



# การแข่งขันเคมีโอลิมปิก สอวท. ครั้งที่ ๔

ณ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

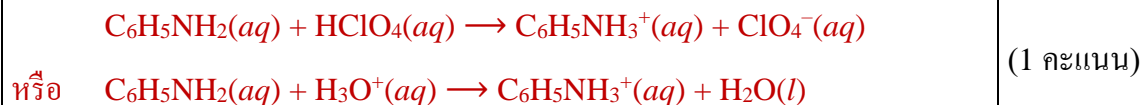
วันพฤหัสบดีที่ ๘ พฤษภาคม ๒๕๕๑

เวลา ๐๘.๓๐ - ๑๓.๓๐ น.

เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

## เฉลยข้อที่ 1 (9 คะแนน)

### 1.1 ก. สมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นคือ



ข. สารละลายผสมมี  $[\text{H}_3\text{O}^+] =$  0.0500 mol/L (0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2 คะแนน)

$$\text{mol C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 = (0.100 \text{ mol/L}) \left( \frac{20.00}{1000} \text{ L} \right) = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (0.5)$$

$$\text{mol HClO}_4 = (0.200 \text{ mol/L}) \left( \frac{20.00}{1000} \text{ L} \right) = 4.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (0.5)$$

$$\text{เหลือ HClO}_4 = 4.00 \times 10^{-3} - 2.00 \times 10^{-3} = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (0.5)$$

$$\text{ความเข้มข้นของ HClO}_4 \text{ ในสารละลายผสม} = \frac{2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}}{40.00 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.0500 \text{ mol/L} \quad (0.5)$$

$\text{HClO}_4$  เป็นกรดแก่ แตกตัว 100 % ดังนั้น  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.0500 \text{ mol/L}$

1.2 ก. จะถึงจุดสมมูลเมื่อเติมสารละลาย HCl = 25.00 mL (0.5 คะแนน)

ข. สารละลายที่จุดสมมูลมี pH = 2.96 (0.5 คะแนน)

วิธีคิด (3.5 คะแนน)

$$\text{mol C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+ \text{ ที่เกิดขึ้น} = (0.100 \text{ mol/L}) \left( \frac{25.00}{1000} \text{ L} \right) = 2.50 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (0.5)$$

$$\text{ความเข้มข้นของ C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+ = \frac{2.50 \times 10^{-3} \text{ mol}}{50.00 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.0500 \text{ mol/L} \quad (0.5)$$



$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.3 \times 10^{-10}} = 2.3 \times 10^{-5} \quad (0.5)$$

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+]} = K_a \quad (0.5)$$

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0.0500 - [\text{H}_3\text{O}^+]} = 2.3 \times 10^{-5} \quad (0.5)$$

เนื่องจาก  $C_0/K_a = 0.0500/2.3 \times 10^{-5}$  มีค่ามากกว่า 1000 ดังนั้น  $(0.0500 - [\text{H}_3\text{O}^+] \approx 0.0500)$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{0.0500 \times 2.3 \times 10^{-5}} \quad (0.5)$$

$$= 1.1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \quad (0.5)$$

$$= -\log (1.1 \times 10^{-3}) = 2.96$$

ค. อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการไทเทรตนี้คือ

☒ ไทมอลบลู   ☐ โบรโมครีซอลกรีน   ☐ เมทิลเรด   ☐ ฟีนอล์ฟทาลิน   (0.5 คะแนน)

ที่จุดยุติสารละลายเปลี่ยนสีจาก

สีเหลือง

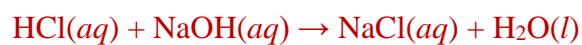
ไปเป็น

สีแดง (สีส้ม)

(0.5 คะแนน)

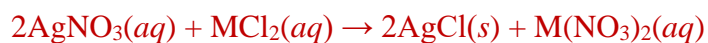
## เฉลยข้อที่ 2 (7.5 คะแนน)

2.1 สมการโมเลกุลแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 1 คือ



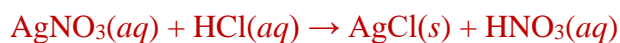
(0.5 คะแนน)

2.2 สมการโมเลกุลแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 2 คือ



(ถ้าไม่ดุลสมการให้ 0.25 คะแนน)

(0.5 คะแนน)



(0.5 คะแนน)

2.3 ความเข้มข้นของกรด HCl ในสารละลายผสม =

0.0200

mol/L

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

ความเข้มข้นของกรด HCl ในสารละลายผสม

$$\begin{aligned} &= 0.01600 \text{ L NaOH soln} \times \frac{0.0250 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L NaOH soln}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol NaOH}} \times \frac{1}{0.02000 \text{ L sample soln}} \\ &= 0.0200 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

2.4 ความเข้มข้นของ  $\text{MCl}_2$  ในสารละลายผสม = 0.0150 mol/L (0.5 คะแนน)

สารที่เหลือหลังจากทำปฏิกิริยาในการทดลองที่ 2 คือ  $\text{Ag}^+$  หรือ  $\text{AgNO}_3$  (0.5 คะแนน)

และมีเหลือเท่ากับ 0.00100 mol (0.5 คะแนน)

วิธีคิด (3 คะแนน)



จำนวนโมล  $\text{Cl}^-$  ในสารละลายผสม

$$= 0.0717 \text{ g AgCl} \times \frac{1 \text{ mol AgCl}}{143.4 \text{ g mol AgCl}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{1 \text{ mol AgCl}} = 0.000500 \text{ mol Cl}^- \quad (0.5)$$

จำนวนโมล  $\text{Ag}^+$  ที่เติม

$$= 0.01500 \text{ L AgNO}_3 \text{ soln} \times \frac{0.100 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ L AgNO}_3 \text{ soln}} = 0.00150 \text{ mol AgNO}_3 \quad (0.5)$$

$$\text{จะเห็นว่า } \text{mol AgNO}_3 > \text{mol Cl}^- \text{ ดังนั้นจึงมี } \text{AgNO}_3 \text{ เหลือ} = 0.00150 - 0.000500 \quad (0.5) \\ = \mathbf{0.00100 \text{ mol}}$$

โมล  $\text{Cl}^-$  ในสารละลายผสม = โมล  $\text{Cl}^-$  จาก  $\text{HCl}$  + โมล  $\text{Cl}^-$  จาก  $\text{MCl}_2$

$$\text{โมล Cl}^- \text{ จาก HCl} = 0.01000 \text{ L sample soln} \times \frac{0.0200 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L sample soln}} = 0.000200 \text{ mol Cl}^- \quad (0.5)$$

$$\text{ดังนั้น โมล Cl}^- \text{ จาก MCl}_2 = 0.000500 - 0.000200 = 0.000300 \text{ mol} \quad (0.5)$$



ความเข้มข้นของ  $\text{MCl}_2$  ในสารละลายผสม

$$= 0.000300 \text{ mol Cl}^- \times \frac{1 \text{ mol MCl}_2}{2 \text{ mol Cl}^-} \times \frac{1}{0.01000 \text{ L sample soln}} \quad (0.5)$$

$$= 0.0150 \text{ mol/L}$$

### เฉลยข้อที่ 3 (5 คะแนน)

3.1 สมการที่ดุลแสดงครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของ  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  คือ



(1 คะแนน)

3.2 จากรูปเซลล์อิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ในการชุบโครเมียมบนแผ่นโลหะ X

ก. ขั้วไฟฟ้าเฉื่อยทำหน้าที่เป็น ☒ แอโนด

☐ แคโทด

(0.5 คะแนน)

ข. ขั้วไฟฟ้าเฉื่อยต่อกับ ☒ ขั้วบวก ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

☐ ขั้วลบ ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

(0.5 คะแนน)

ค. ภายในเซลล์อิเล็กโทรไลต์นี้มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนผ่านลวดตัวนำจาก

☒ ขั้วไฟฟ้าเฉื่อย  $\rightarrow$  โลหะ X

☐ โลหะ X  $\rightarrow$  ขั้วไฟฟ้าเฉื่อย

(0.5 คะแนน)

3.3 จะต้องใช้เวลาในการชุบโครเมียม = 2.2 ชั่วโมง

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{ชุบ Cr หนา } 1.0 \times 10^{-2} \text{ mm บนพื้นที่ } 0.25 \text{ m}^2 \text{ คิดเป็นปริมาตร} &= (1.0 \times 10^{-3} \text{ cm})(0.25 \times 10^4 \text{ cm}^2) \\ &= 2.5 \text{ cm}^3 \end{aligned} \quad (0.5)$$

$$\text{ต้องการให้เกิด Cr} = (2.5 \text{ cm}^3) \left( \frac{7.19 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} \right) \left( \frac{1 \text{ mol}}{52.0 \text{ g}} \right) = 0.35 \text{ mol Cr} \quad (0.5)$$

$$\text{Coulombs} = (0.35 \text{ mol Cr}) \left( \frac{12 \text{ mol e}^-}{2 \text{ mol Cr}} \right) \left( \frac{1 \text{ F}}{1 \text{ mol e}^-} \right) \left( \frac{96,500 \text{ C}}{1 \text{ F}} \right) = 2.0 \times 10^5 \text{ C} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \text{Hours} &= (2.0 \times 10^5 \text{ C}) \left( \frac{1 \text{ A} \cdot \text{s}}{1 \text{ C}} \right) \left( \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) \left( \frac{1}{25.0 \text{ A}} \right) \\ &= 2.2 \text{ h} \end{aligned} \quad (0.5)$$

#### เฉลยข้อที่ 4 (5 คะแนน)

##### 4.1 สมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์คือ



(1 คะแนน)

##### 4.2 $\log K =$

126

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

$$\begin{aligned} E_{\text{cell}}^{\circ} &= E_{\text{cathode}}^{\circ} - E_{\text{anode}}^{\circ} \\ &= E_{\text{Fe}}^{\circ} - E_{\text{Al}}^{\circ} = (-0.44) - (-1.68) = +1.24 \text{ V} \end{aligned} \quad (0.5)$$

$$\log K = \frac{nE_{\text{cell}}^{\circ}}{0.0592}$$

$$\log K = \frac{(6)(+1.24 \text{ V})}{0.0592} \quad (0.5)$$

$$\log K = 126$$

##### 4.3 $\Delta G^{\circ}$ ของปฏิกิริยาในข้อ 4.1 =

-718

kJ

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\Delta G^{\circ} = -nFE_{\text{cell}}^{\circ}$$

$$\Delta G^{\circ} = -(6 \text{ mol } e^{-})(96,500 \text{ C/mol } e^{-})(+1.24 \text{ V})$$

$$\Delta G^{\circ} = -717,960 \text{ C} \cdot \text{V} = -717,960 \text{ J} = -718 \text{ kJ}$$

##### 4.4 ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ =

+1.26

V

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log \frac{[\text{Al}^{3+}]^2}{[\text{Fe}^{2+}]^3} \quad (0.5)$$

$$E_{\text{cell}} = +1.24 - \frac{0.0592}{6} \log \frac{(0.025)^2}{(0.50)^3} \quad (0.5)$$

$$E_{\text{cell}} = +1.24 - \frac{0.0592}{6} \log (5 \times 10^{-3}) = +1.24 - \frac{0.0592}{6} \times (-2.30)$$

$$E_{\text{cell}} = +1.24 + 0.022 = +1.26 \text{ V}$$



เฉลยข้อที่ 5 (5 คะแนน)

- 5.1 การละลายของ  $\text{Co}(\text{OH})_3$  ในน้ำ =  $1.6 \times 10^{-23}$  mol/L (0.5 คะแนน)  
วิธีคิด (1.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}\text{Co}(\text{OH})_3 &\rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 3 \text{OH}^- \quad K_{\text{sp}} = 1.6 \times 10^{-44} \\ \text{ให้การละลาย} &= s \text{ mol/L} ; \quad [\text{Co}^{3+}] = s \text{ mol/L} \\ [\text{OH}^-] &= [\text{OH}^-]_{\text{จากตะกอน}} + [\text{OH}^-]_{\text{จากน้ำ}} = (3s + 1.0 \times 10^{-7}) \text{ mol/L} \quad (0.5) \\ \text{สมมติว่า } 3s &\ll 1.0 \times 10^{-7} \text{ เพราะ } K_{\text{sp}} \text{ มีค่าน้อยมาก ดังนั้น } (3s + 1.0 \times 10^{-7}) \cong 1.0 \times 10^{-7} \\ K_{\text{sp}} &= [\text{Co}^{3+}][\text{OH}^-]^3 \quad (0.5) \\ &= (s)(1.0 \times 10^{-7})^3 = 1.6 \times 10^{-44} \quad (0.5) \\ s &= \frac{1.6 \times 10^{-44}}{1.0 \times 10^{-21}} = 1.6 \times 10^{-23} \text{ mol/L}\end{aligned}$$

- 5.2 การละลายของ  $\text{Co}(\text{OH})_3$  ในสารละลาย pH 9.00 =  $1.6 \times 10^{-29}$  mol/L (0.5 คะแนน)  
วิธีคิด (1.5 คะแนน)

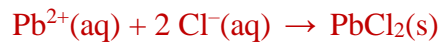
$$\begin{aligned}\text{สารละลายมี pH } 9.00; & \text{ pOH} = 14.00 - 9.00 = 5.00; [\text{OH}^-]_{\text{จากน้ำ}} = 1.00 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \quad (0.5) \\ \text{ให้การละลาย} &= s \text{ mol/L} ; \quad [\text{Co}^{3+}] = s \text{ mol/L}, [\text{OH}^-] = (3s + 1.0 \times 10^{-5}) \text{ mol/L} \quad (0.5) \\ \text{สมมติว่า } 3s &\ll 1.0 \times 10^{-5} \text{ เนื่องจาก } K_{\text{sp}} \text{ มีค่าน้อยมาก ดังนั้น } (3s + 1.0 \times 10^{-5}) \cong 1.0 \times 10^{-5} \\ K_{\text{sp}} &= [\text{Co}^{3+}][\text{OH}^-]^3 \\ &= (s)(1.0 \times 10^{-5})^3 = 1.6 \times 10^{-44} \quad (0.5) \\ s &= \frac{1.6 \times 10^{-44}}{1.0 \times 10^{-15}} = 1.6 \times 10^{-29} \text{ mol/L}\end{aligned}$$

- 5.3 การเติมกรดจะเพิ่มการละลายของ  $\text{Co}(\text{OH})_3$  ☒ ได้ ☐ ไม่ได้ (0.5 คะแนน)  
เพราะ

กรดจะทำปฏิกิริยากับ  $\text{OH}^-$  ทำให้ความเข้มข้นของ  $\text{OH}^-$  ลดลง ระบบเสียสมดุล ระบบจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ  $\text{OH}^-$  นั่นคือ เกิดการละลายของ  $\text{Co}(\text{OH})_3$  มากขึ้น (0.5 คะแนน)

เฉลยข้อที่ 6 (5 คะแนน)

6.1 สมการแสดงปฏิกิริยาการเกิดตะกอนสีขาว เมื่อหยดสารละลาย HCl ลงไปในชั้นตอน ก



(0.5 คะแนน)

6.2 ชนิดของไอออนโลหะที่พบในสารละลายแต่ละส่วน (A, B, และ C)



(3 คะแนน)

สารละลาย A

สารละลาย B

สารละลาย C

หมายเหตุ - ชนิดไอออนถูก ชนิดละ 0.5 คะแนน

- ตำแหน่งไอออนถูก ตำแหน่งละ 0.5 คะแนน

6.3 สูตรเคมีของตะกอนสีขาวที่เกิดขึ้นเมื่อหยดสารละลาย  $\text{NH}_3$  ลงไปในสารละลาย A



(0.5 คะแนน)

(ตอบเฉพาะสูตร  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  ให้ 0.5 คะแนน โดยไม่ต้องเขียนสมการแสดงปฏิกิริยา)

6.4 หากหยดสารละลาย  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ลงในสารละลาย B จะ (ให้เลือกคำตอบและเติมข้อความ) (0.5 คะแนน)

☒ ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพใด ๆ

☐ สารละลายเปลี่ยนสี เป็นสี

☐ เกิดตะกอนสี

6.5 หากหยดสารละลาย  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ลงในสารละลาย C จะ (ให้เลือกคำตอบและเติมข้อความ) (0.5 คะแนน)

☐ ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพใด ๆ

☐ สารละลายเปลี่ยนสี เป็นสี

☒ เกิดตะกอนสี

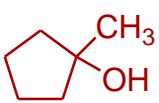
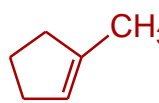
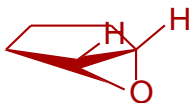


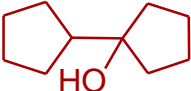
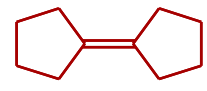
ขาว

- ตอบว่า เกิดตะกอน ได้ 0.25 คะแนน

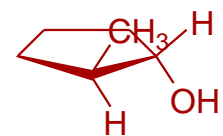
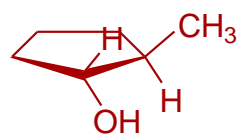
- ตอบว่า ตะกอนสีขาว ได้อีก 0.25 คะแนน (ไม่จำเป็นต้องเขียนสูตรเคมีของตะกอน  $\text{PbSO}_4$ )

เฉลยข้อที่ 7 (15.5 คะแนน)

7.1 (7.5 คะแนน) สูตรโครงสร้างของ B, C, G, J, H, K, และ L เป็นดังนี้

 <p>(1)</p> <p><b>B</b></p>	 <p>(1)</p> <p><b>C</b></p>	 <p>(1.5 ไม่แสดงสเตอริโอเคมีหัก 0.5)</p> <p><b>G</b></p>
 <p>(1)</p> <p><b>H</b></p>	 <p>(1)</p> <p><b>J</b></p>	 <p>(1)</p> <p><b>K</b></p>
 <p>(1)</p> <p><b>L</b></p>		

7.2 (2 คะแนน) สูตรโครงสร้างและสเตอริโอเคมีของ E และ F เป็นดังนี้

 <p><b>E</b></p>	 <p><b>F</b></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

ถ้าเขียนสูตรโครงสร้างสลับกันระหว่าง E และ F แต่เขียนสเตอริโอเคมีตรงกันข้าม ได้เต็ม 2 คะแนน  
 เขียนถูก 1 ตัว ได้ 1.5 คะแนน  
 ถ้าเขียนสูตรโครงสร้างโดยไม่ระบุสเตอริโอเคมี ได้ 0.5 คะแนน

7.3 (1 คะแนน) ตำแหน่งของสาร A คือ ☒ จุดที่ 1 ☐ จุดที่ 2

#### 7.4 (1 คะแนน) นักเรียนคิดว่าเป็นเช่นนั้นเพราะ

ในกรณีที่สารมีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกันมาก แอลกอฮอล์จะมีความเป็นขั้วมากกว่าคีโตน  
(มีความเกี่ยวข้องกับพันธะไฮโดรเจน)

#### 7.5 (1 คะแนน)

ค่า  $R_f$  ของจุดที่ 1 คือ

**0.70**  
(ทศนิยม 1 หรือ 2 ตำแหน่งก็ได้ แต่ถ้าตอบ 0.75 จะได้ศูนย์เพราะคิดมาจาก 9/12)

#### 7.6 (1 คะแนน)

ค่า  $R_f$  ของจุดที่ 1 จะ ☒ มากขึ้น ☐ เท่าเดิม ☐ น้อยลง

#### 7.7 (2 คะแนน)

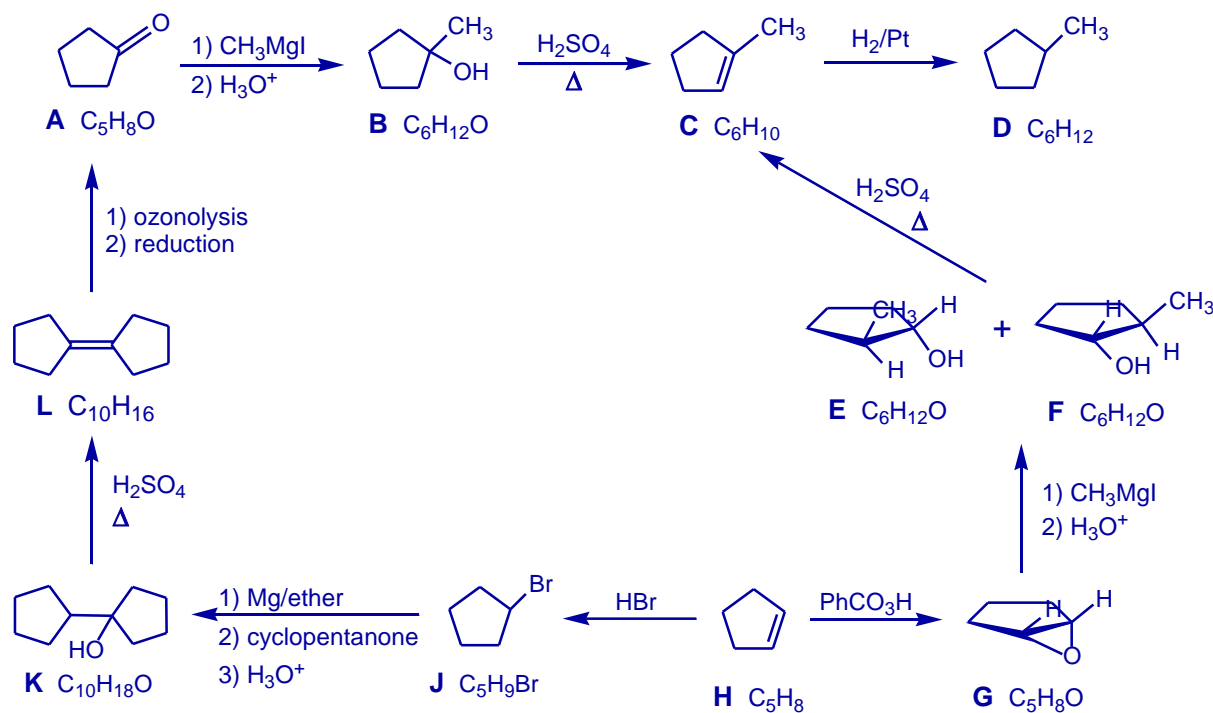
การเปลี่ยนแปลงของสารจากจุดที่ 1

เห็นตะกอนสีส้ม / เหลือง

การเปลี่ยนแปลงของสารจากจุดที่ 2

ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

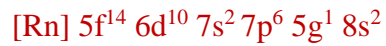
แผนภาพรวมสำหรับอาจารย์ผู้ตรวจ



### เฉลยข้อที่ 8 (8 คะแนน)

---

8.1 โครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุตัวแรกในอนุกรม hypotransition คือ



(1 คะแนน)

8.2 จำนวนธาตุในอนุกรม hypotransition

18 ธาตุ

(0.5 คะแนน)

8.3 จำนวนธาตุที่มีสมบัติเป็น diamagnetic และ โครงสร้างอิเล็กตรอนใน g ออร์บิทัลของธาตุเหล่านั้น

1 ธาตุ และมีโครงสร้างอิเล็กตรอนใน g ออร์บิทัลเป็น  $5g^{18}$

(1 คะแนน)

8.4 จำนวนอิเล็กตรอนใน g ออร์บิทัล

7 และ 11

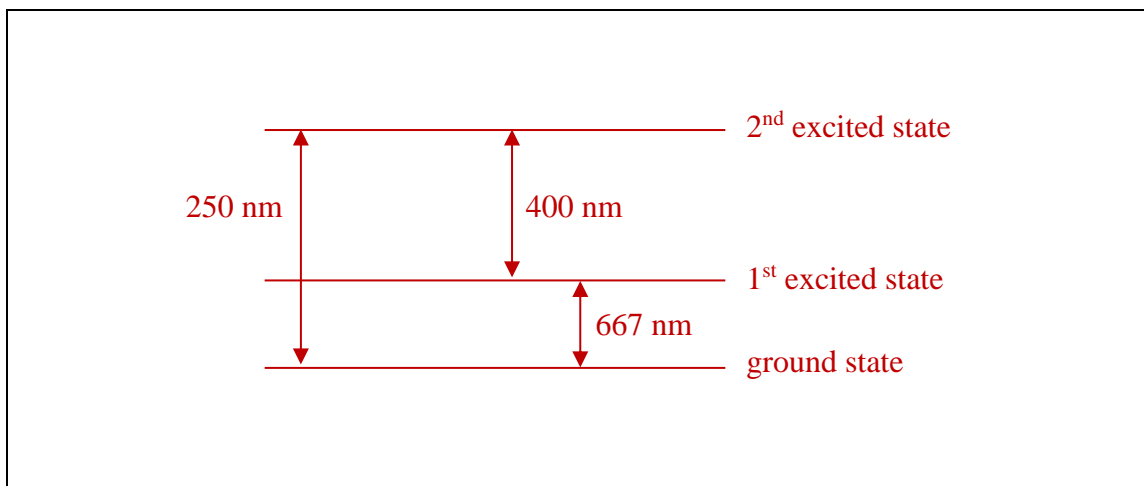
(1 คะแนน)

8.5 จำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยวนมากที่สุด

9 หรือ 10 อิเล็กตรอน

(0.5 คะแนน)

**8.6** แผนภาพแสดงระดับพลังงาน (เขียนช่วงความยาวคลื่นกำกับที่เส้นระดับพลังงานด้วย) (2 คะแนน)



**8.7** ระดับพลังงานของสถานะกระตุ้นสูงกว่าระดับพลังงานของสถานะพื้น

15,000  $\text{cm}^{-1}$  และ 40,000  $\text{cm}^{-1}$  (1 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$\begin{aligned} \text{excited state 1} &= \frac{1}{667 \times 10^{-7} \text{ cm}} \\ &= 15,000 \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{excited state 2} &= \frac{1}{250 \times 10^{-7} \text{ cm}} \\ &= 40,000 \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**8.8** ระดับพลังงานของสถานะกระตุ้นที่ 1 อยู่ต่ำกว่าสถานะกระตุ้นที่ 2

25,000  $\text{cm}^{-1}$  (0.5 คะแนน)

## เฉลยข้อที่ 9 (5 คะแนน)

### 9.1 จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมด

(1 คะแนน)

จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของ $O_2^{2-}$ =	14	อิเล็กตรอน
จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของ $O_2^-$ =	13	อิเล็กตรอน
จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของ $O_2$ =	12	อิเล็กตรอน
จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของ $O_2^+$ =	11	อิเล็กตรอน

### 9.2 การกระจายอิเล็กตรอนในโมเลกูลาร์ออร์บิทัลตามลำดับพลังงาน

(2 คะแนน)

แสดงการกระจายอิเล็กตรอนใน MO energy level diagram พร้อมทั้งบอกสัญลักษณ์ของออร์บิทัล

สัญลักษณ์ ออร์บิทัล	$O_2^+$	$O_2$	$O_2^-$	$O_2^{2-}$
(1)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)

(ผิดตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งได้ 0)

### 9.3 เปรียบเทียบความยาวพันธะ

(0.5 คะแนน)



**9.4** เปรียบเทียบพลังงานพันธะ

(0.5 คะแนน)



**9.5** บอกสมบัติทางแม่เหล็ก

(1 คะแนน)

$\text{O}_2^+$	$\text{O}_2$	$\text{O}_2^-$	$\text{O}_2^{2-}$
paramagnetic	paramagnetic	paramagnetic	diamagnetic



## เฉลยข้อที่ 10 (5 คะแนน)

### 10.1 ของแข็งที่มีความหนาแน่นมากกว่า

คือ ☒ ผลึก  $\text{SiO}_2$  ☐  $\text{SiO}_2$  ออสันฐาน (0.5 คะแนน)

เพราะ อนุภาคใกล้กันมากกว่า มีจำนวนอนุภาคใน 1 หน่วยปริมาตรมากกว่า (0.5 คะแนน)

### 10.2

#### 10.2.1 จำนวนอะตอมของทองแดงและทองคำในแต่ละหน่วยเซลล์

จำนวนอะตอมของทองแดง เท่ากับ 3 อะตอม (0.5 คะแนน)

จำนวนอะตอมของทองคำ เท่ากับ 1 อะตอม (0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

ทองแดงอยู่ที่จุดกึ่งกลางหน้า  $= 6 \times 1/2 = 3$  อะตอม

ทองคำอยู่ที่มุม  $= 8 \times 1/8 = 1$  อะตอม

10.2.2 ชนิดของโครงสร้างผลึก คือ face centered cubic หรือ FCC (1 คะแนน)

10.2.3 โลหะผสมนี้เป็นทองคำ 12 กระรัต (0.5 คะแนน)

ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

1 หน่วยเซลล์มีทองคำ 1 อะตอม ทองแดง 3 อะตอม

น้ำหนักทั้งหมด  $= 197.0 + (3 \times 63.5) = 197.0 + 190.5 = 387.5 \text{ g/mol}$

% ทองคำในโลหะผสม  $= \frac{197.0}{387.5} \times 100 = 50.8 \%$

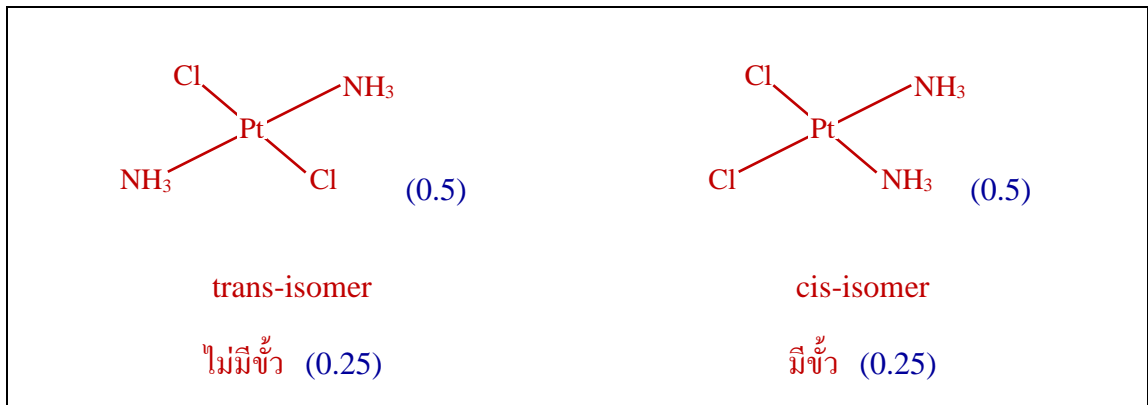
100 % คิดเป็นทองคำ 24 กระรัต

50.8 % คิดเป็นทองคำ  $= \frac{24 \times 50.8}{100} = 12.19$  กระรัต

เฉลยข้อที่ 11 (5 คะแนน)

11.1 โครงสร้างของสารเชิงซ้อนทั้งสองไอโซเมอร์และสภาพขั้ว

(1.5 คะแนน)



11.2 ชื่อสารเชิงซ้อนตามระบบ IUPAC (เขียนเป็นภาษาอังกฤษ)

(1 คะแนน)

diamminedichloroplatinum(II)

11.3 ไฮบริไดเซชัน

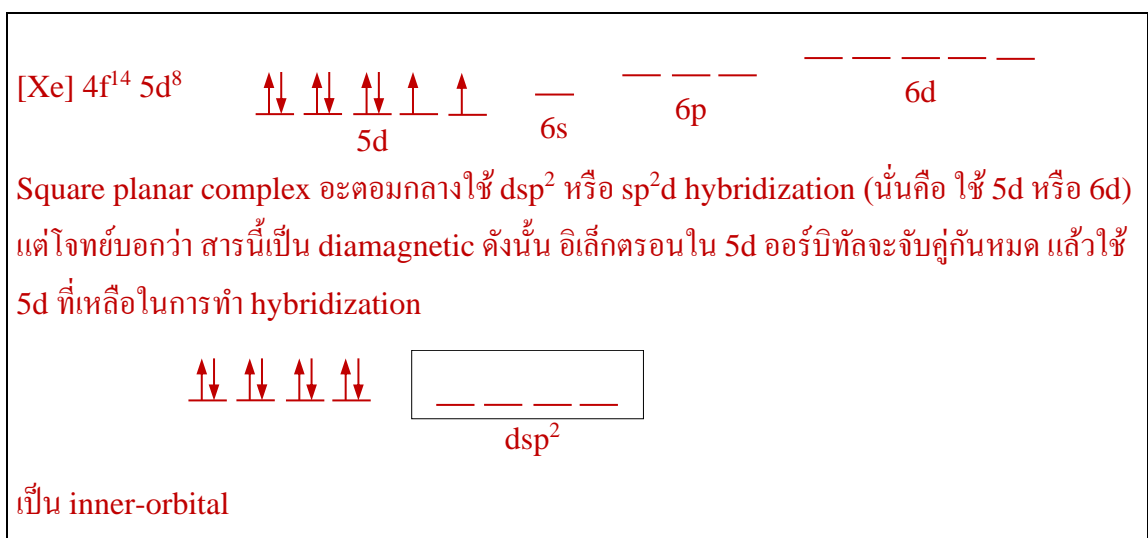
$dsp^2$

(0.5 คะแนน)

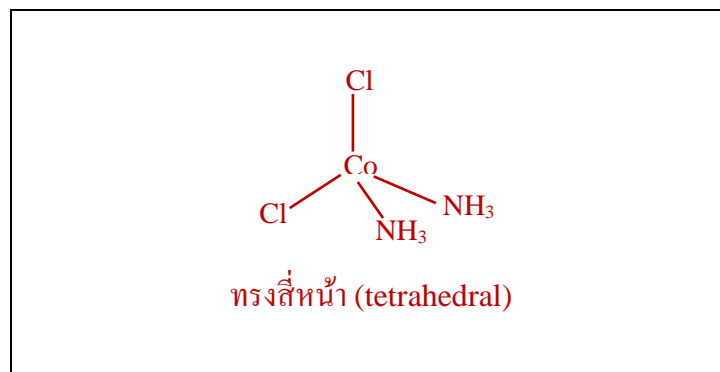
เป็น ☒ inner orbital ☐ outer orbital

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)



#### 11.4 โครงสร้าง



(0.5 คะแนน)

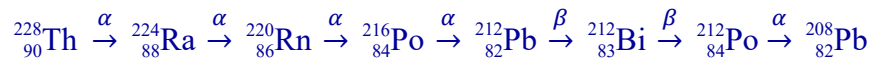
## เฉลยข้อที่ 12 (5 คะแนน)

### 12.1 สัญลักษณ์นิวเคลียร์

(2 คะแนน)



(1 คำตอบ 1 คะแนน, 2 คำตอบ 1.5 คะแนน, 3 คำตอบ 2 คะแนน)



### 12.2

เหลือ  $\text{ThO}_2$  =

0.0679

g

(0.5 คะแนน)

น้ำหนักสารที่เหลือ =

2.40

g

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

น้ำหนักสารที่เหลือ ~  $\text{ThO}_2$  ที่เหลือ +  $\text{PbO}_2$  ที่เกิด

$$2.303 \log \frac{N_0}{N} = kt = \frac{0.693}{t_{1/2}} t$$

แทนค่า  $2.303 \log \frac{1.00 \times 10^{-2}}{N} = \frac{0.693}{1.90 \text{ yr}} \times 10 \text{ yr}$

$$-2.000 - \log N = \frac{0.693 \times 10}{2.303 \times 1.90}$$

$$\log N = -2.000 - \frac{0.693 \times 10}{2.303 \times 1.90} = -3.584$$

$$N = 2.61 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

น้ำหนัก  $^{228}\text{ThO}_2$  ที่เหลือ =  $2.61 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 260.0 \text{ g/mol} = \mathbf{0.0679 \text{ g}}$  (0.5)

จำนวนโมล  $^{228}\text{ThO}_2$  ที่หายไป =  $1.00 \times 10^{-2} - 2.61 \times 10^{-4} \text{ mol}$  = จำนวนโมล  $\text{PbO}_2$  ที่เกิด

คิดเป็นน้ำหนัก  $\text{PbO}_2$  ที่เกิด =  $(1.00 \times 10^{-2} - 2.61 \times 10^{-4}) \text{ mol} \times 239.2 \text{ g/mol} = 2.33 \text{ g}$

ดังนั้น น้ำหนักสารที่เหลือหลัง 10 ปี =  $0.0679 + 2.33 = \mathbf{2.40 \text{ g}}$  (0.5)

### 12.3 จากข้อ 12.2 ถ้าสารตัวอย่างถูกเก็บไว้ในบรรยากาศที่ขั้วโลก น้ำหนักที่คำนวณได้

ไม่แตกต่าง เพราะการแตกสลายตัวนี้ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

(1 คะแนน)

## เฉลยข้อที่ 13 (9 คะแนน)

13.1 เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภท ☒ ดูดความร้อน ☐ คายความร้อน (0.25 คะแนน)

การเปลี่ยนแปลง enthalpy ของปฏิกิริยา ( $\Delta H^\circ$ ) = +177.8 kJ (0.25 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ &= \Delta H_f^\circ(\text{CaO} + \text{CO}_2) - \Delta H_f^\circ(\text{CaCO}_3) \\ &= (-635.6 - 393.5) - (-1,206.9) \\ &= 177.8 \text{ kJ}\end{aligned}$$

13.2 การเปลี่ยนแปลง entropy ของปฏิกิริยา ( $\Delta S^\circ$ ) = 160.5 J/K (0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta S^\circ &= S^\circ(\text{CaO} + \text{CO}_2) - S^\circ(\text{CaCO}_3) \\ &= (39.8 + 213.6) - (92.9) \\ &= 160.5 \text{ J/K}\end{aligned}$$

13.3 การเปลี่ยนแปลง free energy ของปฏิกิริยา ( $\Delta G^\circ$ ) = 130.0 kJ (0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \\ &= (177.8 \times 1000) - (298 \times 160.5) \\ &= 129,971 \text{ J} = 130.0 \text{ kJ}\end{aligned}$$

13.4 ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเอง ☐ ได้ ☒ ไม่ได้ (0.25 คะแนน)

เพราะ

$\Delta G^\circ$  เป็นบวก

(0.25 คะแนน)

13.5 ต้องใช้อุณหภูมิ มากกว่า 834.8 °C (1 คะแนน)

(ถ้าไม่เขียนว่า มากกว่า ให้ 0.5 คะแนน, 834.8 °C ให้ 0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2 คะแนน)

$\Delta H^\circ$  และ  $\Delta S^\circ$  คงที่ ดังนั้น  $\Delta H = \Delta H^\circ$  และ  $\Delta S = \Delta S^\circ$

ที่ภาวะสมดุล  $\Delta G = 0$  (0.5)

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$  (0.5)

$0 = (177.8 \times 1000) - (T \times 160.5)$

$T = 1,107.8 \text{ K}$  (0.5)

$= 834.8 \text{ }^\circ\text{C}$  (จะคิดโดยใช้ 273 หรือ 273.15 ก็ได้) (0.5)

ภาวะสมดุลเกิดที่อุณหภูมิ 834.8 °C

ต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 834.8 °C จึงจะเกิดปฏิกิริยา

13.6  $\Delta G^\circ$  ของปฏิกิริยา =

-2,442 J หรือ -2.442 kJ

(0.5 คะแนน)

ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเอง



ได้



ไม่ได้

(0.5 คะแนน)

เพราะ

$\Delta G^\circ$  เป็นลบ

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

เมื่อใช้อุณหภูมิ 850 °C หรือ  $273 + 850 = 1123$  K

(0.5)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$= (177.8 \times 1000) - (1123 \times 160.5)$$

(0.5)

$$= -2,441.5 \text{ J หรือ } -2.442 \text{ kJ}$$

ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเองได้ เพราะ  $\Delta G^\circ$  เป็นลบ

เลขข้อที่ 14 (15 คะแนน)

14.1 ปฏิริยาสุทธิ



(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)



14.2 สารตัวกลางในปฏิริยา (intermediate) คือ

C

(0.25 คะแนน)

เพราะ

เกิดขึ้นและหายไป

(0.25 คะแนน)



14.3 กฎอัตราของปฏิกิริยาคือ rate =

$$k_2 \cdot \frac{k_1}{k_{-1}} \frac{[A][B][E]}{[D]}$$

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2 คะแนน)

กฎอัตราของปฏิกิริยาคิดจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

$$\text{rate} = k_2 [C][E] \quad (1)$$

อัตราการเกิดสารตัวกลาง C = อัตราการหายไปของสารตัวกลาง C

$$\text{หรือ} \quad k_1 [A][B] = k_{-1} [C][D] + k_2 [C][E] \quad (0.5)$$

เนื่องจากสมการ (2) เกิดซ้ำ  $k_2 [C][E]$  ตัดทิ้งได้

$$k_1 [A][B] = k_{-1} [C][D]$$

$$[C] = \frac{k_1}{k_{-1}} \frac{[A][B]}{[D]} \quad (0.5)$$

แทนค่า [C] ในกฎอัตรา (rate law) ได้

$$\text{rate} = k_2 \cdot \frac{k_1}{k_{-1}} \frac{[A][B][E]}{[D]}$$

14.4 ค่าคงที่สมดุล ( $\ln K$ ) = 3.3 (0.5 คะแนน)

เอนทาลปี ( $\Delta H$ ) = 8.3 kJ/mol (0.5 คะแนน)

ปฏิกิริยานี้เป็นแบบ ☐ ดูดความร้อน ☒ คายความร้อน (0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2.5 คะแนน)

ให้  $E_a^F$  = พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาไปข้างหน้า

$E_a^R$  = พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาย้อนกลับ

$$\text{ค่าคงที่สมดุล } K = \frac{k_1}{k_{-1}} = \frac{Ae^{-E_a^F/RT}}{Ae^{-E_a^R/RT}} \quad (0.5)$$

โจทย์บอกว่า A ของปฏิกิริยาไปข้างหน้า = A ของปฏิกิริยาย้อนกลับ

$$K = e^{(E_a^R - E_a^F)/RT} \quad (0.5)$$

หรือ  $\ln K = \frac{E_a^R - E_a^F}{RT}$

$$\ln K = \frac{(45.4 - 37.1) \times 1000}{8.314 \times 300} = \frac{8.3 \times 1000}{8.314 \times 300} \quad (0.5)$$

$$\ln K = 3.3 \quad (0.5)$$

$$\Delta H = E_a^R - E_a^F = 45.4 - 37.1 = 8.3 \text{ kJ/mol} \quad (0.5)$$

เนื่องจาก  $E_a^R > E_a^F$  จึงเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

14.5 ปฏิกิริยานี้เกิดเอง ☐ ได้ ☒ ไม่ได้ (0.5 คะแนน)

เนื่องจาก

$$\Delta G > 0$$

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= -RT \ln K \\ &= -(8.314 \text{ J/K}\cdot\text{mol})(300 \text{ K})\left(\frac{8.3 \times 1000}{8.314 \times 300}\right) = -8300 \text{ J/mol}\end{aligned}\quad (1)$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{[D]^2}{[A][B][E]}$$

$$= -8300 \text{ J/mol} + (8.314 \text{ J/K}\cdot\text{mol})(300 \text{ K}) \ln \frac{(6.0 \times 10^{-3})^2}{(6.0 \times 10^{-5})(3.0 \times 10^{-4})(2.0 \times 10^{-3})}$$

$$= -8300 \text{ J/mol} + (2494.2) \ln 10^6 \text{ J/mol} \quad (1)$$

$$= 26158.6 \text{ J/mol หรือ } 26 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G > 0 \text{ แสดงว่า ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเองไม่ได้จากซ้ายไปขวา} \quad (0.5)$$

14.6 อุณหภูมิมีค่า =

315

K

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (3 คะแนน)

$$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}}$$

ที่อุณหภูมิแรก ( $T_1$ ) = 300 K      ค่าคงที่อัตรา =  $k_1$

$E_a$  (จากข้อ 14.4) = 37.1 kJ/mol

ที่อุณหภูมิที่สอง ( $T_2$ ) = ? K      ค่าคงที่อัตรา =  $k_2 = 2k_1$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{k_1}{2k_1} = \frac{Ae^{-E_a/RT_1}}{Ae^{-E_a/RT_2}} \quad (1)$$

$$e^{\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} = \frac{1}{2}$$

$$\ln e^{\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} = \ln \frac{1}{2}$$

$$\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{300} \right) = \ln \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{T_2} = \left( \ln \frac{1}{2} \right) \left( \frac{R}{E_a} \right) + \left( \frac{1}{300} \right) \quad (2)$$

$$\frac{1}{T_2} = \left( \ln \frac{1}{2} \right) \left( \frac{8.314}{37100} \right) + \left( \frac{1}{300} \right) = 3.178 \times 10^{-3}$$

$$T_2 = \frac{1}{3.178 \times 10^{-3}} = 314.66 \text{ K}$$

**เฉลยข้อที่ 15 (3 คะแนน)**

เตาต้องให้ความร้อน	633	kJ	(0.5 คะแนน)
เวลาที่ใช้	20.9	นาที	(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (2 คะแนน)

$$\begin{aligned}
 q &= 200 \times [(2.09 \times 35.0) + 333 + (4.18 \times 100.0) + 2,260 + (2.00 \times 40.0)] & (1) \\
 &= 632830 \text{ J} = 632.83 \text{ kJ} \\
 \text{เตาให้ความร้อนด้วยอัตรา} &= 500 \text{ J/s} = 0.500 \text{ kJ/s} \\
 \therefore \text{เวลาที่ใช้} &= \frac{632.83 \text{ kJ}}{0.500 \text{ kJ/s}} = 1265.66 \text{ วินาที} \\
 &= \frac{1265.66}{60} = 20.9 \text{ นาที} & (1)
 \end{aligned}$$

**เฉลยข้อที่ 16 (3 คะแนน)**

งานที่ทำโดยบอลลูน =  $-1.23$  L·atm (0.5 คะแนน)

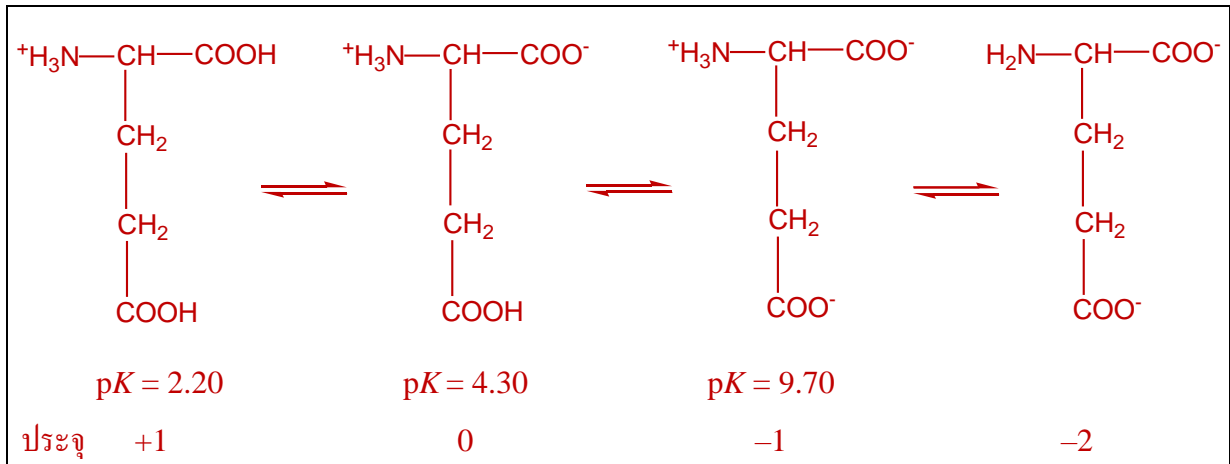
วิธีคิด (2.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}
 W &= -P\Delta V \\
 &= -P [V_{30^\circ\text{C}} - V_{15^\circ\text{C}}] & (1) \\
 PV &= nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} & (0.5) \\
 W &= -P \left( \frac{nRT_{30^\circ\text{C}}}{P} - \frac{nRT_{15^\circ\text{C}}}{P} \right) = -(nRT_{30^\circ\text{C}} - nRT_{15^\circ\text{C}}) \Bigg\} & (1) \\
 &= -[1 \times 0.082 \times (273 + 30) - 1 \times 0.082 \times (273 + 15)] \\
 &= -1.23 \text{ L}\cdot\text{atm}
 \end{aligned}$$

เฉลยข้อที่ 17 (6.5 คะแนน)

17.1 ปฏิบัติการแตกตัวของกรดกลูตามิกจาก pH ต่ำไปสูง

(1 คะแนน)



ค่า pI (isoelectric point) =

3.25

(0.5 คะแนน)

17.2 การสังเคราะห์ไตรเปปไทด์จากกรดอะมิโน 3 ตัว คือ Alanine (A), Tyrosine (Y) และ Lysine (K) สามารถสร้างไตรเปปไทด์ได้

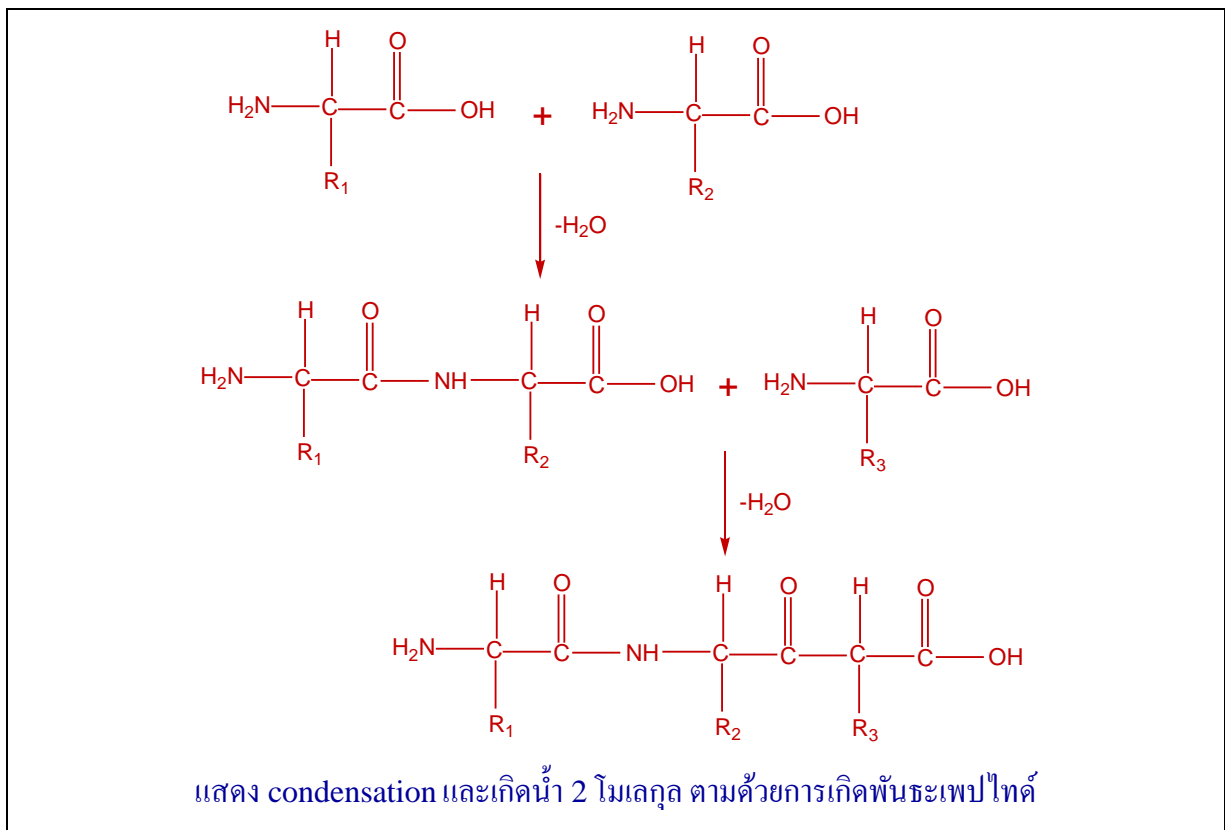
6

ชนิด

(0.5 คะแนน)

ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดไตรเปปไทด์ AYK

(1 คะแนน)



### 17.3

17.3.1 หมู่ฟังก์ชัน ก. ที่ pI คือ

$\text{NH}_3^+$

(0.5 คะแนน)

17.3.2 หมู่ฟังก์ชัน ข. ที่ pI คือ

$\text{COO}^-$

(0.5 คะแนน)

17.3.3 แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง ค. และ ง. เรียกว่า

Electrostatic force หรือ  
Ionic bond

(0.5 คะแนน)

17.3.4 ค. เป็นกรดอะมิโนประเภท

Basic

(0.5 คะแนน)

ตัวอย่างเช่น (บอก 1 ชนิด)

Lys, Arg หรือ His

(0.5 คะแนน)

17.3.5 ง. เป็นกรดอะมิโนประเภท

Acidic

(0.5 คะแนน)

ตัวอย่างเช่น (บอก 1 ชนิด)

Glu หรือ Asp

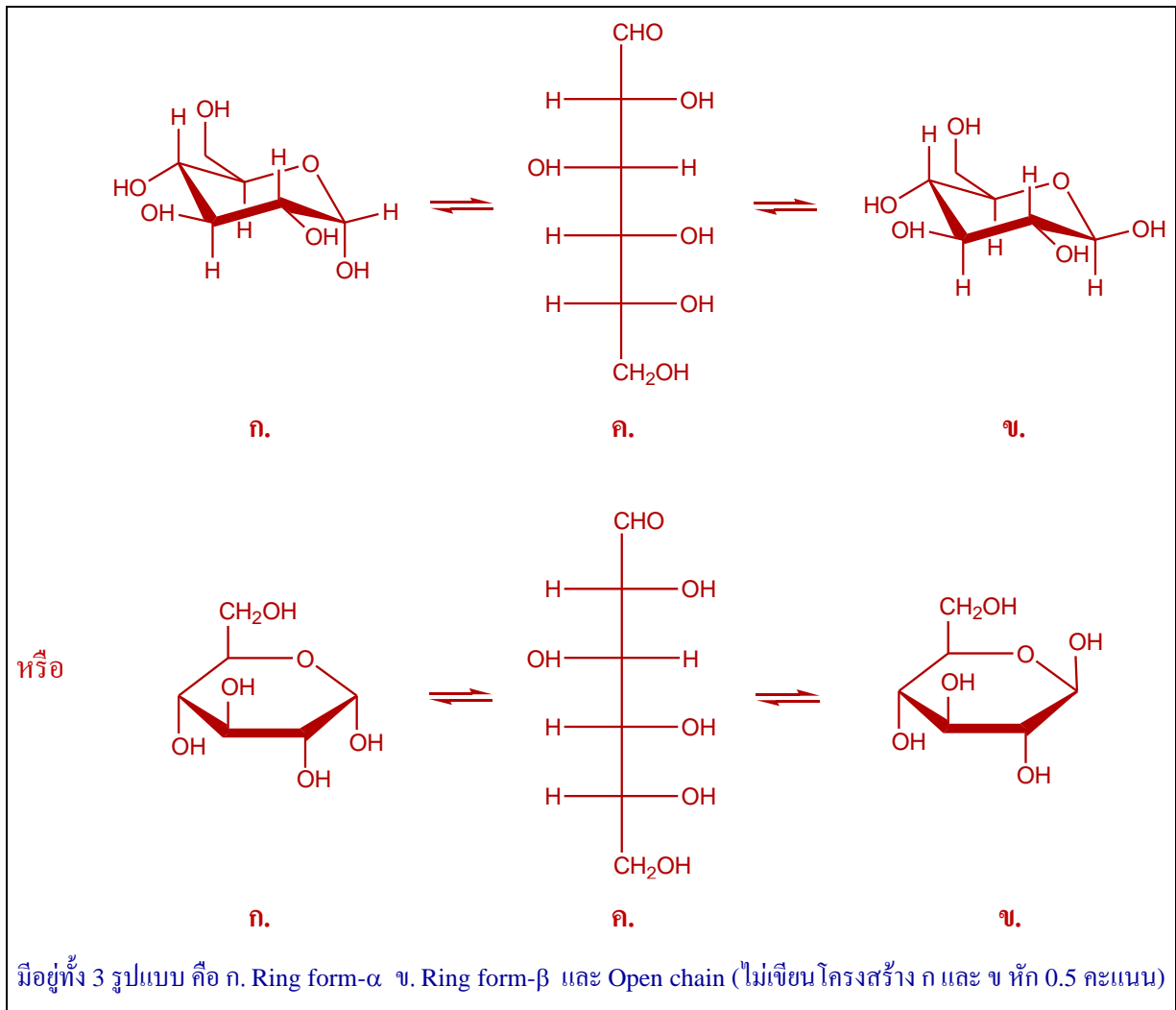
(0.5 คะแนน)



## เฉลยข้อที่ 18 (2 คะแนน)

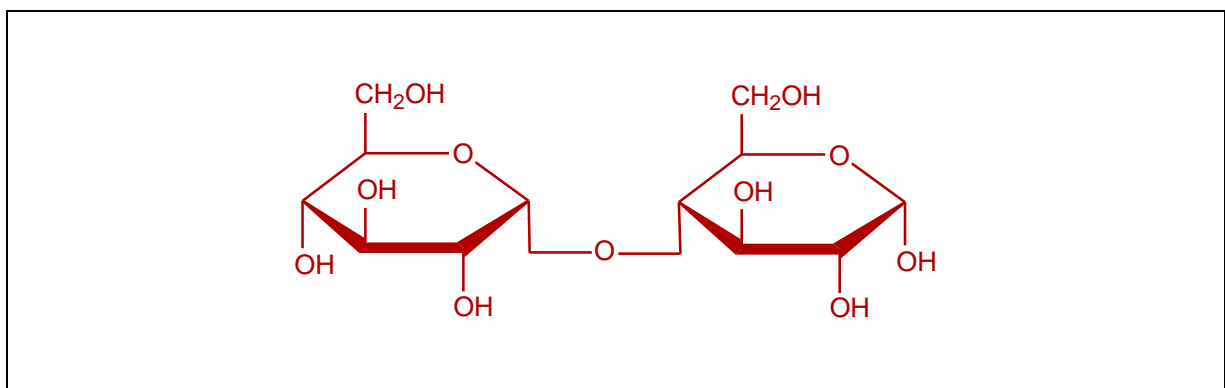
### 18.1 กลูโคสจะอยู่ในรูป

(1.5 คะแนน)



### 18.2 สูตรโครงสร้างของ maltose แบบ Haworth

(0.5 คะแนน)



**เฉลยข้อที่ 19 (1.5 คะแนน)**

**19.1** ลำดับกรดไขมันเรียงตามความสามารถในการฟอกสีโบรมีนจากมากไปน้อย (0.5 คะแนน)

Linolenic acid > Oleic acid > Stearic acid

**19.2** ปฏิกิริยาการฟอกสีโบรมีน (โดยเลือกจากกรดไขมัน 1 ตัว) (1 คะแนน)

