

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 8

ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

วันเสาร์ที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2555

เวลา 08.30 – 13.30 น.

เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

คำตอบข้อที่ 1 (14.5 คะแนน)

1.1

ความเข้มข้นของสาร 4-NP ในน้ำตัวอย่าง = $\frac{798}{(760-820 \text{ ก็ได้})}$ mg/L (0.5 คะแนน)

ตอบเลขจำนวนเต็ม

molar absorptivity (ϵ) ของสาร 4-NP = $\frac{306 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}}{(290-320 \text{ ก็ได้})}$ (0.5 คะแนน)

ตอบเลขจำนวนเต็มและระบุหน่วย

วิธีคิดความเข้มข้นสาร 4-NP ในน้ำตัวอย่าง (2.5 คะแนน)

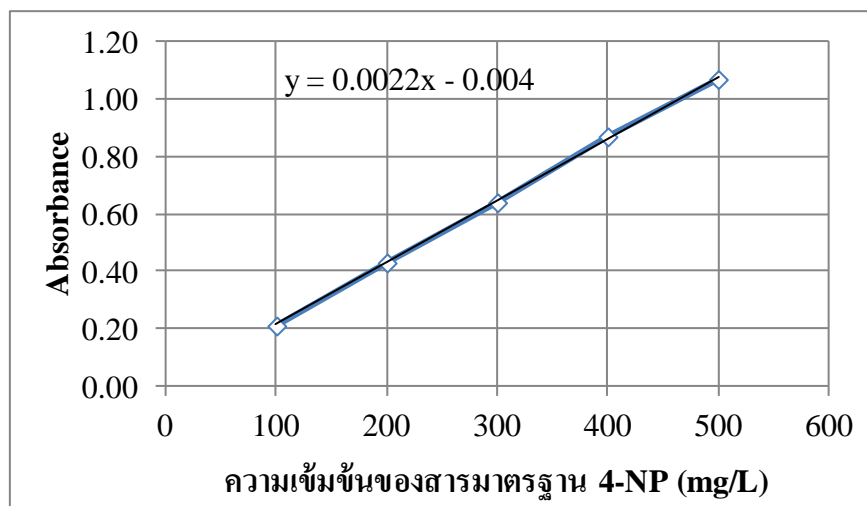
ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน 4-NP เริ่มต้น = $\frac{0.2500 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 2500 \text{ mg/L}$ (0.5 คะแนน)

ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน 4-NP ในขวดที่ 1 = $\frac{2500 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} = 100 \text{ mg/L}$

ตารางค่า Absorbance ของสารมาตรฐาน 4-NP (0.5 คะแนน)

ขวดที่	ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน 4-NP (mg/L)	Absorbance
1	100	0.21
2	200	0.43
3	300	0.64
4	400	0.87
5	500	1.07

กราฟมาตรฐานของสาร 4-NP (0.5 คะแนน)



จากกราฟ ค่า Absorbance ของส่วนสกัดคลอโรฟอร์ม = 0.83 ปริมาณสาร 4-NP = 379 mg/L (0.5 คะแนน)

ส่วนสกัดนี้ปริมาตร 10.00 mL ประสิทธิภาพในการสกัด 95 % จากน้ำตัวอย่าง 5.00 mL

ความเข้มข้นสาร 4-NP ในน้ำตัวอย่าง = $\frac{379 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times \frac{10 \text{ mL}}{5 \text{ mL}} \times \frac{100}{95} = 798 \text{ mg/L}$ (0.5 คะแนน)

วิธีคิด molar absorptivity (ϵ) ของสาร 4-NP (1 คะแนน)

จาก $A = \epsilon bc$

ϵb = ความชันจากกราฟมาตรฐาน (0.5 คะแนน)

ϵ = ความชันจากกราฟมาตรฐาน (โจทย์กำหนด $b = 1 \text{ cm}$)

$\epsilon = 0.0022 \text{ L mg}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

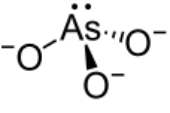
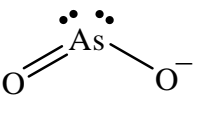
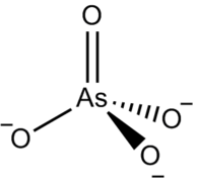
เปลี่ยนหน่วย ϵ ให้เป็น $\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

มวลโมเลกุลของสาร 4-NP (4-nitrophenol) = 139.0 g/mol

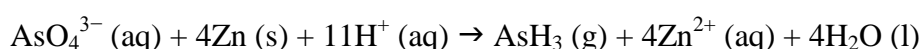
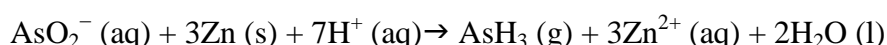
$\epsilon = 0.0022 \times \frac{\text{L}}{\text{mg} \cdot \text{cm}} \times \frac{139.0 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 306 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (0.5 คะแนน)

1.2

(3.5 คะแนน)

สูตรเคมีของไอออน AsO_x^{y-} (ระบุ x, y เป็นตัวเลข)	ภาพโครงสร้างที่แสดงรูปร่าง ไอออน	ชื่อเรียกรูปร่าง	เลขออกซิเดชัน ของ As
AsO_3^{3-} หรือ AsO_2^- (0.5 คะแนน) ตอบแบบใดก็ได้	 หรือ  (0.5 คะแนน)	พีระมิดฐานสามเหลี่ยม (Trigonal pyramidal) หรือ มุมงอ (Bent) (0.5 คะแนน)	+3 (0.25 คะแนน)
AsO_4^{3-} (0.5 คะแนน)	 (0.5 คะแนน)	ทรงสี่หน้า (Tetrahedral) (0.5 คะแนน)	+5 (0.25 คะแนน)

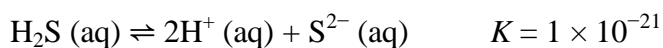
1.3 สมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างพวงสังกะสีกับ AsO_x^{y-} ในสารละลายกรด (ตอบโดยระบุตัวเลขแทน x และ y ในสูตรเคมี) (2 คะแนน)



(การตรวจให้คะแนนสมการละ 1 คะแนน ตรวจให้คะแนนเฉพาะสมการของ AsO_3^{3-} หรือ AsO_2^- และ AsO_4^{3-} เท่านั้น ดูสมการผิดหักสมการละ (0.5 คะแนน)

1.4 pH ต่ำที่สุดจากการคำนวณที่ทำให้ As_2S_3 ตกตะกอน = 7.56 (0.5 คะแนน)
(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคิด (2.5 คะแนน)



$$\frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1 \times 10^{-21} \quad \text{แทนค่า } [\text{H}_2\text{S}] = 0.1 \text{ mol/L} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

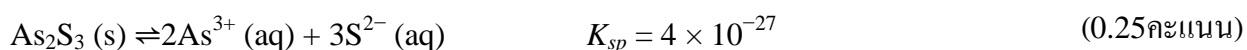
$$\text{จะได้ } \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{0.1} = 1 \times 10^{-21}$$

$$[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}] = 1 \times 10^{-22} \quad [\text{H}^+] = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-22}}{[\text{S}^{2-}]}} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$[\text{H}^+]^2 = \frac{1 \times 10^{-22}}{[\text{S}^{2-}]}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log \sqrt{\frac{1 \times 10^{-22}}{[\text{S}^{2-}]}}$$

$$[\text{As}] = [\text{As}^{3+}] = \frac{100 \text{ mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol}}{74.9 \text{ g}} = 1.3 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$



คำนวณ $[\text{S}^{2-}]$ ที่ต่ำที่สุดที่ทำให้ As^{3+} ตกตะกอนเป็น As_2S_3 (0.5 คะแนน)

$$[\text{As}^{3+}]^2[\text{S}^{2-}]^3 = 4 \times 10^{-27}$$

$$(1.3 \times 10^{-3})^2 [\text{S}^{2-}]^3 = 4 \times 10^{-27}$$

$$[\text{S}^{2-}]^3 = \frac{4 \times 10^{-27}}{(1.3 \times 10^{-3})^2} = 2.37 \times 10^{-21}$$

$$[\text{S}^{2-}] = \sqrt[3]{2.37 \times 10^{-21}} = 1.33 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

pH ที่ต่ำที่สุดที่ทำให้ As^{3+} ตกตะกอนเป็น As_2S_3 (0.5 คะแนน)

$$\text{pH} = -\log \sqrt{\frac{1 \times 10^{-22}}{1.33 \times 10^{-7}}} = -\log \sqrt{7.5 \times 10^{-16}} = -\log (2.74 \times 10^{-8})$$

$$\text{pH} = 7.56$$

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติครั้งที่ 8

1.5

ต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา =

3

ชั่วโมง

(0.5 คะแนน)

(ตอบเลขจำนวนเต็ม)

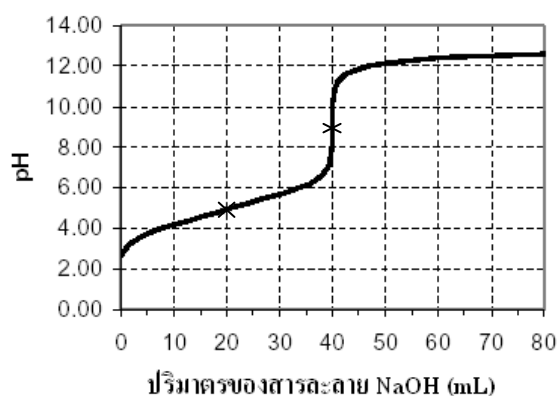
วิธีคิด (1 คะแนน)

จากข้อ 1.1 ความเข้มข้นเริ่มต้นของสาร 4-NP ในน้ำ ≈ 800 mg/L

$800 \text{ mg/L} \xrightarrow{30 \text{ min}} 400 \text{ mg/L} \xrightarrow{30 \text{ min}} 200 \text{ mg/L} \xrightarrow{30 \text{ min}} 100 \text{ mg/L} \xrightarrow{30 \text{ min}} 50 \text{ mg/L}$
 $\xrightarrow{30 \text{ min}} 25 \text{ mg/L} \xrightarrow{30 \text{ min}} 12.5 \text{ mg/L}$
 ต้องใช้เวลาทั้งหมด 6 ครั้งชีวิต ($6 \times 30 \text{ min} = 180 \text{ min}$)

คำตอบข้อที่ 2 (11 คะแนน)

2.1 ทำเครื่องหมาย “x” ที่จุดสมมูลของการไทเทรตไว้ที่เส้นกราฟ



(0.5 คะแนน)

ระบุ 2 จุด

(0.5 คะแนน)

ระบุ 1 จุด

(0.25 คะแนน)

2.2 อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ

Thymol blue

(0.5 คะแนน)

2.3 สารละลายกรดชนิดนี้คือ

Succinic acid หรือ $C_4H_6O_4$

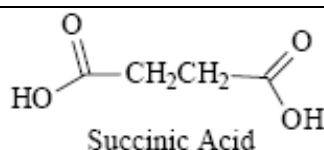
(2 คะแนน)

เหตุผล

จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดและกราฟพบว่าจุดสมมูลของการไทเทรตมีสองช่วง
คือเมื่อใช้ NaOH ปริมาตร 20.00 และ 40.00 mL ตามลำดับ
 pK_{a1} = ค่า pH ของสารละลาย เมื่อใช้ NaOH ปริมาตร 10.00 mL (pH ~ 4)
 pK_{a2} = ค่า pH ของสารละลาย เมื่อใช้ NaOH ปริมาตร 30.00 mL (pH ~ 5)

(2 คะแนน)

โครงสร้างของกรดชนิดนี้คือ



(1 คะแนน)

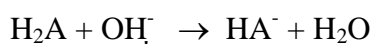
2.4 pH ของสารละลายที่ได้จากการคำนวณ =

3.73

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคำนวณ (2.5 คะแนน)

เนื่องจาก $C_4H_6O_4$ เป็น diprotic acid แทนด้วย H_2A 

$$\text{mol } H_2A \text{ ที่เหลือในสารละลาย} = (0.100 \text{ mol/L}) \left[\frac{20.00 \text{ L}}{1000} \right] - (0.100 \text{ mol/L}) \left[\frac{5.00 \text{ L}}{1000} \right]$$

$$= 1.50 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{ความเข้มข้นของ } H_2A \text{ ที่เหลือในสารละลาย} = \frac{1.50 \times 10^{-3} \text{ mol}}{(20.00 + 5.00)/1000 \text{ L}} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\begin{aligned} \text{mol } HA^- \text{ ที่เกิดขึ้นในสารละลาย} &= 0.0600 \text{ mol/L} \\ &= (0.100 \text{ mol/L}) \times \frac{5.00 \text{ L}}{1000} \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0.50 \times 10^{-3} \text{ mol} \\ \text{ความเข้มข้นของ } HA^- \text{ ที่เกิดขึ้นในสารละลาย} &= \frac{0.50 \times 10^{-3} \text{ mol}}{(20.00 + 5.00)/1000 \text{ L}} \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \end{aligned}$$

$$= 0.0200 \text{ mol/L}$$

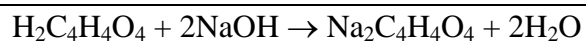
จากสมการ Henderson-Hasselbach (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pK}_a + \log \frac{[HA^-]}{[H_2A]} \\ &= 4.21 + \log \frac{[0.0200]}{[0.0600]} \\ &= 3.73 \end{aligned}$$

2.5 ร้อยละโดยมวลของกรดในของแข็งตัวอย่าง = 17.7 (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคำนวณ (1.5 คะแนน)



$$\% \text{ succinic acid} = 15.00 \text{ mL NaOH} \times \frac{0.100 \text{ mol NaOH}}{1000 \text{ mL NaOH}} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4}{2 \text{ mol NaOH}} \quad (0.50 \text{ คะแนน})$$

$$\times \frac{118 \text{ g H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\times \frac{1}{25.00 \text{ mL sample}} \times \frac{250.0 \text{ mL sample}}{5.00 \text{ g sample}} \times 100 \quad (0.50 \text{ คะแนน})$$

$$= 17.7 \%$$

คำตอบข้อที่ 3 (16 คะแนน)

3.1 ระหว่างการสังเคราะห์สาร A ต้องทำในระบบที่มีออกซิเจนมากเกินไป เพราะ

เพื่อให้ rxn ออกซิเดชันดำเนินไปข้างหน้า โดย Co^{3+} ไม่เกิดเป็น Co^{2+} กลับมา

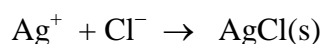


(1 คะแนน)

ไม่จำเป็นต้องใส่สมการ // ถ้าตอบแค่ทำให้เกิด oxidation ให้ 0.5 คะแนน

3.2

สมการไอออนิกแสดงปฏิกิริยาการไทเทรตระหว่างสารประกอบโคออร์ดิเนชัน A กับ AgNO_3 คือ



(0.5 คะแนน)

ค่า pAg ที่จุดสมมูล =

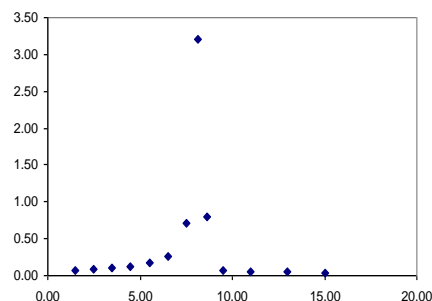
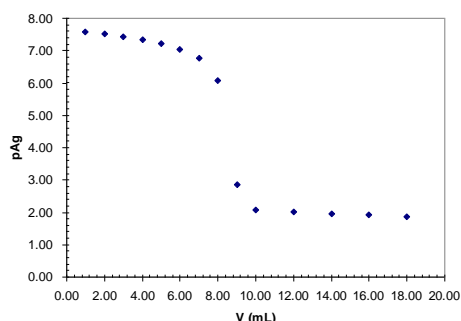
4.87

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1.5 คะแนน)

วิธีที่ 1 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า pAg ในแนวแกน y กับปริมาตรของสารละลาย AgNO_3 ในแนวแกน x แล้วหาจุดที่มีความชันสูงสุดจากกราฟ (จะหาจากกราฟ first derivative ก็ได้)



ระบุแกน x (0.25 คะแนน) แกน y (0.25 คะแนน) ลักษณะกราฟและแสดงวิธีหาจุดสมมูลในกราฟ

(1 คะแนน)

วิธีที่ 2 อาศัยการคำนวณจากหลักการที่ว่า ที่จุดสมมูล Ag^+ ทำปฏิกิริยากับ Cl^- พอดี สารละลายที่ได้เสมือนการละลายตะกอน AgCl ซึ่งตะกอน AgCl จะแตกตัวให้ Ag^+ และ Cl^- ด้วยจำนวนโมลเท่ากัน จะได้ $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-]$ (0.5 คะแนน)

ค่าความเข้มข้นของ Ag^+ คำนวณจาก Ksp ดังนี้

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K_{sp}$$

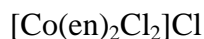
$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = (K_{sp})^{1/2} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{pAg} = \frac{1}{2} \text{pK}_{sp} = \frac{1}{2} (-\log 1.82 \times 10^{-10}) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$= 4.87$$

3.3 ชื่อภาษาอังกฤษและสูตรของสาร A ที่เขียนส่วนของสารเชิงซ้อนอย่างชัดเจน

สูตร A



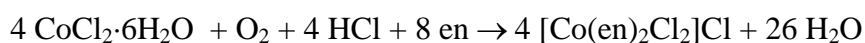
(0.5 คะแนน)

ชื่อ A

dichlorobis(ethylenediamine)cobalt(III) chloride

(1 คะแนน)

สมการเคมีที่แสดงการสังเคราะห์สารประกอบโคออร์ดิเนชัน A



(1 คะแนน)

วิธีคิดการหาสูตร A (2 คะแนน)

สารประกอบโคออร์ดิเนชัน A ละลายน้ำ แล้วได้ Cl^- ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับ AgNO_3 ได้

โดยปริมาตร AgNO_3 ที่จุดสมมูล = 8.25 mL (ดูจากกราฟไทเทรต)

และจากปฏิกิริยาการไทเทรต $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$ จะได้

$$\text{mol Cl}^- = \text{mol Ag}^+ = \frac{0.0500 \text{ mol Ag}^+}{1000 \text{ mL AgNO}_3} \times 8.25 \text{ mL AgNO}_3 \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 4.125 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\text{คิดเป็นน้ำหนักคลอไรด์} = \frac{35.5 \text{ g Cl}^-}{1 \text{ mol Cl}^-} \times 4.125 \times 10^{-4} \text{ mol Cl}^- \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.01464 \text{ g} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\% \text{Cl}^- \text{ โดยน้ำหนัก} = \frac{0.01464 \text{ g Cl}^-}{0.1177 \text{ g A}} \times 100 = 12.44\% \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

สูตรของสารประกอบโคออร์ดิเนชัน A ที่เป็นไปได้ มีดังนี้ $[\text{Co}(\text{en})_2\text{Cl}_2]\text{Cl}$ และ $[\text{Co}(\text{en})_3]\text{Cl}_3$

$$\% \text{Cl}^- \text{ โดยน้ำหนักของ } [\text{Co}(\text{en})_2\text{Cl}_2]\text{Cl} = (35.5/285.4) \times 100 = 12.44\% \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\% \text{Cl}^- \text{ โดยน้ำหนักของ } [\text{Co}(\text{en})_3]\text{Cl}_3 = (3 \times 35.5/345.4) \times 100 = 30.83\% \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

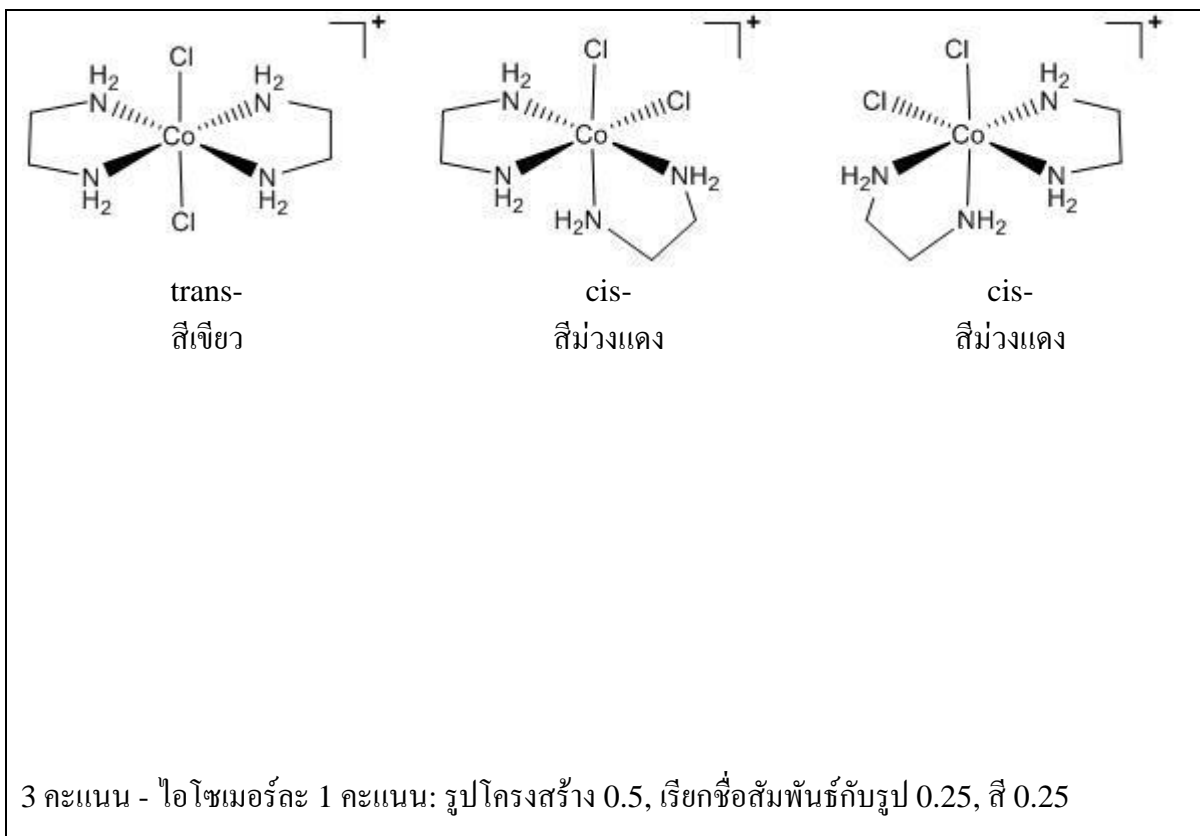
และจาก % Cl^- โดยน้ำหนัก ทำให้ทราบว่า สูตรของสารประกอบโคออร์ดิเนชัน A คือ $[\text{Co}(\text{en})_2\text{Cl}_2]\text{Cl}$

หรือ อาจตอบโดยใช้ข้อมูล stereoisomer ก็ได้ เนื่องจากสารเชิงซ้อน $[\text{M}(\text{en})_x\text{Cl}_y]$ ที่มีทั้ง diastereoisomer และ คู่ enantiomer คือ $[\text{M}(\text{en})_2\text{Cl}_2]$ เท่านั้น (2 คะแนน)

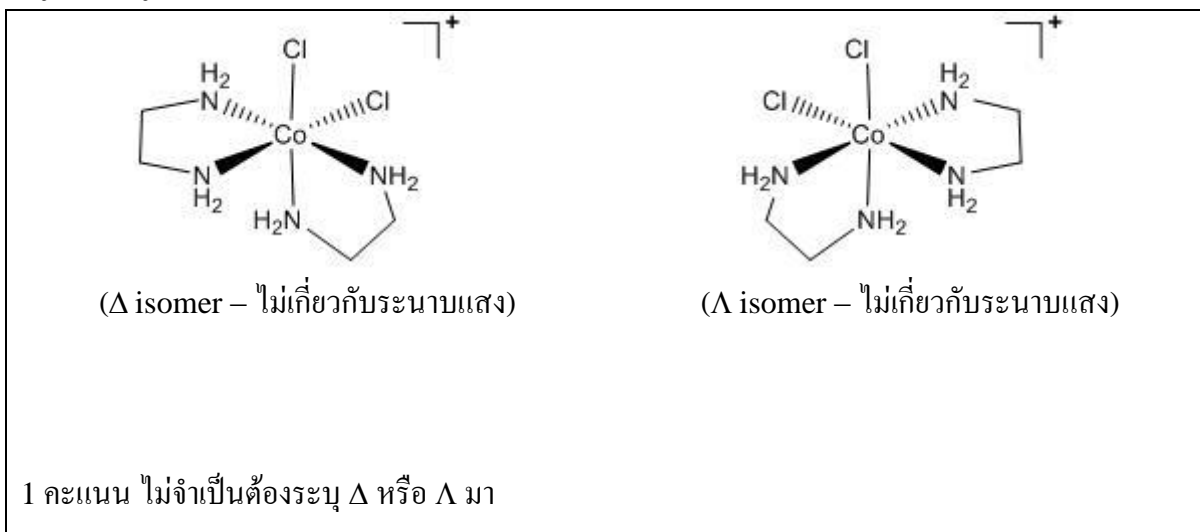
3.4

จำนวน stereoisomer ทั้งหมดของสาร **A** = 3 (0.5 คะแนน)

รูปแสดงไอโซเมอร์ ชื่อไอโซเมอร์และสี (3 คะแนน)

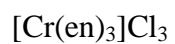


รูปแสดงคู่ enantiomer (1 คะแนน)



3.5

สูตรโมเลกุลของสาร X



(0.5 คะแนน)

สาร Y

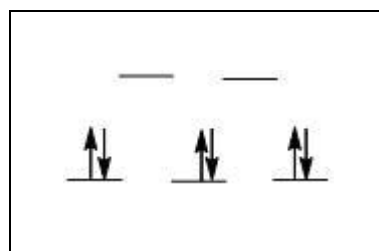
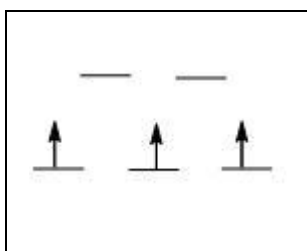
สาร Z

อะตอมกลาง

Cr

Co

(1 คะแนน)

แผนภาพแสดงระดับ
พลังงานของ d-orbital

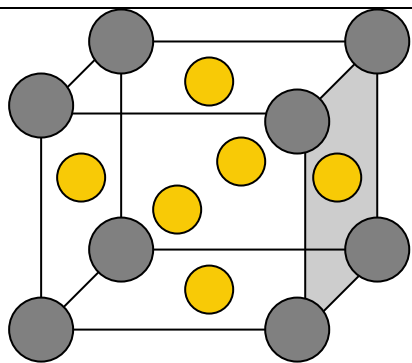
(2 คะแนน)

คำตอบข้อที่ 4 (6 คะแนน)

4.1

ร้อยละโดยโมลของตะกั่ว = 25 (0.5 คะแนน)

วิธีคิด ให้วาดรูปหน่วยเซลล์ประกอบการคำนวณ (1.5 คะแนน)



(0.75 คะแนน)

จากรูป อะตอมที่มุมคือ ตะกั่ว

$$\text{มีจำนวนคิดเป็นของหน่วยเซลล์} = 8 \times \frac{1}{8} = 1 \text{ อะตอม}$$

อะตอมที่กึ่งกลางหน้าคือ ทองคำ (0.25 คะแนน)

$$\text{มีจำนวนคิดเป็นของหน่วยเซลล์} = 6 \times \frac{1}{2} = 3 \text{ อะตอม}$$

(0.25 คะแนน)

$$\text{ในหน่วยเซลล์มีอะตอมของตะกั่วคิดเป็นร้อยละ} \frac{1}{1+3} \times 100$$

(0.25 คะแนน)

$$= 25$$

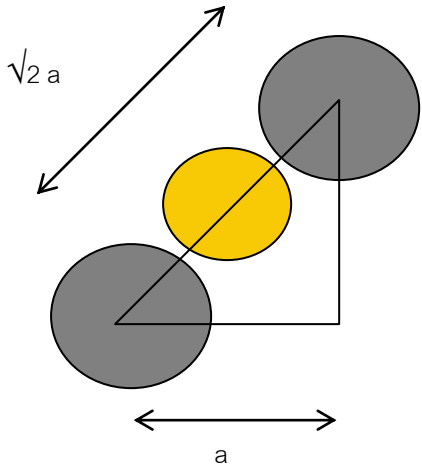
ดังนั้น ในผลึกของโลหะผสมมีตะกั่วคิดเป็นร้อยละ 25 โดยโมล

4.2

ความหนาแน่น = 14.45 g/cm³ (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (2.5 คะแนน)



$\sqrt{2} a$

a

a = ความยาวตามขอบเซลล์
(0.5 คะแนน)

พิจารณาที่หน้าของรูปลูกบาศก์

- Pb อยู่ที่มุม Au อยู่กึ่งกลางหน้า
- อะตอม Pb และ Au ตามแนวทะแยงมุมของหน้าจะสัมผัสกัน

$$2r_{\text{Pb}} + 2r_{\text{Au}} = \sqrt{2} a \quad (a = \text{ความยาวตามขอบเซลล์})$$

(0.5 คะแนน)

- หาค่า r_{Pb} และ r_{Au} ได้จากรูปทำนองเดียวกันนี้ (โดยทุกอะตอมตามแนวทะแยงมุมเป็นธาตุเดียวกัน)

Pb: $4 r_{\text{Pb}} = \sqrt{2} a_{\text{Pb}} = \sqrt{2} \times 495$

$$r_{\text{Pb}} = \frac{\sqrt{2}}{4} \times 495 = 175 \text{ pm} \quad \dots \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

Au: $4 r_{\text{Au}} = \sqrt{2} a_{\text{Au}} = \sqrt{2} \times 408$

$$r_{\text{Au}} = \frac{\sqrt{2}}{4} \times 408 = 144 \text{ pm} \quad \dots \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

- แทนค่า $2 \times 175 + 2 \times 144 = \sqrt{2} a$

$$a = \frac{2 \times 175 + 2 \times 144}{\sqrt{2}} = 451 \text{ pm} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

จากจำนวนอะตอมในหน่วยเซลล์ข้างต้น Pb = 1 และ Au = 3

ความหนาแน่น $D = \frac{M}{V} = \frac{207.2 + 3 \times 197.0}{6.02 \times 10^{23} \times (451 \times 10^{-10})^3}$ (0.25 คะแนน)

$$= 14.45 \text{ g/cm}^3$$

4.3

Au 1 อะตอม มี Pb ล้อมรอบ = 4 อะตอม (1 คะแนน)

(จากรูปในข้อ 4.1 (และจินตนาการเพิ่มเติม คือ ดู 2 หน่วยเซลล์ต่อกัน) จะเห็นว่า Au 1 อะตอม มี Pb ล้อมรอบ 4 อะตอม)

คำตอบข้อที่ 5 (2.5 คะแนน)

5.1

หินก้อนนี้มีอายุ

$$3.87 \times 10^8$$

ปี

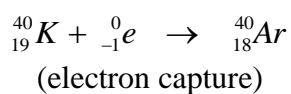
(0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $x.xx \times 10^n$

วิธีคิด (1 คะแนน)

	$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$	
เริ่มต้น	w_0	0
ปัจจุบัน	w_1	w_2
	$w_0 = w_1 + w_2$ โดยถือว่า $w_1 + w_2 = 100$ (0.25 คะแนน)	
จากสมการ	$2.303 \log \left(\frac{w_0}{w_1} \right) = \frac{0.693}{t_{1/2}} t$	(0.25 คะแนน)
แทนค่า	$2.303 \log \left(\frac{100}{80} \right) = \frac{0.693}{1.2 \times 10^9} t$	(0.25 คะแนน)
	$t = 2.303 \times \frac{1.2 \times 10^9}{0.693} \log \left(\frac{100}{80} \right)$	(0.25 คะแนน)
	$= 0.387 \times 10^9$ ปี	
นั่นคือ	หินก้อนนี้มีอายุ 3.87×10^8 ปี	

5.2 สมการนิวเคลียร์เป็นดังนี้



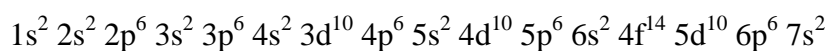
(1 คะแนน)

คำตอบข้อที่ 6 (8.25 คะแนน)

6.1 สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ C คือ



(1 คะแนน)

6.2 โครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุ D แบบสมบูรณ์โดยเขียนตั้งแต่ $1s^2 2s^2 \dots$ คือ

(1 คะแนน)

6.3 ปริมาณธาตุ A =

0.0

โมล

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

ปริมาณธาตุ B =

0.8

โมล

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

ขั้น $A \rightarrow B$ เป็นขั้นที่เกิดขึ้นเร็วกว่าขั้น $\text{Th} \rightarrow A$ มากถึง 36,000 เท่า เพราะฉะนั้นทันทีที่ Th สลายตัวเป็น A ก็จะเกิด B ขึ้นในทันที ขณะเดียวกันขั้น $B \rightarrow C$ ก็เป็นขั้นที่เกิดขึ้นช้ามาก ๆ ในช่วงเวลาเพียง 60 วันจึงเกิดธาตุ C น้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิดก็ได้ การคำนวณหาปริมาณธาตุ B จึงคิดเหมือนกับว่า $\text{Th} \rightarrow B$ มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 25 วันได้เลย ในขณะที่ปริมาณธาตุ A นั้นเป็นศูนย์เนื่องจากเปลี่ยนเป็นธาตุ B จนหมด

(0.5 คะแนน)

$$\text{จาก} \quad \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -0.693 \frac{t}{t_{1/2}} = -0.693 \times 60 \text{ วัน} / 25 \text{ วัน} = -1.66$$

$$\frac{N}{N_0} = 0.19 \quad \text{เนื่องจากเริ่มต้นด้วย } {}_{90}^{234}\text{Th} \text{ 1 โมล จึงเกิดธาตุ B ขึ้น } 1.0 - 0.19 = 0.8 \text{ โมล}$$

(0.5 คะแนน)

6.4 ธาตุที่เป็น isotope กับ ${}_{90}^{234}\text{Th}$ คือ ${}_{90}^{236}\text{Th}$ โดย $Z = 90$ แต่ A มีค่าเท่าไรก็ได้

(0.25 คะแนน)

ธาตุที่เป็น isotone กับ ${}_{90}^{234}\text{Th}$ คือ ${}_{91}^{235}\text{Pa}$ หรือธาตุอื่นโดย $A - Z = 144$

(0.5 คะแนน)

ธาตุที่เป็น isobar กับ ${}_{90}^{234}\text{Th}$ คือ ${}_{91}^{234}\text{Pa}$ หรือธาตุอื่นโดย $A = 234$

(0.5 คะแนน)

6.5

อนุภาคที่ $^{210}_{84}\text{Po}$ ปลดปล่อยออกมาคือ ^4_2He หรือ α

(0.5 คะแนน)

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของผลิตภัณฑ์หลังการสลายตัวคือ

 $^{206}_{82}\text{Pb}$

(0.5 คะแนน)

พลังงานจากการสลายตัวของ $^{210}_{84}\text{Po}$ หนึ่งโมล = 5.23×10^{11}

J

(0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $x.xx \times 10^n$

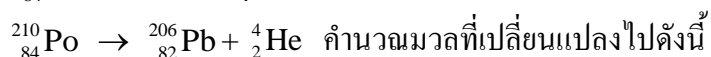
วิธีคิด (1.5 คะแนน)

หาก $^{210}_{84}\text{Po}$ สลายตัวให้รังสีบีตา สมการที่เกี่ยวข้องคือ

$$\begin{aligned} \text{มวล } ^{210}_{85}\text{At} + \text{มวล } ^{-1}_0\text{e} - \text{มวล } ^{210}_{84}\text{Po} &= 209.987131 \text{ amu} + 0 \text{ amu} - 209.982857 \text{ amu} \\ &= 0.004274 \text{ amu} \end{aligned}$$

จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงมวลเป็นบวก แสดงว่าหากสมการนี้จะเกิดขึ้นได้จะต้องมีการใส่พลังงานเข้าไปในปฏิกิริยาในปริมาณมาก ปฏิกิริยานี้จึงไม่น่าจะเกิดขึ้นได้สำหรับการเป็นปฏิกิริยาการสลายตัว

(0.5 คะแนน)

หาก $^{210}_{84}\text{Po}$ สลายตัวให้อนุภาคแอลฟา สมการที่เกี่ยวข้องคือ

$$\begin{aligned} \text{มวล } ^{206}_{82}\text{Pb} + \text{มวล } ^4_2\text{He} - \text{มวล } ^{210}_{84}\text{Po} &= 205.974449 \text{ amu} + 4.002603 \text{ amu} - 209.982857 \text{ amu} \\ &= -0.005805 \text{ amu} \end{aligned}$$

ได้ค่าเป็นลบแสดงว่ามีการหายไปของมวล

กลายเป็นพลังงานคือมีการคายพลังงานออกมาระหว่างการสลายตัว ปฏิกิริยานี้จึงน่าจะได้

(0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{พลังงานที่เกี่ยวข้องคือ } E = mc^2 &= 0.005805 \text{ amu} \times \frac{1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ amu}} \times (3.00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 \\ &= 8.68 \times 10^{-13} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} = 8.68 \times 10^{-13} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นการสลายตัวของ } ^{210}_{84}\text{Po} \text{ ปริมาณ 1 โมล จะปล่อยพลังงานออกมา } &6.02 \times 10^{23} \times 8.68 \times 10^{-13} \text{ J} \\ &= 5.23 \times 10^{11} \text{ J} \end{aligned}$$

(0.5 คะแนน)

คำตอบที่ 7 (6 คะแนน)

7.1 ธาตุ A คือ K (0.25 คะแนน)

โครงสร้างอิเล็กตรอน (electron configuration) คือ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ (0.25 คะแนน)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการละลายน้ำของสาร D คือ $K^+ OH^-$ หรือ KOH (0.5 คะแนน)

7.2 สูตรเคมีของสาร G คือ KO (0.25 คะแนน)

เลขออกซิเดชันของแต่ละอะตอมในสาร G คือ $K = +1, O = -1$ (0.5 คะแนน)

สูตรเคมีของสาร J คือ KO_2 (0.25 คะแนน)

เลขออกซิเดชันของแต่ละอะตอมในสาร J คือ $K = +1, O = -1/2$ (0.5 คะแนน)

7.3 ลำดับค่าพลังงานแลตทิซ KI < KBr < KCl (1 คะแนน)

7.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างธาตุ A กับ F_2 คือ KF (0.25 คะแนน)

ผลิตภัณฑ์นี้ละลายน้ำได้สารละลายที่มีฤทธิ์เป็น เบส (0.25 คะแนน)

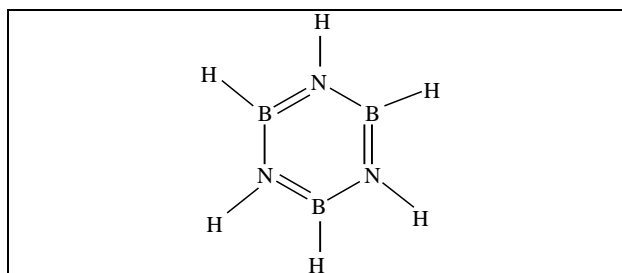
เหตุผล (0.5 คะแนน)

เมื่อ KF ละลายน้ำจะได้ไอออน K^+ และ F^- ซึ่งเมื่อ F^- อยู่ในน้ำแล้วจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำ ดังสมการ

$$F^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HF_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

เกิด OH^- ขึ้นจึงทำให้สารละลายมีฤทธิ์เป็นเบส

7.5 โครงสร้างของ borazine คือ



(0.5 คะแนน)

ประจุฟอร์มัลของ B =

-1

(0.5 คะแนน)

ประจุฟอร์มัลของ N =

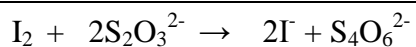
+1

(0.5 คะแนน)

คำตอบข้อที่ 8 (7.5 คะแนน)

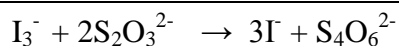
8.1

8.1.1 สมการ (2) ที่ดุลแล้วคือ



(0.25 คะแนน)

สมการ (3) ที่ดุลแล้วคือ



(0.25 คะแนน)

8.1.2 ค่าคงที่สมดุล $K_2 =$

$$2.7 \times 10^{-2}$$

(0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $x.x \times 10^n$

วิธีคิด (1 คะแนน)

จากสมการที่ (2) $[\text{I}_2] / [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] = 1/2$

$$[\text{I}_2(\text{H}_2\text{O})] = 1/2 \times 0.0100 \times 4.00 / 25.00 = 8 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$[\text{I}_2(\text{CHCl}_3)] = 1/2 \times 0.1000 \times 15.00 / 25.00 = 3 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$K_2 = [\text{I}_2(\text{H}_2\text{O})] / [\text{I}_2(\text{CHCl}_3)] \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$K_2 = 8 \times 10^{-4} \text{ mol/L} / 3 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 2.7 \times 10^{-2}$$

8.2

8.2.1 ความเข้มข้นรวมของ $\text{I}_2 + \text{I}_3^-$ ในชั้นน้ำ =

$$6.0 \times 10^{-2}$$

mol/L (0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $x.x \times 10^n$

วิธีคิด (0.25 คะแนน)

$$[\text{I}_2] + [\text{I}_3^-] \text{ ในชั้นน้ำ} = T = 1/2 \times 0.1000 \times 30.00 / 25.00 \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 6.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

8.2.2 ความเข้มข้นของ I_2 ในชั้นคลอโรฟอร์ม =

$$5.0 \times 10^{-2}$$

mol/L (0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $x.x \times 10^n$

วิธีคิด (0.25 คะแนน)

$$[\text{I}_2(\text{CHCl}_3)] = 1/2 \times 0.1000 \times 25.00 / 25.00 \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติครั้งที่ 8

8.2.3 ความเข้มข้นของ I_2 ในชั้นน้ำ = $\boxed{1.4 \times 10^{-3}}$ mol/L (0.5 คะแนน)
ตอบในรูป $x.x \times 10^n$

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} [I_2(H_2O)] &= K_2 [I_2(CHCl_3)] && (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 2.7 \times 10^{-2} \times 5.0 \times 10^{-2} && (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 1.4 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

8.2.4 ความเข้มข้นของ I_3^- ในชั้นน้ำ = $\boxed{5.9 \times 10^{-2}}$ mol/L (0.5 คะแนน)
ตอบในรูป $x.x \times 10^n$

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} [I_3^-] &= T - [I_2(H_2O)] && (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 6.0 \times 10^{-2} - 1.4 \times 10^{-3} && (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 5.9 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

8.2.5 ความเข้มข้นของ I^- ในชั้นน้ำ = $\boxed{6.1 \times 10^{-2}}$ mol/L (0.5 คะแนน)
ตอบในรูป $x.x \times 10^n$

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

	$I_2(H_2O)$	+	$I^-(H_2O)$	\rightleftharpoons	$I_3^-(H_2O)$	
เริ่มต้น		0.1200		0	
สมดุล		$0.1200 - 5.9 \times 10^{-2}$		5.9×10^{-2}	(0.25 คะแนน)
$[I^-]$	=		$[KI] - [I_3^-] = 0.1200 - 5.9 \times 10^{-2}$			(0.25 คะแนน)
	=		$6.1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$			

8.2.6 ค่าคงที่สมดุล K_1 = 6.9×10^2 mol/L (0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $x.x \times 10^n$

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}
 K_1 &= [\text{I}_3^-] / \{ [\text{I}_2][\text{I}^-] \} && (0.25 \text{ คะแนน}) \\
 &= 5.9 \times 10^{-2} / \{ 1.4 \times 10^{-3} \times 6.1 \times 10^{-2} \} && (0.25 \text{ คะแนน}) \\
 &= 6.9 \times 10^2
 \end{aligned}$$

คำตอบข้อที่ 9 (2.5 คะแนน)

เวลาที่ใช้คือ

18.7

นาที

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคิด (2 คะแนน)

Arhenius Equation : $k = A \exp(-E_a/RT)$ (0.25 คะแนน)

ที่ระดับน้ำทะเล : $T = 273 + 100 = 373 \text{ K}$ (0.25 คะแนน)

ที่ยอดเขา : $T = 273 + 95 = 368 \text{ K}$ (0.25 คะแนน)

ที่ระดับน้ำทะเล : $k_1 = 1/3 = A \exp(-E_a/R \times 373) \dots\dots\dots(1)$ (0.25 คะแนน)

ที่ยอดเขา : $k_2 = A \exp(-E_a/R \times 368) \dots\dots\dots(2)$ (0.25 คะแนน)

สมการ (2) / (1) ได้ : $3k_2 = \exp[-E_a/R \times (1/368 - 1/373)]$ (0.25 คะแนน)

$3k_2 = \exp[-418 \times 10^3 / 8.314 \times (1/368 - 1/373)]$ (0.25 คะแนน)

$k_2 = 0.0534 / \text{นาที}$ (0.25 คะแนน)

ดังนั้น เวลาที่ใช้คือ $1/0.0534 = 18.7$ นาที

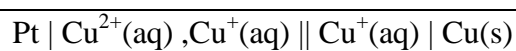
คำตอบข้อที่ 10 (6 คะแนน)

10.1 ค่าคงที่ของสมดุล (K) = 1.2×10^6 (0.5 คะแนน)
ตอบในรูป $x.x \times 10^n$

วิธีคิด (1 คะแนน)

	$E_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cell}} - \frac{RT}{nF} \ln Q$	(0.25 คะแนน)
ที่ภาวะสมดุล	$E_{\text{cell}} = 0$	
	$E^\circ_{\text{cell}} = \frac{RT}{nF} \ln K$	(0.25 คะแนน)
	$\ln K = \frac{nFE^\circ_{\text{cell}}}{RT}$	
	$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cathode}} - E^\circ_{\text{anode}}$	
	$E^\circ_{\text{cell}} = 0.52 - 0.16 = 0.36 \text{ V}$	(0.25 คะแนน)
	$\ln K = \frac{1 \times 96500 \times 0.36}{8.314 \times 298} = 14.022$	(0.25 คะแนน)
	$K = 1.2 \times 10^6$	

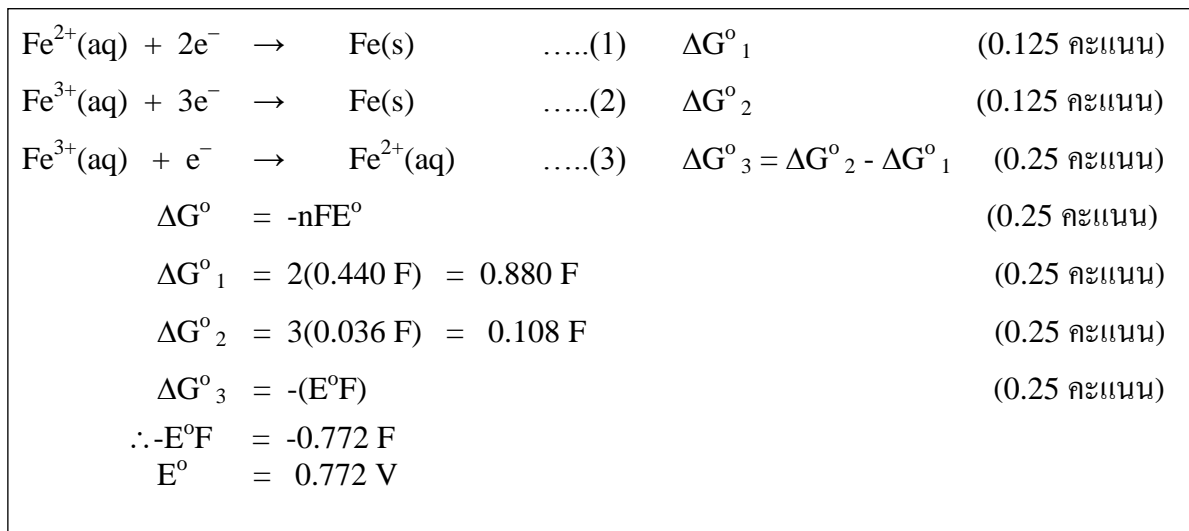
10.2 แผนภาพของเซลล์ไฟฟ้าเคมี คือ



(1 คะแนน)

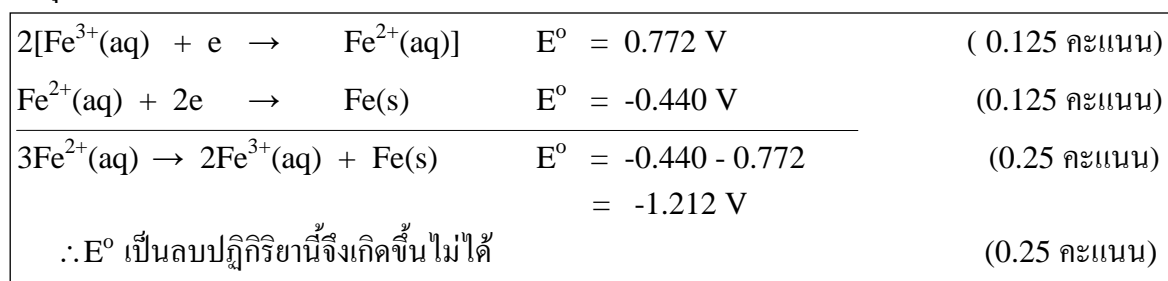
10.3 $E^\circ =$ 0.772 V (0.5 คะแนน)
ตอบทศนิยม 3 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1.5 คะแนน)



10.4 ปฏิกิริยาเกิดขึ้น ☐ ได้ ☒ ไม่ได้ (0.25 คะแนน)

เหตุผลและวิธีคิด (0.75 คะแนน)



10.5 ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^-$ (0.25 คะแนน)

ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}$ (0.25 คะแนน)

คำตอบข้อที่ 11 (4 คะแนน)

11.1 ปฏิกริยาที่แอโนดคือ $2\text{O}^{2-} + \text{C(s)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)} + 4\text{e}^-$ (0.25 คะแนน)

ปฏิกริยาที่แคโทดคือ $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al(l)}$ (0.25 คะแนน)

11.2 น้ำหนักของ Al = 3.19 กรัม (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

$$Q = I \times t \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$Q = (10.0 \text{ A} \times 0.95) \times 3600 \text{ s} \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$Q = 3.42 \times 10^4 \text{ Coulomb} \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$\text{จำนวนโมล Al} = \frac{3.42 \times 10^4 \text{ Coulomb}}{96500 \text{ Coulomb mol e}^-} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol e}^-} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.118 \text{ mol} \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$\therefore \text{น้ำหนักของ Al} = 0.118 \text{ mol} \times 27.0 \text{ g/mol} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 3.19 \text{ g}$$

11.3 ความดันย่อยของ $\text{CO}_2 =$

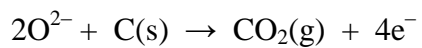
5.26

atm

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1.5 คะแนน)



$$Q = I \times t \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$Q = (10.0 \text{ A} \times 0.95) \times 3600 \text{ s} \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$Q = 3.42 \times 10^4 \text{ Coulomb} \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$\text{จำนวนโมลของ } \text{CO}_2 = \frac{3.42 \times 10^4 \text{ Coulomb}}{96500 \text{ Coulomb mol e}^-} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{4 \text{ mol e}^-} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.089 \text{ mol} \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$\therefore \text{จำนวนโมลของ } \text{CO}_2 = 0.089 \text{ mol}$$

$$X_{\text{CO}_2} = \frac{0.089}{0.089+0.011} = 0.890 \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$X_{\text{N}_2} = \frac{0.011}{0.089+0.011} = 0.110 \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$P_{\text{N}_2} = X_{\text{N}_2} P_T \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$0.65 = 0.110 P_T$$

$$P_T = 5.91 \text{ atm} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$P_{\text{CO}_2} = 0.890 \times 5.91 \text{ atm} \quad (0.125 \text{ คะแนน})$$

$$P_{\text{CO}_2} = 5.26 \text{ atm}$$

คำตอบข้อที่ 12 (6 คะแนน)

12.1

$$\Delta H^\circ \text{ ของปฏิกิริยา ที่ } 298 \text{ K} = \boxed{32.73} \text{ kcal} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{298}(\text{reaction}) &= \Sigma \Delta H^\circ_f(\text{product-reactant}) \\ &= \Delta H^\circ_f(\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2) - \Delta H^\circ_f(\text{C}_2\text{H}_6) \quad (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= (12.49 + 0) - (-20.24) \quad (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 32.73 \text{ kcal} \end{aligned}$$

12.2

$$\frac{\Delta(G^\circ_{298} - H^\circ_{298})}{298} \text{ ของปฏิกิริยา ที่ } 298 \text{ K} = \boxed{-28.81} \text{ cal/K} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (2.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{จาก } \frac{\Delta(G^\circ_{298} - H^\circ_{298})}{298} &= \frac{\Delta(G^\circ_{298} - H^\circ_{298} + H^\circ_0 - H^\circ_0)}{298} \\ &= \frac{\Delta(G^\circ_{298} - H^\circ_0)}{298} - \frac{\Delta(H^\circ_{298} - H^\circ_0)}{298} \quad \dots(1) \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \\ \left[\frac{\Delta(G^\circ_{298} - H^\circ_0)}{298} \right]_{\text{reaction}} &= \left[\frac{(G^\circ_{298} - H^\circ_0)}{298} \right]_{\text{product}} - \left[\frac{(G^\circ_{298} - H^\circ_0)}{298} \right]_{\text{reactant}} \quad (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= [(-43.98) - 24.42] - (-45.27) \quad (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= -23.13 \text{ cal/K} \quad (0.25 \text{ คะแนน}) \\ \frac{\Delta(H^\circ_{298} - H^\circ_0)}{298} &= \left[\frac{(H^\circ_{298} - H^\circ_0)}{298} \right]_{\text{product}} - \left[\frac{(H^\circ_{298} - H^\circ_0)}{298} \right]_{\text{reactant}} \quad (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= \frac{(2.525 + 2.024) \times 1000}{298} - \frac{2.856 \times 1000}{298} \quad (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 5.68 \text{ cal/K} \quad (0.25 \text{ คะแนน}) \\ \text{จาก (1) ; } \frac{\Delta(G^\circ_{298} - H^\circ_{298})}{298} &= (-23.13) - (5.68) \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \\ &= -28.81 \text{ cal/K} \end{aligned}$$

12.3

ΔG° ของปฏิกิริยา ที่ 298 K = 24.14 kcal (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.75 คะแนน)

$$\frac{\Delta(G^\circ_{298} - H^\circ_{298})}{298} = \frac{\Delta G^\circ_{298}}{298} - \frac{\Delta H^\circ_{298}}{298} = \frac{\Delta G^\circ_{298}}{298} - \frac{32.73 \times 1000}{298} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$- 28.81 = \frac{\Delta G^\circ_{298}}{298} - \frac{32.73 \times 1000}{298} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\Delta G^\circ_{298} = (-28.81 \times 298) + (32.73 \times 1000) \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 24,144 \text{ cal} = 24.14 \text{ kcal}$$

12.4

$\ln K$ ที่ 298 K = -40.78 (0.25 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\Delta G^\circ_{298} = -RT \ln K \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$24,144 = -1.987 \times 298 \ln K \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

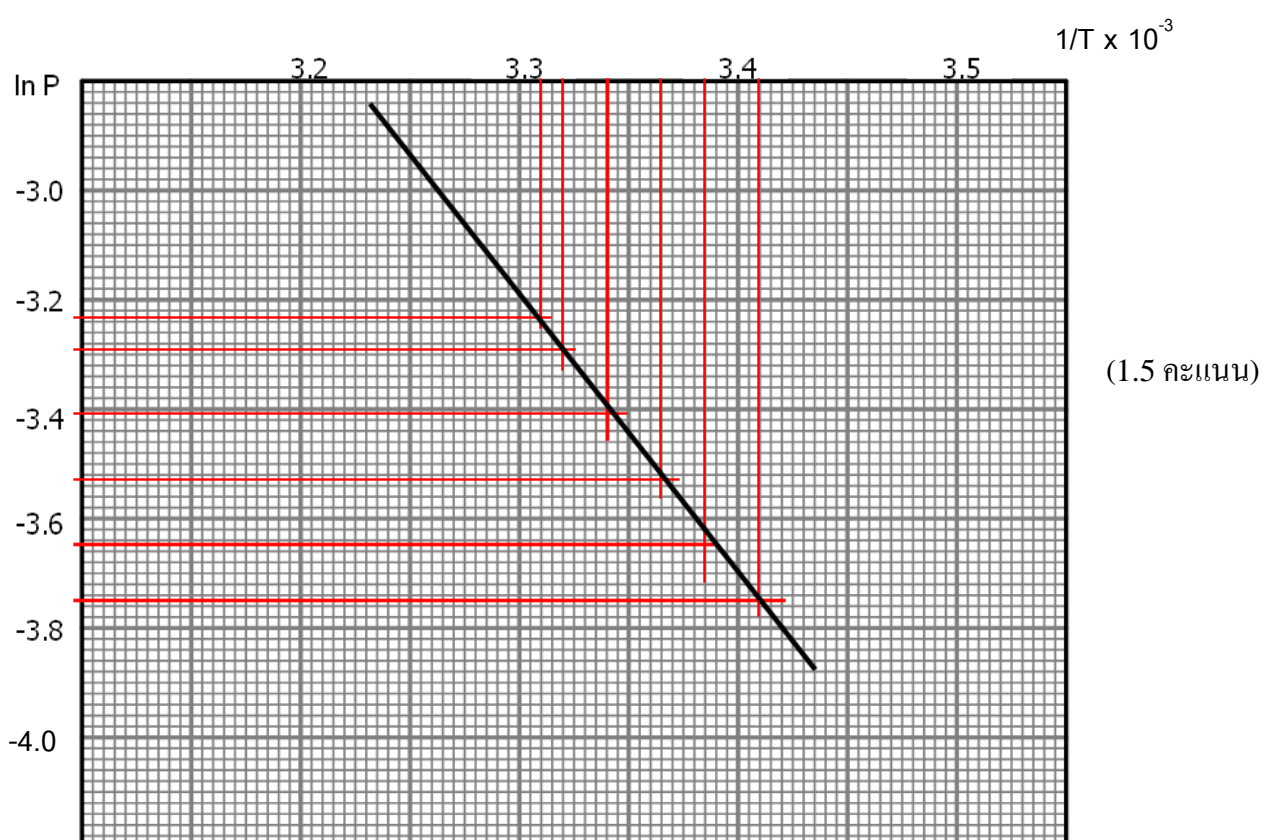
$$\ln K = -40.78$$

คำตอบข้อที่ 13 (4.25 คะแนน)

13.1

อุณหภูมิ (°C)	ความดันไอ (mmHg)	T(K)	$(1/T) \times 10^3$	P(atm)	ln P
20	17.5	293	3.41	0.023	-3.77
22	19.8	295	3.39	0.026	-3.65
24	22.4	297	3.37	0.029	-3.53
26	25.2	299	3.34	0.033	-3.41
28	28.3	301	3.32	0.037	-3.29
29	30.0	302	3.31	0.040	-3.23

(0.5 คะแนน)



(1.5 คะแนน)

13.2

ความดันไอของของเหลวที่ 32°C = 36.3 mmHg (0.5 คะแนน)
 ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\text{ที่ } 32^\circ\text{C หรือ } 305\text{ K ได้ } \frac{1}{T} = 3.28 \times 10^{-3}$$

$$\text{จากกราฟ ได้ } \ln P = -3.04$$

$$\text{หรือ } P = 0.048\text{ atm} = 36.3\text{ mmHg}$$

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ = 44.90 kJ (0.5 คะแนน)
 ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.75 คะแนน)

จากสมการ Clausius – Clapeyron

$$\ln P = \frac{-\Delta H_v}{RT} + k \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\text{slope} = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T}} = \frac{-3.77 - (-3.23)}{(3.41 - 3.31)10^{-3}} = \frac{-0.54 \times 10^3}{0.10} = -5.4 \times 10^3 \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\text{slope} = \frac{-\Delta H_v}{R} = -5.4 \times 10^3 = \frac{-\Delta H_v}{8.314}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_v &= 5.4 \times 10^3 \times 8.314 & (0.25 \text{ คะแนน}) \\ &= 44.90 \times 10^3 \text{ J} \\ &= 44.90 \text{ kJ} \end{aligned}$$

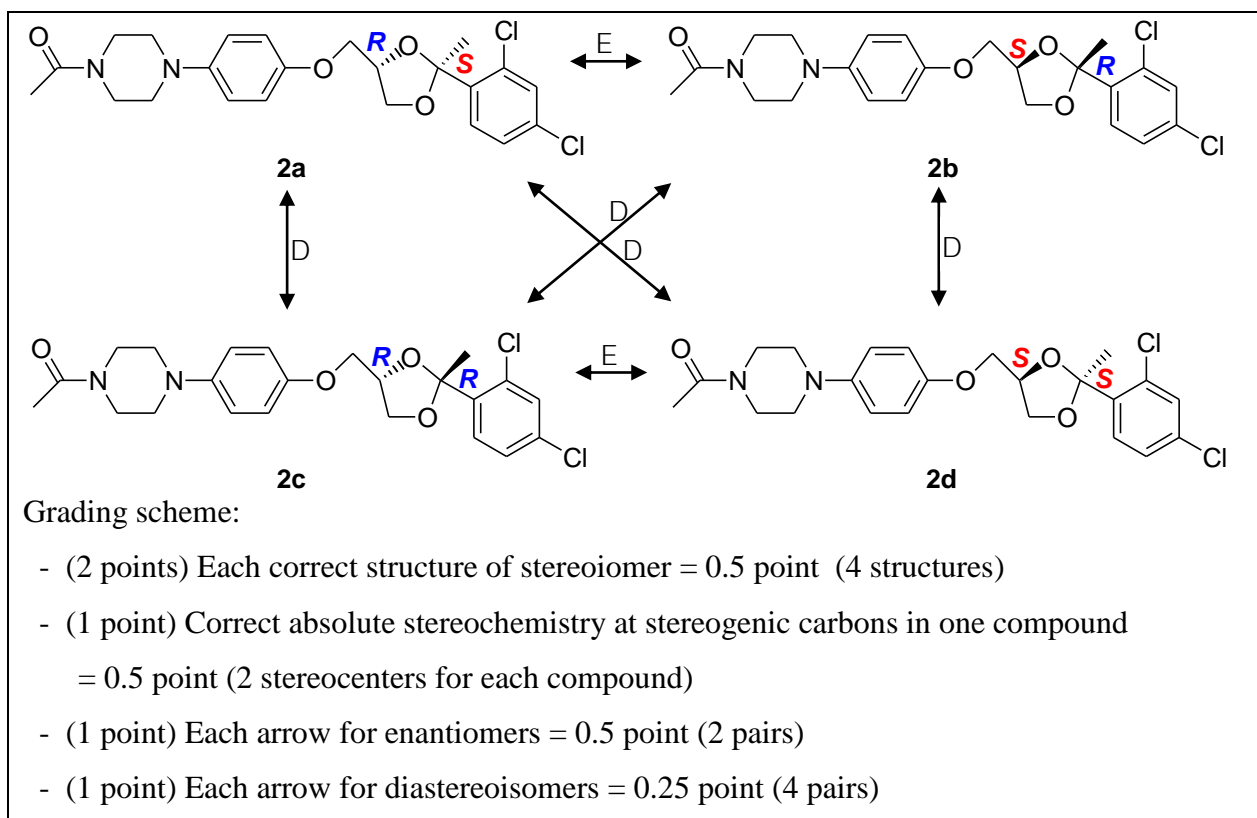
คำตอบข้อที่ 14 (12.5 points)

14.1.1 Structures of all possible stereoisomers of compound **2**. (5 points)

14.1.2 Absolute configurations of all stereogenic carbons in one of the chosen stereoisomer.

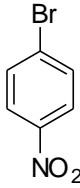
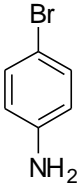
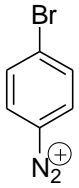
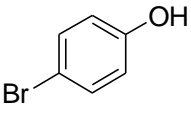
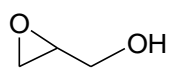
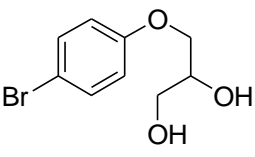
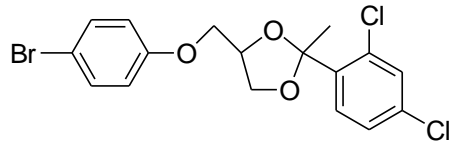
14.1.3 \xleftrightarrow{E} show each pair of enantiomers

14.1.4 \xleftrightarrow{D} show all pair of diastereoisomers

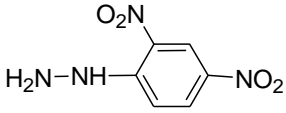


14.2 Structures of compounds A - H

(5 points)

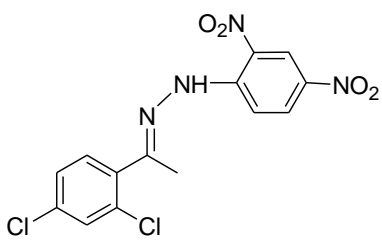
 <p>Compound A (0.5 point)</p>	 <p>Compound B (0.5 point)</p>	 <p>Compound C (0.5 point)</p>
 <p>Compound D (0.5 point)</p>	 <p>Compound E (1 point)</p>	 <p>Compound F (1 point)</p>
 <p>Compound H (1 point)</p>		

14.3 Structure and name of reagent to check for the keto group in compound G. (1 point)

Structure of reagent	Name
	2,4-dinitrophenylhydrazine

Structure of the product and a change observed from the test.

(1 point)

Structure of the product	Change observed
	yellow-orange precipitates

14.4 The signal of the keto group in IR spectrum is approximately at

1,650-1,725

 cm^{-1} (0.5 point)

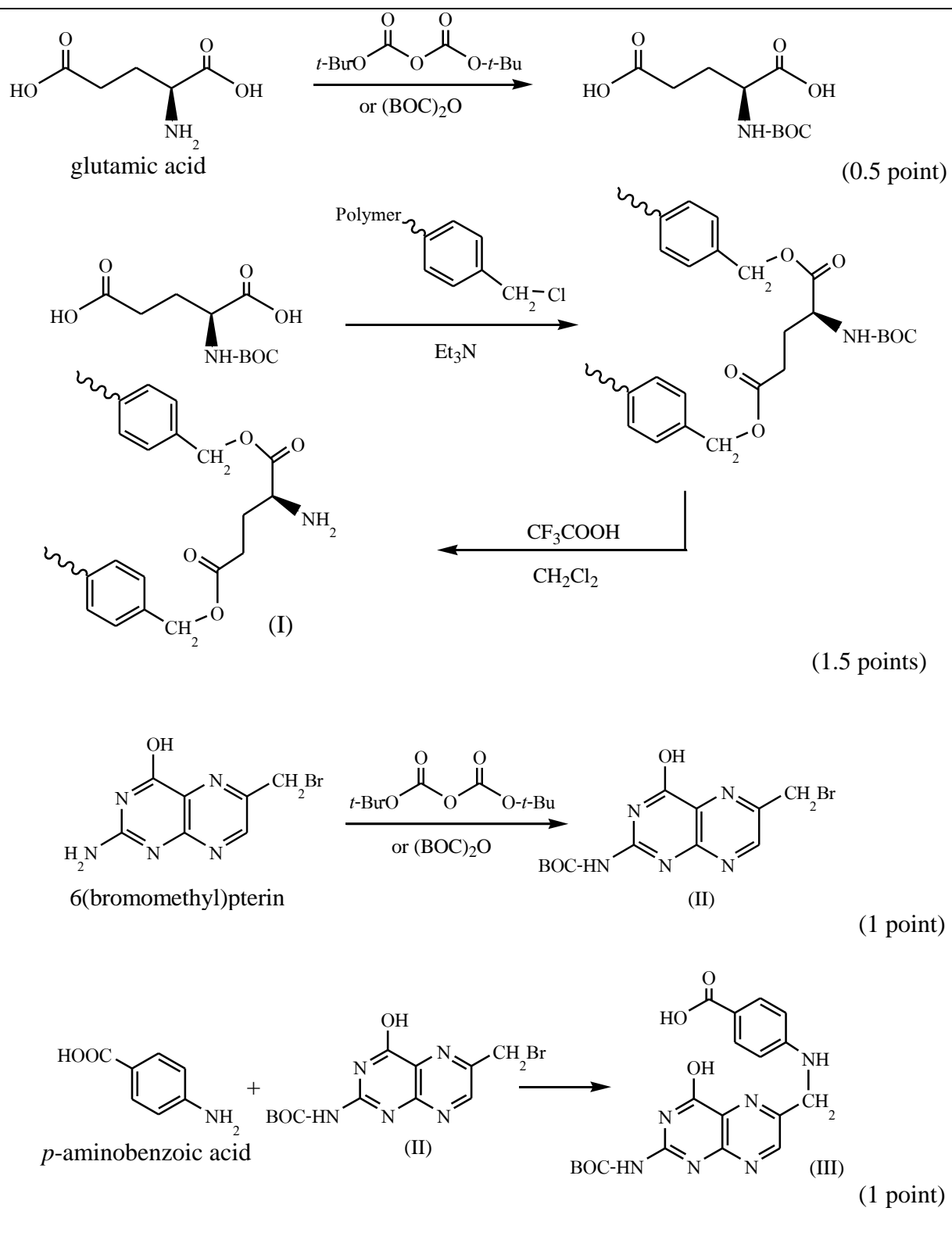
Total synthetic scheme

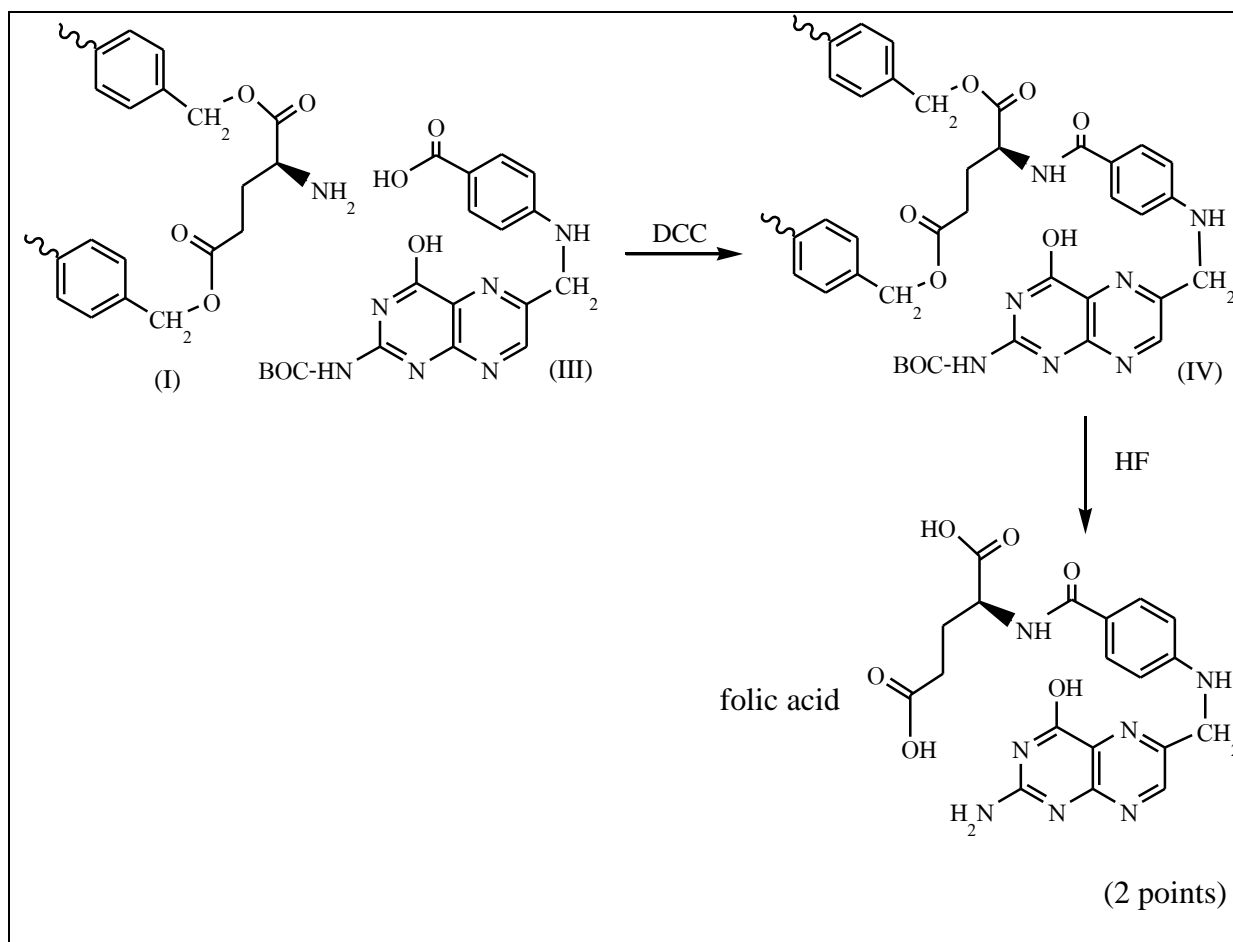
The synthetic scheme is as follows:

- Starting material:** Bromobenzene (c1ccccc1Br)
- Reaction 1:** Bromobenzene $\xrightarrow[\Delta]{\text{conc. HNO}_3}$ **A** (4-bromonitrobenzene, c1ccc(cc1Br)[N+](=O)[O-])
- Reaction 2:** **A** $\xrightarrow{\text{H}_2, \text{catalyst}}$ **B** (4-bromoaniline, Nc1ccc(cc1)Br)
- Reaction 3:** **B** $\xrightarrow[\text{HCl, } 0^\circ\text{C}]{\text{NaNO}_2}$ **C** (4-bromobenzenediazonium salt, [N+]#Nc1ccc(cc1)Br)
- Reaction 4:** **C** $\xrightarrow[\Delta]{\text{H}_2\text{O}}$ **D** (4-bromophenol, Oc1ccc(cc1)Br)
- Reaction 5:** Propen-1-ol (CC=CO) $\xrightarrow{\text{CF}_3\text{COOOH}}$ **E** (2-(hydroxymethyl)oxirane, OCC1OC1)
- Reaction 6:** **D** and **E** $\xrightarrow[\text{solvent}]{\text{K}_2\text{CO}_3}$ **F** (4-bromo-2-(hydroxymethyl)-1,2-epoxybenzyl alcohol, OCC1OC(c2ccc(cc2)Br)CO)
- Reaction 7:** **F** $\xrightarrow[\text{benzene}]{\text{TsOH}}$ **G** (2-(4-bromophenoxy)-2,2-dimethyl-1,3-dioxolane-4,4-dichloro-5-methyl-5-oxo-1,3-dihydro-2H-pyran, CC1=C(Cl)C(Cl)=CC1OC2C=CC(=CC=C2)Br)
- Reaction 8:** **G** $\xrightarrow[\text{special reagents and reaction conditions}]{\text{N-methylpiperazine}}$ **Compound 2** (CC(=O)N1CCN(CC1)C2=CC=C(C=C2)OC3C4C(Cl)=CC(=CC4=CC3)OC5C(C)OC(=CC=C5)OC6C=CC(=CC=C6)Br)

Question no. 15 (6 points)

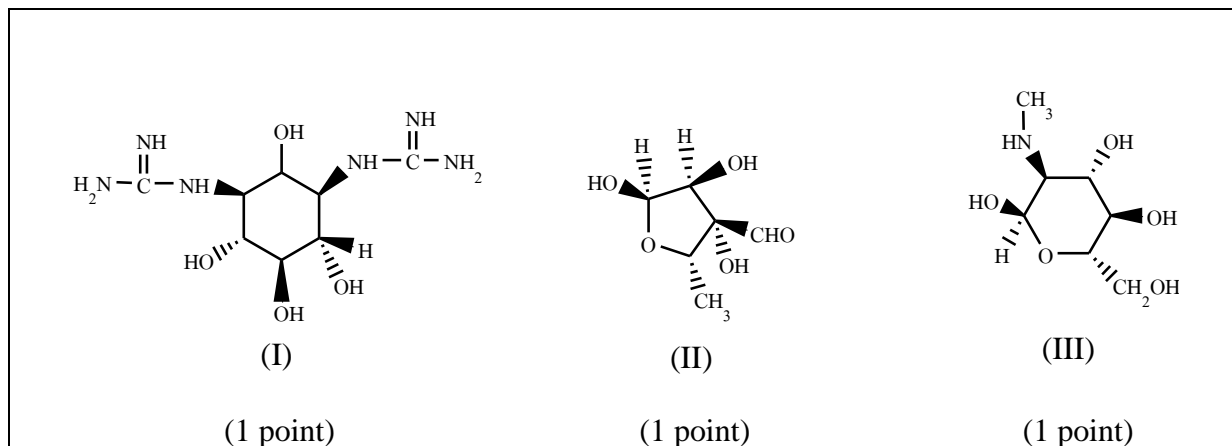
The synthetic pathway toward folic acid can be shown below:





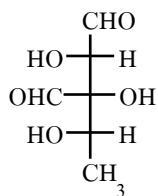
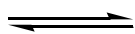
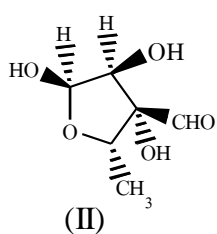
Question no. 16 (7 points)**16.1** Structures of all products obtained from the degradation reaction are: (3 points)

No stereochemistry requirement

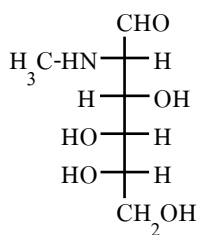
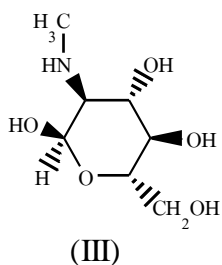
**16.2** Fischer projection(s) of monosaccharide(s) obtained from degradation reaction is (are):

(4 points)

only (II) and (III)



(2 points)



(2 points)