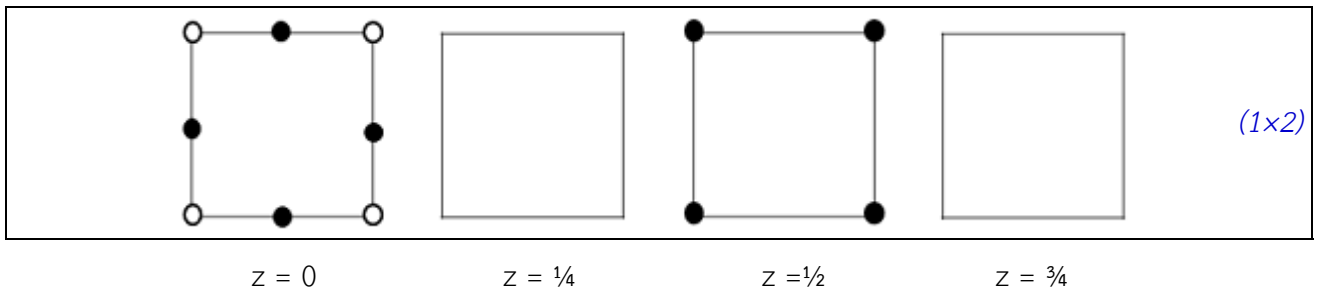
6

(0.5+0.5)

## 7.3 (2 คะแนน) สูตรอย่างง่ายของ X ที่เป็นไปได้ (เขียนสูตรตอบโดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางธาตุ)

 $\text{Na}_3\text{N}$  $\text{AlF}_3$ 

(1+1)

7.4 (2 คะแนน) จุดแลตทิซของ X ตามแกน  $z$  โดยใช้ ● แทน L และ ○ แทน M

(1×2)

## 7.5 (2 คะแนน)

X มีมวลต่อโมล =

83.0

g/mol

มีความหนาแน่น =

1.29

g/cm<sup>3</sup>

(1+1)

ถ้าตอบด้วย  $\text{AlF}_3$  มวลต่อโมล 84.0 g/mol ได้ 0 pt      ความหนาแน่น 1.31 g/cm<sup>3</sup> ได้ 1 pt

## 7.6 (1.5 คะแนน)

(0.5+0.5+0.5)

โครงสร้างหลัก

ไอออนบวก

☐ sc ☐ bcc ☐ hcp ☐ fcc

ไอออนลบ

☐ sc ☐ bcc ☐ hcp ☒ fcc

การบรรจุในช่องว่าง

☐ คิวบิก ☒ ออกตะฮีดรัล ☒ เททระฮีดรัล☐ คิวบิก ☐ ออกตะฮีดรัล ☐ เททระฮีดรัล



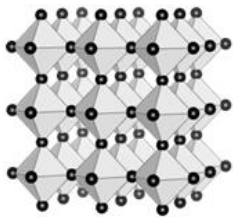
**แนวคิดและวิธีคำนวณ**

ขนาดไอออนที่ isoelectronic กัน:  $\text{N}^{3-} > \text{O}^{2-} > \text{F}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+}$

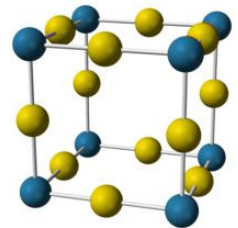
MgO: ไอออนลบ ( $\text{O}^{2-}$ ) มีขนาดใหญ่กว่า จัดเรียงตัวแบบ fcc; ไอออนบวก ( $\text{Mg}^{2+}$ ) อยู่ในช่องว่างออกเตฮีดรัล

fcc เมื่อ  $a$  = unit cell length:  $(4r)^2 = a^2 + a^2$ ;  $a = 2\sqrt{2}r$ ;  $d = \frac{u \cdot M}{N_A \cdot a^3}$ ;  $a = 4.209 \times 10^{-8} \text{ cm} = 421 \text{ pm}$

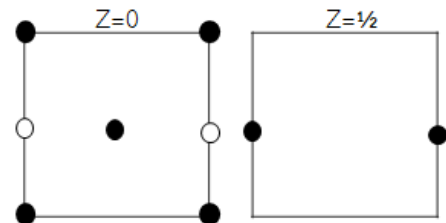
$$r = \frac{\left( \frac{u \cdot M}{d \cdot N_A} \right)^{1/3}}{2\sqrt{2}} = \frac{\left( \frac{4 \text{ units} \times (40.3 \text{ g MgO/mol})}{(3.59 \text{ g/cm}^3) \times (6.022 \times 10^{23} \text{ units/mol})} \right)^{1/3}}{2\sqrt{2}} = 1.488 \times 10^{-8} \text{ cm} = 149 \text{ pm}$$



$\text{A}_6$  octahedra with **B** inside เลขโคออร์ดิเนชัน CN ของ **L** = 2 (L ที่มุมต่อกับ **M** ใน Oh ที่แชร์มุมอยู่) CN ของ **M** ซึ่งอยู่ใน  $\text{L}_6 = 6$  สูตรอย่างง่ายเป็น  $\text{L}_3\text{M}$  ซึ่งอาจเป็น  $\text{Na}_3\text{N}$  หรือ  $\text{AlF}_3$  วาด unit cell ได้ตามรูปขวา มี **M** ที่มุม ( $1/8 \times 8 = 1$ ) **L** ตามขอบ ( $1/4 \times 12 = 3$ ) สูตร  $\text{L}_3\text{M}$  แต่เพราะ unit cell length ( $2 \times 237 = 474 \text{ pm}$ ) ยาวกว่าของ MgO แสดงว่าเป็น  $\text{Na}_3\text{N}$  (เพิ่มเติม  $\text{AlF}_3$  เป็น tetragonal)



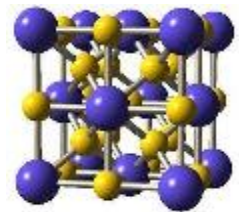
ตำแหน่งจุดแลตทิซ ถ้าวาดโดยให้ **L** อยู่ทีมุมของลูกบาศก์ จะไม่ใช่ unit cell ที่ดีที่สุดเพราะมี **L** และ **M** แคบงหน้า/ขอบเท่านั้น แม้จะได้  $\text{L}_3\text{M}$  เช่นเดียวกัน (มองจาก front view/side view วาด unit cell ได้ต่างกัน คือหมุนไป  $90^\circ$ ) **ให้คะแนนครึ่งหนึ่ง**



ความหนาแน่นของ **X**:  $d_{\text{Na}_3\text{N}} = \frac{u \cdot M}{N_A \cdot a^3} = \frac{1 \text{ unit} \times (83.0 \text{ g Na}_3\text{N/mol})}{(6.022 \times 10^{23} \text{ units/mol}) \times (2 \times 2.37 \times 10^{-8} \text{ cm})^3} = 1.294 \text{ g/cm}^3$

ถ้าคิด  $\text{AlF}_3$  (84.0 g/mol) จะได้  $1.310 \text{ g/cm}^3$

โครงสร้างที่ชิดกันที่สุดในระบบลูกบาศก์ คือ FCC ที่มีช่องว่างออกเตฮีดรัลและเททระฮีดรัล ใน  $\text{Li}_3\text{N}$  ไอออนลบ  $\text{N}^{3-}$  ที่ขนาดใหญ่กว่าเป็นโครงสร้างหลักแบบ FCC ส่วนไอออนบวก  $\text{Li}^+$  มีขนาดเล็กกว่า มีจำนวนเป็น 3 เท่า จึงต้องอยู่ในช่องว่างทั้งแบบออกเตฮีดรัลและเททระฮีดรัล (นี่คือโครงสร้าง  $\gamma\text{-Li}_3\text{N}$  ซึ่งเกิดที่ความดันสูง ๆ)



## คำตอบข้อที่ 8 (10 คะแนน)

## 8.1 (3 คะแนน)

## 8.1.1

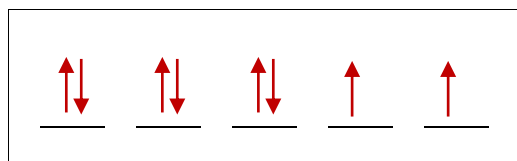
$$\mu_{\text{spin-only}} = \boxed{2.83} \cdot \mu_B \quad (0.25) \quad \mu_{\text{spin-only}} = \boxed{4.90} \cdot \mu_B \quad (0.25)$$

(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)                      (ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

## 8.1.2

$\text{Ni}^{2+}$

การจัดเรียง d อิเล็กตรอนใน d orbital



$$m_l = \boxed{2} \quad \boxed{1} \quad \boxed{0} \quad \boxed{-1} \quad \boxed{-2}$$

*d-electron และ  $m_l$  (0.5) ต้องถูกทั้งหมด*

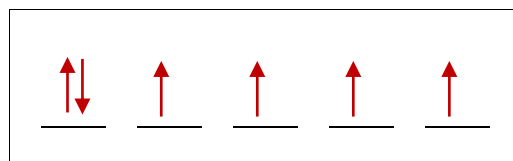
$$L = \boxed{3} \quad (0.25)$$

$$\mu_{\text{eff}} = \boxed{4.47} \cdot \mu_B \quad (0.25)$$

(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

$\text{Fe}^{2+}$

การจัดเรียง d อิเล็กตรอนใน d orbital



$$m_l = \boxed{2} \quad \boxed{1} \quad \boxed{0} \quad \boxed{-1} \quad \boxed{-2}$$

*d-electron และ  $m_l$  (0.5) ต้องถูกทั้งหมด*

$$L = \boxed{2} \quad (0.25)$$

$$\mu_{\text{eff}} = \boxed{5.48} \cdot \mu_B \quad (0.25)$$

(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

8.1.3 สปีชีส์ที่มีค่า  $\mu_{\text{spin-only}} = \mu_{\text{eff}}$  คือ ☐  $\text{Cr}^{3+}$  ☒  $\text{Fe}^{3+}$  ☐ Fe ☒ Mn (0.25+0.25)

## 8.2 (2 คะแนน)

8.2.1 bipyridine ใน molecular square จัดเป็นลิแกนด์ชนิด (0.25)

☒ monodentate ☐ bidentate ☐ tetradentate ☐ ambidentate ☐ chelate

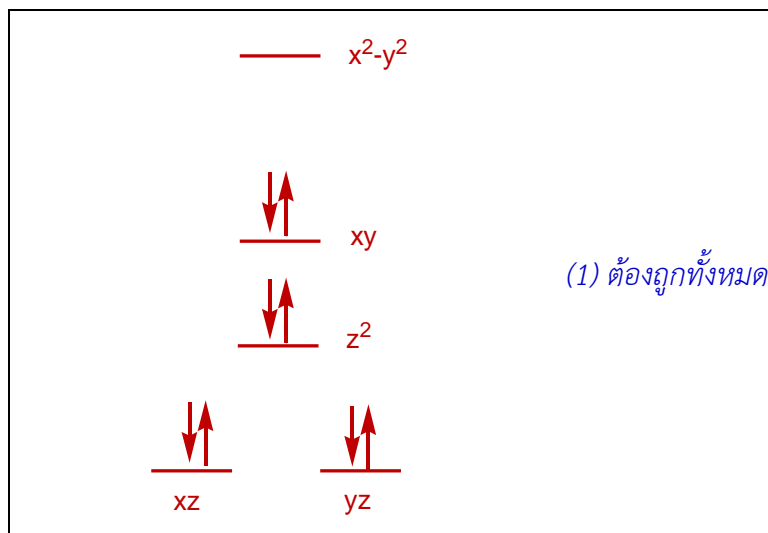
8.2.2 ethylenediamine ใน molecular square จัดเป็นลิแกนด์ชนิด (0.25) ต้องถูกทั้งหมด

☐ monodentate ☒ bidentate ☐ tetradentate ☐ ambidentate ☒ chelate

8.2.3 Z ใน molecular square มีค่า = (0.25)

**8**

8.2.4 d-splitting diagram ของ Pd ใน molecular square ที่ระบุชนิดของ d ออร์บิทัล และเติมอิเล็กตรอน



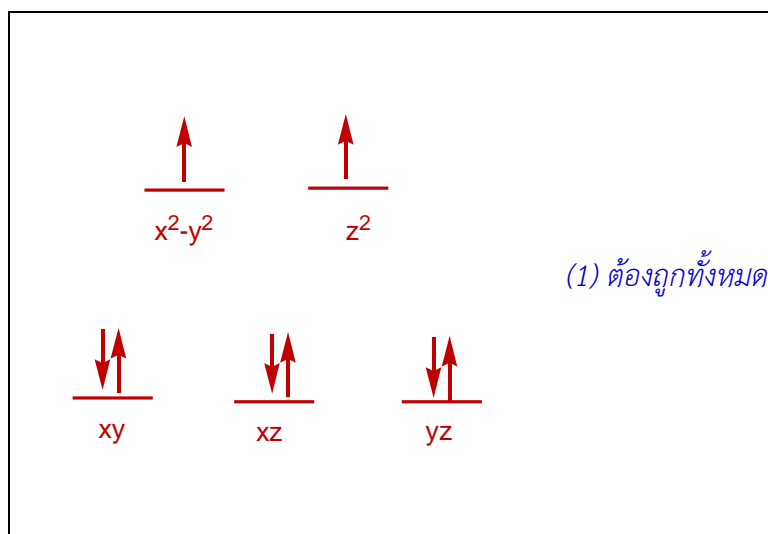
8.2.5 molecular square มีสมบัติแม่เหล็กเป็นแบบ

(0.25)

☒ diamagnetic ☐ paramagnetic ☐ ferromagnetic ☐ ferrimagnetic

8.3 (1.5 คะแนน)

8.3.1 d-splitting diagram ของ  $\text{Ni}^{2+}$  ในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง 1 และ 2 ที่ระบุชนิดของ d ออร์บิทัล และเติมอิเล็กตรอน



8.3.2 เหตุผลของการเกิดการเปลี่ยนแปลง magnetic moment ของ  $\text{Ni}^{2+}$

เนื่องจากวง triazine ในโมเลกุล molecular triangle จะทำหน้าที่เป็น axial ligand ด้านบนและล่างของ  $\text{Ni(II)(acen)}_2$  มีผลทำให้ coordination ของ  $\text{Ni}^{2+}$  ใน  $\text{Ni(II)(acen)}_2$  เปลี่ยนจาก square planar เป็น pseudo octahedral ทำให้มีอิเล็กตรอนเดี่ยว 2 ตัว

(0.5)

ค่าระดับพลังงาน  $x^2-y^2$  และ  $z^2$  อาจจะไม่ต้องเท่ากันเหมือนในรูปก็ได้ แต่จะต้องเขียนให้มีอิเล็กตรอนเดี่ยว 2 ตัว

## 8.4 (3.5 คะแนน)

### 8.4.1 spin state ของ molecular cage ( $\oplus$ คือ LS Fe(II) และ $\bullet$ คือ HS Fe(II))

และค่าเฉลี่ยของ  $\mu_{\text{spin-only}}$  (ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

$\mu_{\text{spin-only}}$ เฉลี่ย =	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">0</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">1.23</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">2.45</div>	$\cdot \mu_B$
$\mu_{\text{spin-only}}$ เฉลี่ย =	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">3.68</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">4.90</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"></div>	$\cdot \mu_B$
$\mu_{\text{spin-only}}$ เฉลี่ย =	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"></div>	$\cdot \mu_B$

(0.25×10)

ถ้าเติมเกิน

5 state/ค่า

ได้คะแนน

เฉพาะ

state/ค่า

ที่ถูก

molecular cage มีค่า  $\mu_{\text{spin-only}}$  ที่เป็นไปได้ทั้งหมด

5

ค่า

(0.25)

### 8.4.2 molecular cage เกิดสารเชิงซ้อนได้ดีที่สุดกับ

1-adamantanol

(0.25)

มีค่า  $K_f$  =

9,400

(0.5)

(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

## คำตอบข้อที่ 9 (10 คะแนน)

9.1 (1 คะแนน) อุณหภูมิต่ำสุด =  °C (1.0)

ถ้าตอบ 323 (ลืมเปลี่ยนหน่วย K เป็น °C) ให้ 0.5 คะแนน

หมายเหตุ หากต้มหุสามชั้นที่อุณหภูมินี้จริง จะใช้เวลาต้มนานมาก ในทางปฏิบัติจะทำที่อุณหภูมิสูงกว่านี้

9.2 (0.5 คะแนน) คำตอบของข้อ 9.1 จะ ☐ เพิ่มขึ้น ☒ เท่าเดิม ☐ ลดลง (0.5)

เพราะ การเปลี่ยนหน่วยเกิดขึ้นกับทั้ง  $\Delta_r H^\circ$  และ  $\Delta_r S^\circ$  ดังนั้น แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยจะหักล้างกันไปในระหว่างคำนวณ

9.3 (0.5 คะแนน) หากไม่ใช่ส้อมแทงหนังหมูก่อนนำไปทอดในน้ำมัน  
☒ ไม่ฟูกรอบ (0.5)  
หนังหมูกรอบที่ได้จะ ☐ แห้งเกินไป  
☒ แน่นเกินไป

(ตอบตัวเลือกถูกให้ตัวเลือกละ 0.25 คะแนน ตัวเลือกผิดหัก 0.25 คะแนน ถ้าตอบทั้ง 3 ตัวเลือก ได้ 0 คะแนน)

9.4 (2.5 คะแนน) เส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน = 40  $\mu\text{m}$  (0.5)  
(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

สัดส่วนการขยายตัว = 9 (0.5)  
(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

วิธีคำนวณ

ปริมาตรน้ำในถุงน้ำ =  $3.72 \text{ pL} = (3.72 \text{ pL}) \times \frac{10^{-12} \text{ L}}{1 \text{ pL}} \times \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 3.72 \times 10^{-9} \text{ mL}$  (0.1)

มีน้ำมวล =  $(3.72 \times 10^{-9} \text{ mL}) \times \frac{1.00 \text{ g}}{1 \text{ mL}} = 3.72 \times 10^{-9} \text{ g}$  (0.1)

จำนวนโมลของน้ำ =  $(3.72 \times 10^{-9} \text{ g}) \times \frac{1 \text{ mol}}{18.0 \text{ g}} = 2.07 \times 10^{-10} \text{ mol}$  (0.1)

เมื่อนำหมูไปทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ  $180^\circ\text{C}$  ทำให้น้ำเปลี่ยนเป็นไอน้ำและเกิดการขยายตัวจนความดันภายในรูเท่ากับ  $1 \text{ atm}$  ซึ่ง ณ ขณะนั้น เหลือไอน้ำเพียง  $100.00 - 99.56 = 0.44\%$  โดยโมล (0.2)

นั่นคือ จำนวนโมลของไอน้ำในขณะที่มีความดันภายในรูเท่ากับ  $1 \text{ atm}$  (0.2)  

$$= (2.07 \times 10^{-10} \text{ mol}) \times 0.44/100 = 9.11 \times 10^{-13} \text{ mol}$$

คำนวณปริมาตรของรูพรุนจากสมการ  $pV = nRT$ ;  $V = \frac{nRT}{p}$  (0.2)

$$V_{\text{pore}} = \frac{(9.11 \times 10^{-13} \text{ mol})(0.08206 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(180 + 273.15 \text{ K})}{(1 \text{ atm})}$$

$$V_{\text{pore}} = 3.39 \times 10^{-11} \text{ L} = (3.39 \times 10^{-11} \text{ L}) \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ L}} = 3.39 \times 10^{-14} \text{ m}^3$$

จากสูตรคำนวณปริมาตรทรงกลม  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

แทนค่า  $(3.39 \times 10^{-14} \text{ m}^3) = \frac{4}{3}\pi r^3$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \times (3.39 \times 10^{-14} \text{ m}^3)} = 2.01 \times 10^{-5} \text{ m} = 20.1 \mu\text{m}$$
 (0.2)

(เลื่อนจุดทศนิยมผิดหลัก 0.1 คะแนน)

ดังนั้น เส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน ( $d$ ) =  $(20.1 \mu\text{m}) \times 2 = 40.2 \mu\text{m} \approx 40 \mu\text{m}$  (0.2)

สัดส่วนการขยายตัว (expansion ratio) =  $\frac{3.39 \times 10^{-11} \text{ L}}{3.72 \times 10^{-12} \text{ L}} = 9.11 \approx 9$  (0.2)

9.5 (1 คะแนน) ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในขั้นตอนนี้ = 1.50 MJ (0.5)

วิธีคำนวณ

(ถ้านักเรียนตอบในหน่วยอื่น เช่น J หรือ kJ หัก 0.25 คะแนน)

ความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันปาล์ม ( $q_1$ ) (0.2)

$$q_1 = 2.00 \text{ L} \times \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{0.904 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \times 4.02 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times ((180 - 25)^\circ\text{C}) \times \frac{1 \text{ MJ}}{10^6 \text{ J}} = \mathbf{1.13 \text{ MJ}}$$

ความร้อนที่ใช้ชดเชยการสูญเสียความร้อนตลอดการให้ความร้อน ( $q_2$ ) (0.2)

$$q_2 = ((5 + 20) \text{ min}) \times 14.8 \frac{\text{kJ}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ MJ}}{10^3 \text{ kJ}} = \mathbf{0.37 \text{ MJ}}$$

(ถ้านักเรียนไม่ได้รวมเวลา 5 นาทีในการคำนวณขั้นนี้ จะได้คำตอบเป็น 0.30 MJ หัก 0.1 คะแนน)

ความร้อนที่ใช้ทั้งหมดในขั้นตอนนี้ ( $q_{\text{total}}$ ) (0.1)

$$q_{\text{total}} = 1.13 \text{ MJ} + 0.37 \text{ MJ} = \mathbf{1.50 \text{ MJ}}$$

9.6 (1.5 คะแนน)  $\Delta_c H$  ของแก๊สหุงต้ม = -2418 kJ mol<sup>-1</sup> (0.5)

มวลของแก๊สหุงต้มที่ต้องใช้ = 29.9 g (0.5)

วิธีคำนวณ

$$\Delta_c H \text{ ของแก๊สหุงต้ม} = \frac{(-2220 \times 7) + (-2880 \times 3)}{10} = \mathbf{-2418 \text{ kJ mol}^{-1}} \quad (0.2)$$

$$\text{มวลต่อโมลของแก๊สหุงต้ม} = \frac{(44.0 \times 7) + (58.0 \times 3)}{10} = \mathbf{48.2 \text{ g mol}^{-1}} \quad (0.1)$$

มวลของแก๊สหุงต้มที่ต้องใช้ ( $m_{\text{cooking gas}}$ ) (0.2)

$$m_{\text{cooking gas}} = 1.50 \text{ MJ} \times \frac{10^3 \text{ kJ}}{1 \text{ MJ}} \times \frac{1 \text{ mol}}{2418 \text{ kJ}} \times \frac{48.2 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = \mathbf{29.9 \text{ g}}$$

(ถ้านักเรียนหาเพียงจำนวนโมลของแก๊สหุงต้ม  $(1.50 \times 10^3)/2418 = 0.620 \text{ mol}$  ได้ 0.1 คะแนน)

(ถ้าคำตอบข้อ 9.5 ของนักเรียนไม่ใช่ 1.50 MJ และนักเรียนใช้ค่านั้นโดยส่วนที่เหลือถูกหมดก็ให้ 0.2 คะแนน)

9.7 (2 คะแนน) ต้นทุน = 248.6 บาท/หมูสามชั้น 1 kg (0.5)  
(ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

ราคาขาย = 92.07 บาท/หมูกรอบ 1 ซีด (0.5)  
(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ

ต้นทุนจากหมูสามชั้น/หมูสามชั้น 1 kg =  $1 \text{ kg} \times \frac{170 \text{ THB}}{1 \text{ kg}} = 170 \text{ THB}$  (0.1)

ต้นทุนจากน้ำมันปาล์ม/หมูสามชั้น 1 kg (0.2)

$$= 1 \text{ kg Pork Belly} \times \frac{2 \text{ L}}{8 \text{ kg Pork Belly}} \times \frac{45 \text{ THB}}{1 \text{ L}} = 11.25 \text{ THB} \approx 11.2 \text{ THB}$$

(ถ้านักเรียนลืมนึกคิดปริมาณน้ำมันต่อหมูสามชั้น 1 kg จะได้ 90 บาท - ไม่ได้คะแนน)

ต้นทุนจากค่าแรง/หมูสามชั้น 1 kg (0.2)

$$= 70 \text{ min} \times \frac{340 \text{ THB}}{1 \text{ working day}} \times \frac{1 \text{ working day}}{8 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 49.58 \text{ THB} \approx 49.6 \text{ THB}$$

(ถ้านักเรียนลืมนึกคิดว่า 1 วันทำงาน = 8 ชั่วโมงทำงาน จะได้ 396.7 บาท - ไม่ได้คะแนน)

ต้นทุนจากแก๊สหุงต้ม/หมูสามชั้น 1 kg =  $100 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{423 \text{ THB}}{15 \text{ kg}} = 2.82 \text{ THB} \approx 2.8 \text{ THB}$  (0.1)

ต้นทุนจากวัตถุดิบอื่น ๆ/หมูสามชั้น 1 kg = 15 THB (0)

ต้นทุน/หมูสามชั้น 1 kg (= ต้นทุน/หมูกรอบ 6 ซีด) (0.1)

$$\frac{\text{Cost}}{1 \text{ kg Pork Belly}} = 170 + 11.2 + 49.6 + 2.8 + 15 = 248.6 \text{ THB} = \frac{\text{Cost}}{0.6 \text{ kg Crispy Pork}}$$

(ถ้านักเรียนคำนวณต้นทุนในขั้นตอนเดียวจะประมาณค่าได้เป็น 248.7 บาท)

ต้นทุน/หมูกรอบ 1 ซีด (0.1)

$$\frac{\text{Cost}}{0.1 \text{ kg Crispy Pork}} = \frac{248.6 \text{ THB}}{6} = 41.43 \text{ THB}$$

(ถ้านักเรียนคำนวณต้นทุนในขั้นตอนเดียวจะประมาณค่าได้เป็น 41.45 บาท)

ราคาขาย/หมูกรอบ 1 ซีด (0.2)

$$\frac{\text{Sale Price}}{0.1 \text{ kg Crispy Pork}} = 41.43 \text{ THB Cost} \times \frac{100 \text{ THB Sale Price}}{45 \text{ THB Cost}} = 92.07 \text{ THB}$$

(ถ้านักเรียนคำนวณต้นทุนในขั้นตอนเดียวจะประมาณค่าได้เป็น 92.11 บาท)

$$\begin{aligned} \frac{\text{Cost}}{1 \text{ kg Pork Belly}} &= \left(1 \text{ kg} \times \frac{170 \text{ THB}}{1 \text{ kg}}\right) + \left(1 \text{ kg Pork Belly} \times \frac{2 \text{ L}}{8 \text{ kg Pork Belly}} \times \frac{45 \text{ THB}}{1 \text{ L}}\right) \\ &+ \left(70 \text{ min} \times \frac{340 \text{ THB}}{1 \text{ working day}} \times \frac{1 \text{ working day}}{8 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}\right) + \left(100 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{423 \text{ THB}}{15 \text{ kg}}\right) + 15 \text{ THB} \\ &= 248.7 \text{ THB} \end{aligned}$$



9.8 (1 คะแนน) มวลต่อโมล =  $3.0 \times 10^3$  g mol<sup>-1</sup> (0.5)

วิธีคำนวณ

จากสมการ  $\Pi = cRT = \frac{n}{V}RT = \frac{m}{MV}RT$  (0.2)

$$M = \frac{m}{\Pi V}RT$$

แทนค่า

$$M = \frac{(1.20 \text{ g}) \times (0.08206 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \times (27 + 273.15 \text{ K})}{\left(2.0 \text{ kPa} \times \frac{1 \text{ atm}}{101.325 \text{ kPa}}\right) \times \left(500 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ mL}}\right)} \quad (0.3)$$

ดังนั้น  $M = 2994.8 \text{ g mol}^{-1} \approx 3000 \text{ g mol}^{-1} = 3.0 \times 10^3 \text{ g mol}^{-1}$

(ถ้านักเรียนลืมเปลี่ยนหน่วยความดันและปริมาตร (หรือเปลี่ยนหน่วยผิด) หักจุดละ 0.1 คะแนน)

## คำตอบข้อที่ 10 (10 คะแนน)

10.1 (2.5 คะแนน) วัดอายุของตัวอย่างได้นานที่สุด

$$3.81 \times 10^4$$

ปี

(0.5)

(ตอบในรูป A.BC  $\times 10^n$ )

วิธีคำนวณ

เนื่องจากต้องการวัดอายุของตัวอย่างให้นานที่สุด ( $t_{\max}$ )

จึงใช้ปริมาณตัวอย่างมากที่สุด คือ 100 g

(0.5)

แต่ปริมาณ  $^{14}\text{C}$  น้อยที่สุดที่เครื่องมือตรวจวัดได้ เท่ากับ 1 pg

$$\text{ดังนั้น ความเข้มข้นต่ำสุดที่จะสามารถตรวจวัดได้คือ } \frac{1 \times 10^{-12} \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 10^{12} = 0.01 \text{ ppt}$$

(0.5)

การสลายตัวของ  $^{14}\text{C}$  เป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 จึงสามารถใช้สมการ

$$\ln[A]_t = -kt + \ln[A]_0$$

$$\text{และ } ^{14}\text{C} \text{ มีครึ่งชีวิต (half-life, } t_{1/2}) \text{ เท่ากับ 5730 ปี} = \frac{\ln 2}{k} \text{ ดังนั้น } k = 1.210 \times 10^{-4} \text{ ปี}^{-1}$$

(0.5)

แทนค่าทั้งหมดในสมการ จะได้

$$\begin{aligned} \ln(0.01 \text{ ppt}) &= -(1.210 \times 10^{-4} \text{ ปี}^{-1})t_{\max} + \ln(1 \text{ ppt}) \\ (1.210 \times 10^{-4} \text{ ปี}^{-1})t_{\max} &= 4.605 \end{aligned}$$

(0.5)

$$\text{ดังนั้น วัดอายุของตัวอย่างได้นานที่สุด (} t_{\max} \text{) = } 3.81 \times 10^4 \text{ ปี}$$

ซึ่งห่างไกลจากอายุของยุคไดโนเสาร์มาก (ครึ่งชีวิตของ  $^{14}\text{C}$  สั้นเกินไป)

10.2 (2 คะแนน) ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีที่ใช้ได้ควรมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ

(0.5)

☐  $4 \times 10^4$  ปี

☐  $4 \times 10^5$  ปี

☐  $4 \times 10^6$  ปี

☒  $4 \times 10^7$  ปี

☐  $4 \times 10^8$  ปี

☐  $4 \times 10^9$  ปี

☐  $4 \times 10^{10}$  ปี

☐  $4 \times 10^{11}$  ปี

วิธีคำนวณ

ยุคไดโนเสาร์อยู่ระหว่าง 252 ถึง 66 ล้านปีก่อน ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีที่มีค่าน้อยที่สุดที่สามารถใช้ได้ จึงควรพิจารณาจากเวลา 252 ล้านปี (โดยใช้ปริมาณสารและขีดจำกัดการวัดเท่าเดิม)

(0.5)

จาก

$$\ln[A]_t = -kt + \ln[A]_0$$

แทนค่าเวลาและความเข้มข้นในสมการ

$$\begin{aligned} \ln(0.01 \text{ ppt}) &= -k(2.52 \times 10^8 \text{ ปี}) + \ln(1 \text{ ppt}) \\ k &= 1.8 \times 10^{-8} \text{ ปี}^{-1} \end{aligned}$$

จะได้

(0.5)

และครึ่งชีวิต

$$(t_{1/2}) = \frac{\ln 2}{k} = \frac{\ln 2}{1.8 \times 10^{-8} \text{ ปี}^{-1}} = 3.8 \times 10^7 \text{ ปี}$$

(0.5)

นั่นคือ ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีที่สามารถใช้ได้ควรมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ  $4 \times 10^7$  ปี

10.3 (1 คะแนน) ไดโนเสาร์ที่ขุดค้นพบได้ในบริเวณดังกล่าวควรอยู่ในยุค

(1)

- ☐ ยุค Early Triassic (252–247 ล้านปีก่อน)
- ☐ ยุค Middle Triassic (247–237 ล้านปีก่อน)
- ☐ ยุค Late Triassic (237–201 ล้านปีก่อน)
- ☐ ยุค Early Jurassic (201–175 ล้านปีก่อน)
- ☐ ยุค Middle Jurassic (175–163 ล้านปีก่อน)
- ☐ ยุค Late Jurassic (163–145 ล้านปีก่อน)
- ☒ ยุค Early Cretaceous (145–100 ล้านปีก่อน)
- ☐ ยุค Late Cretaceous (100–66 ล้านปีก่อน)

วิธีคำนวณ

พิจารณาด้วย  $^{238}\text{U}$  การสลายตัวเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 จึงสามารถใช้สมการ

$$\ln[A]_t = -kt + \ln[A]_0$$

$^{238}\text{U}$  มีครึ่งชีวิต (half-life,  $t_{1/2}$ ) เท่ากับ  $4.47 \times 10^9$  ปี  $= (\ln 2)/k$  ดังนั้น  $k = 1.55 \times 10^{-10}$  ปี $^{-1}$

แทนปริมาณที่พบในธรรมชาติและที่ตรวจพบในสมการ จะได้

$$\ln(97.29\%) = -(1.55 \times 10^{-10} \text{ ปี}^{-1})t + \ln(99.28\%)$$

พบว่า

$$t = 1.31 \times 10^8 \text{ ปี (หรือ 131 ล้านปี)}$$

นั่นคือ อยู่ในยุค Early Cretaceous

หรือ

พิจารณาด้วย  $^{235}\text{U}$  การสลายตัวเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 จึงสามารถใช้สมการ

$$\ln[A]_t = -kt + \ln[A]_0$$

$^{235}\text{U}$  มีครึ่งชีวิต (half-life,  $t_{1/2}$ ) เท่ากับ  $7.04 \times 10^8$  ปี  $= (\ln 2)/k$  ดังนั้น  $k = 9.85 \times 10^{-10}$  ปี $^{-1}$

แทนปริมาณที่พบในธรรมชาติและที่ตรวจพบในสมการ จะได้

$$\ln(0.62\%) = -(9.85 \times 10^{-10} \text{ ปี}^{-1})t + \ln(0.71\%)$$

พบว่า

$$t = 1.38 \times 10^8 \text{ ปี (หรือ 138 ล้านปี)}$$

นั่นคือ อยู่ในยุค Early Cretaceous

10.4 (1.5 คะแนน) การสลายตัวปลดปล่อยอนุภาคแอลฟา จำนวน

6

อนุภาค

(0.5)

อนุภาคบีตา จำนวน

4

อนุภาค

(0.5)

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของ Po ที่เกิดขึ้น คือ

210

Po

(0.5)

84

ต้องถูกทั้งหมด

## วิธีคิด

กำหนดจำนวนอนุภาคแอลฟาและบีตาที่ปลดปล่อยคือ  $x$  และ  $y$  ตามลำดับ

จะได้ว่า  $x + y = 10$  (1)

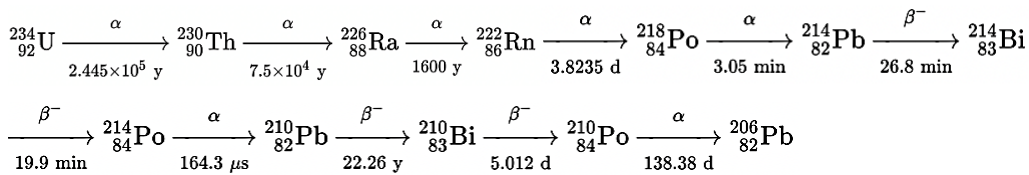
การสลายตัวจาก U ซึ่งมีเลขอะตอม 92 ได้ผลิตภัณฑ์เป็น Po ซึ่งมีเลขอะตอม 84 (ดูจากตารางธาตุ)  
(ทุกการปลดปล่อยแอลฟาเลขอะตอมลดลง 2 และทุกการปลดปล่อยบีตาเลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1)

จะได้ว่า  $92 - 84 = 8 = 2x - y$  (2)

แก้สมการ (1) และ (2) จะได้

$$x = 6 \text{ และ } y = 4$$

เลขมวลของ Po เท่ากับ  $234 - 6(4) = 210$



10.5 (3 คะแนน) จะมีปริมาณ  ${}^{234}\text{Pa}^*$  เหลืออยู่

0.011

g

(0.5)

(ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว)

## วิธีคำนวณ

การสลายตัวเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 และเกิดแบบแข่งขัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ  ${}^{234}\text{Pa}^*$  คือ

$$-\frac{d[{}^{234}\text{Pa}^*]}{dt} = k_{1.17\text{min}}[{}^{234}\text{Pa}^*] + k_{1.17\text{min}}[{}^{234}\text{Pa}^*] = 2k_{1.17\text{min}}[{}^{234}\text{Pa}^*] \quad (1)$$

จะได้ว่า

$$\ln({}^{234}\text{Pa}^*) = -2k_{1.17\text{min}}t + \ln({}^{234}\text{Pa}^*)_0 \quad (0.5)$$

$$\ln({}^{234}\text{Pa}^*) = -2k_{1.17\text{min}}t + \ln(115 \text{ g}) \quad (0.25)$$

$$\ln({}^{234}\text{Pa}^*) = -2\left(\frac{\ln 2}{1.17 \text{ min}}\right)t + \ln(115 \text{ g}) \quad (0.5)$$

$$\ln({}^{234}\text{Pa}^*) = -2(0.592)(7.8 \text{ min}) + 4.745 \quad (0.25)$$

$$\ln({}^{234}\text{Pa}^*) = -9.24 + 4.745$$

$$\ln({}^{234}\text{Pa}^*) = -4.50$$

$${}^{234}\text{Pa}^* = e^{-7.70}$$

$${}^{234}\text{Pa}^* = 0.011 \text{ g}$$

## คำตอบข้อที่ 11 (10 คะแนน)

## 11.1 (1.5 คะแนน) คำอธิบาย

$E_{\text{gap}}^{\text{bulk}}$	ช่องว่างระหว่างแถบพลังงาน (energy band gap) ของ bulk CdSe	(0.5)
$-\frac{3.6e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$	พลังงานศักย์ไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์ ระหว่าง อิเล็กตรอน (ประจุลบ) ใน conduction band กับ โฮล (ประจุบวก) ใน valence band	(0.5)
	มี dielectric constant $\epsilon$ เนื่องจากอันตรกิริยาขึ้นกับชนิดของวัสดุ (ไม่ใช่สุญญากาศ)	(0.5)

## 11.2 (1 คะแนน) สีของของแข็ง CdSe

- ☐ สีม่วง      ☐ สีคราม      ☐ สีนํ้าเงิน      ☐ สีเขียว      (0.5)  
☐ สีเหลือง      ☐ สีแสด      ☒ สีแดง      (1)

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J s})(2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})}{\left(1.74 \text{ eV} \times \frac{1.602 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}}\right)} = 713 \text{ nm}$$

11.3 (2.5 คะแนน) ขนาดของอนุภาค CdSe QDs = 2.3 nm (0.5)

วิธีคำนวณ

$$\Delta E \approx E_{\text{gap}}^{\text{bulk}} + \frac{h^2}{8\mu r^2}$$

Confinement energy: (0.5) (0.25)

$$\begin{aligned} \frac{h^2}{8\mu r^2} &= \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J s})(2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})}{(510 \times 10^{-9} \text{ m})} - \left(1.74 \text{ eV} \times \frac{1.602 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}}\right) \\ &= 3.90 \times 10^{-19} \text{ J} - 2.79 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.43 \text{ eV} - 1.74 \text{ eV} \\ &= 1.11 \times 10^{-19} \text{ J} = 0.69 \text{ eV} \end{aligned} \quad (0.25)$$

Reduced mass: (0.5)

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{0.13 \cdot m_e} + \frac{1}{0.45 \cdot m_e} = \left(\frac{0.45 + 0.13}{0.13 \cdot 0.45}\right) \frac{1}{m_e} \Rightarrow \mu = 0.10 \cdot m_e$$

Size of CdSe QDs: (0.5)

$$\frac{1}{r^2} = (1.11 \times 10^{-19} \text{ J}) \times \frac{8(0.10 \times 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg})}{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J s})^2} = 1.84 \times 10^{17} \text{ m}^{-2}$$

$$r^2 = 5.44 \times 10^{-18} \text{ m}^2$$

$$r = 2.33 \times 10^{-9} \text{ m} = 2.33 \text{ nm}$$

## 11.4 (1.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ

Capacitor potential energy:  $U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ ชาร์จด้วยอิเล็กตรอน 1 ตัว นั่นคือ ประจุ  $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ 

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{e^2}{2 \cdot 4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

(0.5)

$$U = \frac{(1.602 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{2 \times 4\pi(8.854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1})(6.20)r}$$

(0.5)

$$U = \frac{1.86 \times 10^{-29} \text{ J m}}{r} = \frac{0.116 \text{ eV}}{(r / \text{nm})}$$

(0.5)

หน่วย:  $1 \text{ V} = 1 \text{ J C}^{-1}$   $1 \text{ F} = 1 \text{ C V}^{-1}$ 

$$U = \frac{1}{2}QV \text{ และ } C = \frac{Q}{V}$$

$$\therefore U = \frac{1}{2}CV^2$$

11.5 (1.5 คะแนน) รัศมีของอนุภาค CdSe QDs ☒ เล็กกว่า

(0.25)

☐ ใหญ่กว่า

4.52

nm

(0.5)

วิธีคำนวณ

ที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) พลังงานความร้อน (thermal energy) มีค่าประมาณ

$$\Delta E = k_B T = \frac{(1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1})(298 \text{ K})}{(1.602 \times 10^{-19} \text{ J eV}^{-1})} = 25.7 \text{ meV}$$

(0.5)

พลังงานที่เพิ่มขึ้นในการชาร์จประจุที่ละตัวเทียบได้กับระดับพลังงานที่มีระยะห่างที่ละ  $U$  (ในข้อ 11.4)

ดังนั้น จะสังเกตปรากฏการณ์ทางควอนตัมได้ ... for the single electron effect to be observable

$$\frac{0.116 \text{ eV}}{(r / \text{nm})} \gg 25.7 \text{ meV @ 298 K}$$

(0.25)

$$r \ll 4.52 \text{ nm}$$

- 11.6 (2 คะแนน) ตัวแปรที่ต้องใช้ คือ ☐ ประจุ ( $Q$ ) ☐ กำลังไฟฟ้า ( $P$ ) ☐ แรงดันไฟฟ้า ( $V$ )  
 (0.5) ☒ ความจุ ( $C$ ) ☐ กระแสไฟฟ้า ( $I$ ) ☐ ความต้านทาน ( $R$ )

ค่าความต้านทาน ☒ ต่ำสุด

(0.25) ☐ สูงสุด

คือ

4.11

k $\Omega$  (0.5) *นัยสำคัญผิด -0.25*

วิธีคำนวณ

สูตรการคำนวณ  $\Delta t = R \cdot (?)$

... วิเคราะห์หน่วย

$$s = (V A^{-1}) \cdot [?]$$

(0.25)

$$[?] = (A s) \cdot V^{-1} = C \cdot V^{-1}$$

$$\therefore ? = \frac{Q}{V} = C$$

ดังนั้น ตัวแปรที่ต้องการ คือ ความจุ (capacitance)

Heisenberg Uncertainty Principle:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\left(\frac{e^2}{2C}\right) \cdot (RC) \geq \frac{\hbar}{2}$$

(0.25)

$$R \geq \frac{\hbar}{e^2} \sim 4.11 \text{ k}\Omega$$

(0.25)

