

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 15

ณ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

วันอังคารที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2562

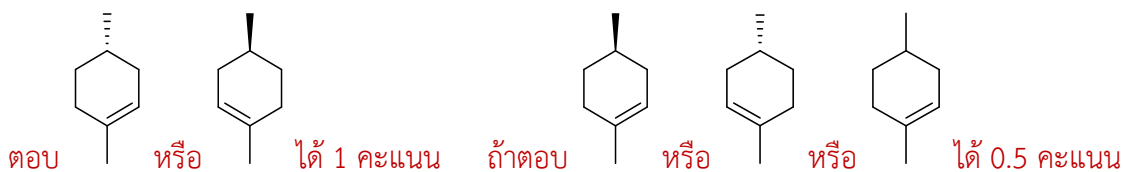
เวลา 8.00 – 13.00 น.

เฉลยภาคทฤษฎี

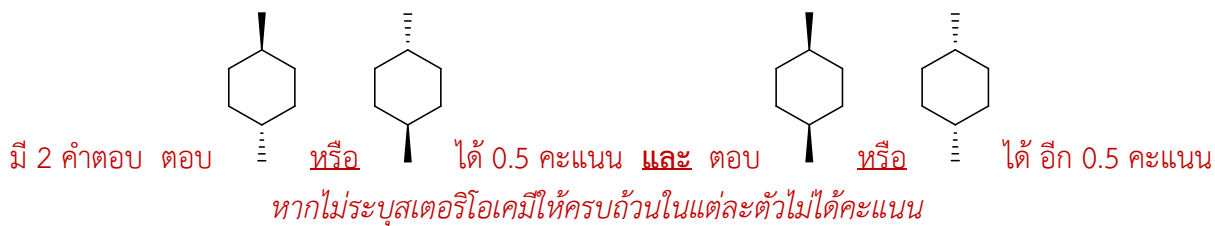
เฉลยโจทย์ข้อที่ 1 (10 คะแนน)

1.1 (6 points) Identify all possible structures of A–F with stereochemistry.

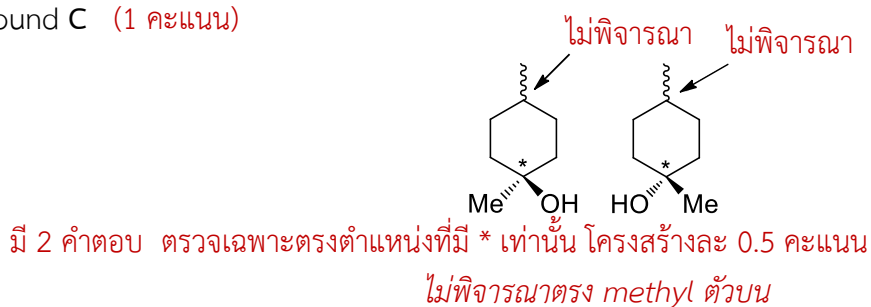
Compound A (1 คะแนน)



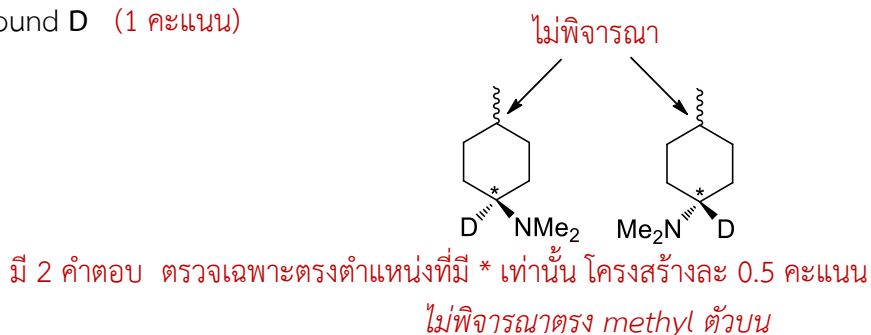
Compound B (1 คะแนน)



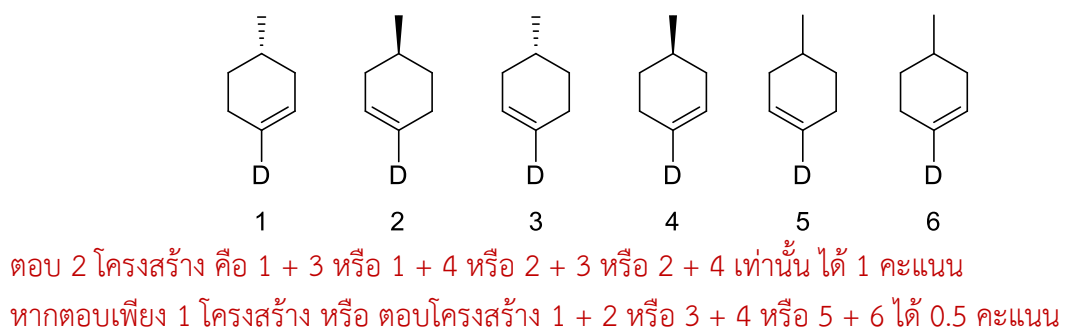
Compound C (1 คะแนน)



Compound D (1 คะแนน)



Compound E (1 คะแนน)

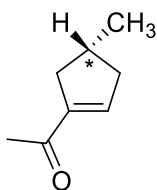


Compound F (1 คะแนน)



1.2 (2 points) Draw the structure of compound **G** with each chiral carbon labelled.

Compound **G** (1.5 คะแนน)



- โครงสร้างถูกต้อง (5 membered- α,β unsaturated ketone) ได้ 0.5 คะแนน
- ระบุตำแหน่ง chiral carbon (*) ที่มี 1 ตำแหน่งถูก ได้ 0.5 คะแนน
- เขียน stereochemistry ถูกได้ 0.5 คะแนน

The absolute configuration of **G** is ☒ R ☐ S (0.5 คะแนน)

*** หากเลือกตอบถูกแต่ในโครงสร้างข้างบนไม่แสดงสเตอริโอเคมี จะไม่ได้คะแนนข้อนี้ (เพราะเป็นการเดา) ***

1.3 (1 point) specific rotation = -37.5°

Calculation

In the reaction mixture, there will be 75% of **A** and 25% of **B**,

Since **B** is optically inactive, the specific rotation of the reaction mixture

$$= \frac{75 \text{ (of A)}}{75 \text{ (of A)} + 25 \text{ (of B)}} \times (-50^\circ) = -37.5^\circ$$

แสดงวิธีคิดถูกต้อง ได้ 0.4 คะแนน คำนวณผลถูกต้อง ได้ 0.3 คะแนน ใส่เครื่องหมายเป็นลบ ได้ 0.3 คะแนน

1.4 (1 point) Mark ✓ in the box under the compound(s) that gives a positive 2,4-DNP test.

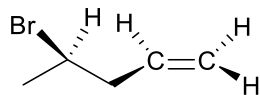
	A	B	C	D	E	F	G
Compound(s) giving a positive 2,4-DNP test						✓	✓

คำตอบละ 0.5 คะแนน ตอบเกินมาหักคะแนนคำตอบที่เกินมา คำตอบละ 0.2 คะแนน (คะแนนรวมไม่ติดลบ)

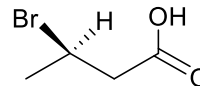
เฉลยโจทย์ข้อที่ 2 (10 คะแนน)

2.1 (5 points) Structures of Compounds A, C, D, E, F, H, J and K are as follows.

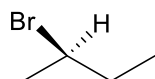
Compound A (1 คะแนน)



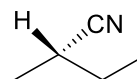
Compound C (0.5 คะแนน)



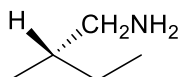
Compound D (0.5 คะแนน)



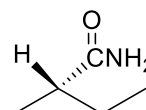
Compound E (0.5 คะแนน)



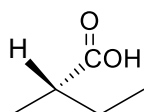
Compound F (0.5 คะแนน)



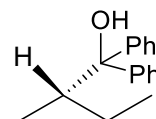
Compound H (0.5 คะแนน)



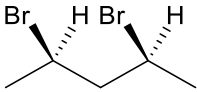
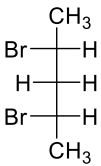
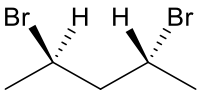
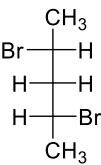
Compound J (0.5 คะแนน)



Compound K (1 คะแนน)



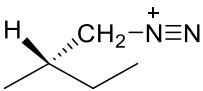
2.2 (2 points) Isomers **B1** and **B2**:

<p>Wedge-and-dash structure of B1 (0.5 คะแนน)</p> 	<p>Fischer projection of B1 (0.5 คะแนน)</p> 
<p>Wedge-and-dash structure of B2 (0.5 คะแนน)</p> 	<p>Fischer projection of B2 (0.5 คะแนน)</p> 

2.3 (1.5 point) Reagents **1–3**:

<p>Reagent 1 (0.5 คะแนน)</p> <p>TsCl (<i>p</i>-toluenesulfonyl chloride)</p>	<p>Reagent 2 (0.5 คะแนน)</p> <p>SOCl₂ thionyl chloride</p>	<p>Reagent 3 (0.5 คะแนน)</p> <p>PhMgX (X = Br or I) or PhLi (or other sensible organometallic reagent)</p>
---	--	---

2.4 (0.5 point) Compound **G**

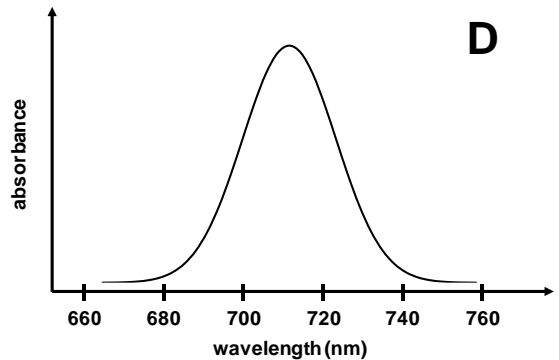
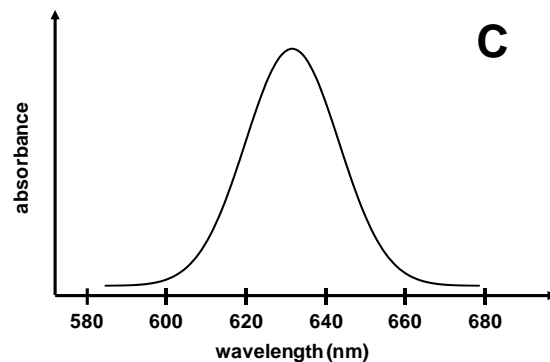
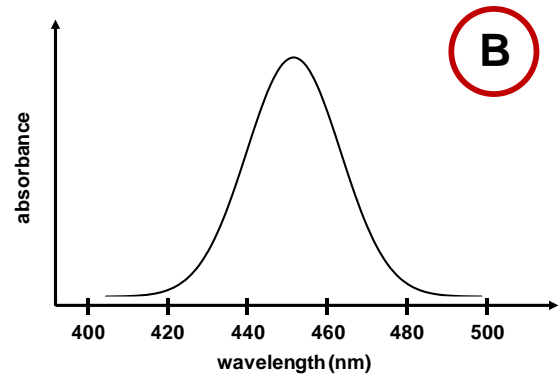
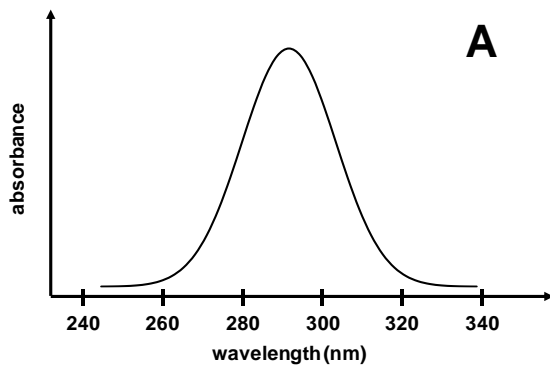
<p>Structure of G is</p>  <p>G is the unstable diazonium salt of F</p>
--

2.5 (1 point) The gases:

the gas **X** found in **Finding 3** isCO₂the gas **Y** observed in **Finding 4** isN₂

เฉลยโจทย์ข้อที่ 3 (10 points)

3.1 (0.5 point) Circle the letter of the most possible UV spectrum of a carotenoid.



3.2 (1 point) Predict the order of migrations in a thin-layer chromatographic separation of the given carotenoids in the problem sheet. Fill in the Roman number (I, II, or III) in the given box below.

Order of migration:

(1 is the one moving fastest)

1
I

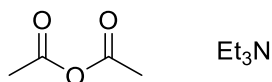
2
II

3
III

ต้องถูกต้องทุกช่อง จึงจะได้คะแนน

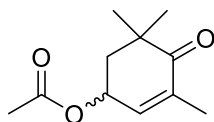
3.3 (3.5 points) Identify A–F.

Reagent A (1 คะแนน)



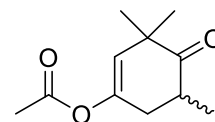
ตอบ Acid chloride หรือ เบสที่ไม่เป็น nucleophile
รุนแรงได้ ไม่ตอบเบส (หรือกรด) หัก 0.5 คะแนน

Compound B (0.5 คะแนน)



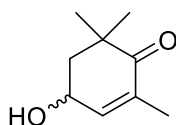
ข้อนี้ไม่ตรวจการเขียนสเตอริโอเคมี

Compound C (0.5 คะแนน)



ข้อนี้ไม่ตรวจการเขียนสเตอริโอเคมี

Compound D (1 คะแนน)



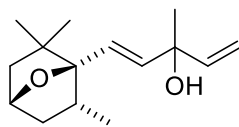
ข้อนี้ไม่ตรวจการเขียนสเตอริโอเคมี

Reagent E (0.5 คะแนน)

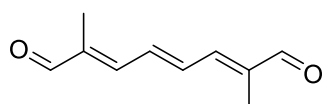
KOH หรือเบสอื่นที่เหมาะสม (พิจารณาเป็นกรณีไป)

3.4 (5 points) Identify G–H.

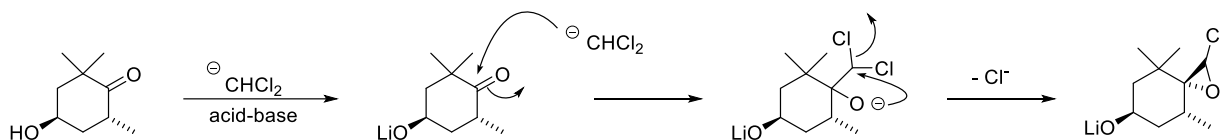
Compound G (1 คะแนน)



Compound H (1 คะแนน)

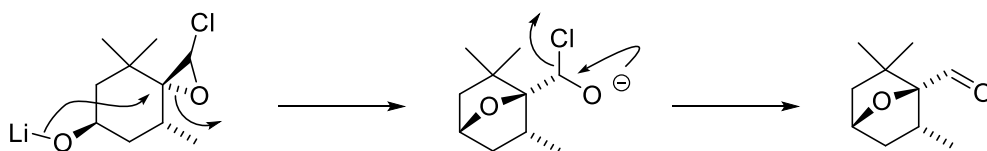


Propose the mechanism for Step I. (1.5 คะแนน)



- ขั้นแรกไม่จำเป็นต้องเขียนลูกศรก็ได้ แต่ต้องมีคำอธิบายเพื่อแสดงความเข้าใจว่า ต้องเกิดปฏิกิริยากรด-เบสก่อน
- และการแสดงพันธะ Li อนุโลมเขียน ionic แท้ๆได้ แม้ความเป็นจริงน่าจะมี character ของ covalent มากกว่า
- ปฏิกิริยาขั้นนี้ สเตอริโอเคมีไม่ได้มีความสำคัญ เนื่องจากการเข้าชนของนิวคลีโอไฟล์จะได้ผลิตภัณฑ์สองตัว ซึ่งไม่มีการหักหรือให้คะแนนเพิ่มสำหรับประเด็นนี้

Propose the mechanism for Step II. (1.5 คะแนน)



- เขียนรวบชั้น (รวมขั้นตอน 1 และ 2) หากลูกศรถูกต้องหมด ได้ 0.5 คะแนน
- หากเขียนแยกชั้น สารตัวกลาง ต้องมีสเตอริโอเคมีที่ถูกต้องเหมือนผลิตภัณฑ์ หากวาดตรงข้ามและส่วนอื่นถูกต้องหมด ได้ 1 คะแนน

เฉลยโจทย์ข้อที่ 4 (10 คะแนน)

4.1 (2 คะแนน) อัตราการสลายตัวของแก๊สออกซิเจน = 8.06×10^{-6} M/s (0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $x.xx \times 10^n$

วิธีคำนวณ

จำนวนโมลแก๊สออกซิเจนที่ลดลง เท่ากับ

$$\frac{3 \text{ mol}_{\text{O}_2}}{1 \text{ mol}_{\text{total gas}}} \cdot \frac{(759.0 - 739.0 \text{ mmHg}) - (759.0 - 739.5 \text{ mmHg}) \cdot (10.00 \text{ L})}{760.0 \frac{\text{mmHg}}{\text{atm}} (0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(298.15 \text{ K})} = 8.06 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

(0.5 คะแนน) (0.5 คะแนน)

อัตราการสลายตัวของแก๊สออกซิเจน เท่ากับ $\frac{8.06 \times 10^{-4} \text{ mol}}{10.00 \text{ L}} = 8.06 \times 10^{-6} \text{ M/s}$ (0.5 คะแนน)

4.2 (2 คะแนน) อัตราการเกิดแก๊สโอโซน = 1.08×10^{-5} M/s (0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $x.xx \times 10^n$

วิธีคำนวณ

จำนวนโมลแก๊สโอโซนที่เกิดขึ้น เท่ากับ

$$\frac{2 \text{ mol}_{\text{O}_3}}{1 \text{ mol}_{\text{total gas}}} \cdot \frac{(759.0 - 719.0 \text{ mmHg}) - (759.0 - 720.0 \text{ mmHg}) \cdot (10.00 \text{ L})}{760.0 \frac{\text{mmHg}}{\text{atm}} (0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(298.15 \text{ K})} = 1.08 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

(0.5 คะแนน) (0.5 คะแนน)

อัตราการเกิดแก๊สโอโซน เท่ากับ $\frac{1.08 \times 10^{-3} \text{ mol}}{10.00 \text{ L}} = 1.08 \times 10^{-5} \text{ M/s}$ (0.5 คะแนน)

4.3 (2 คะแนน) อันดับของแก๊สออกซิเจน เท่ากับ 1 (0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ

อัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาของการทดลองที่ 1 เท่ากับ

$$\frac{1}{3} (8.06 \times 10^{-6} \text{ M/s}) = 2.69 \times 10^{-6} \text{ M/s}$$

(0.5 คะแนน)

อัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาของการทดลองที่ 2 เท่ากับ

$$\frac{1}{2} (1.08 \times 10^{-5} \text{ M/s}) = 5.40 \times 10^{-6} \text{ M/s}$$

(0.5 คะแนน)

พบว่า การทดลองที่ 2 มีอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาเป็น 2 เท่าของการทดลองที่ 1 และ

การทดลองที่ 2 มีความดันแก๊สออกซิเจนเริ่มต้นเป็น 2 เท่าของการทดลองที่ 1 $\left(\frac{759.0 - 719.0 \text{ mmHg}}{759.0 - 739.0 \text{ mmHg}} = 2 \right)$ (0.5 คะแนน)

ดังนั้น อันดับของแก๊สออกซิเจน เป็น อันดับ 1

4.4 (4 คะแนน)

กลไกแบบที่ 1	กฎอัตรา คือ	rate =	$k[\text{O}_2]$	(0.5 คะแนน)
		$k =$	k_1	(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ

เนื่องจากขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นกำหนดอัตรา จะได้ $\text{rate} = k_1[\text{O}_2]$ (0.5 คะแนน)
 ดังนั้น $\text{rate} = k[\text{O}_2]$
 โดย $k = k_1$

กลไกแบบที่ 2	กฎอัตรา คือ	rate =	$k[\text{O}_2]^{3/2}$	(0.5 คะแนน)
		$k =$	$k_2 \sqrt{\frac{k_1}{k_{-1}}}$	(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ

เนื่องจากขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นกำหนดอัตรา จะได้ $\text{rate} = k_2[\text{O}][\text{O}_2]$ (0.5 คะแนน)
 จากขั้นตอนที่ 1 $\frac{k_1}{k_{-1}} = \frac{[\text{O}]^2}{[\text{O}_2]}$ (0.5 คะแนน)
 จะได้ $[\text{O}] = \sqrt{\frac{k_1}{k_{-1}}} [\text{O}_2]^{1/2}$
 ดังนั้น $\text{rate} = k[\text{O}_2]^{3/2}$
 โดย $k = k_2 \sqrt{\frac{k_1}{k_{-1}}}$

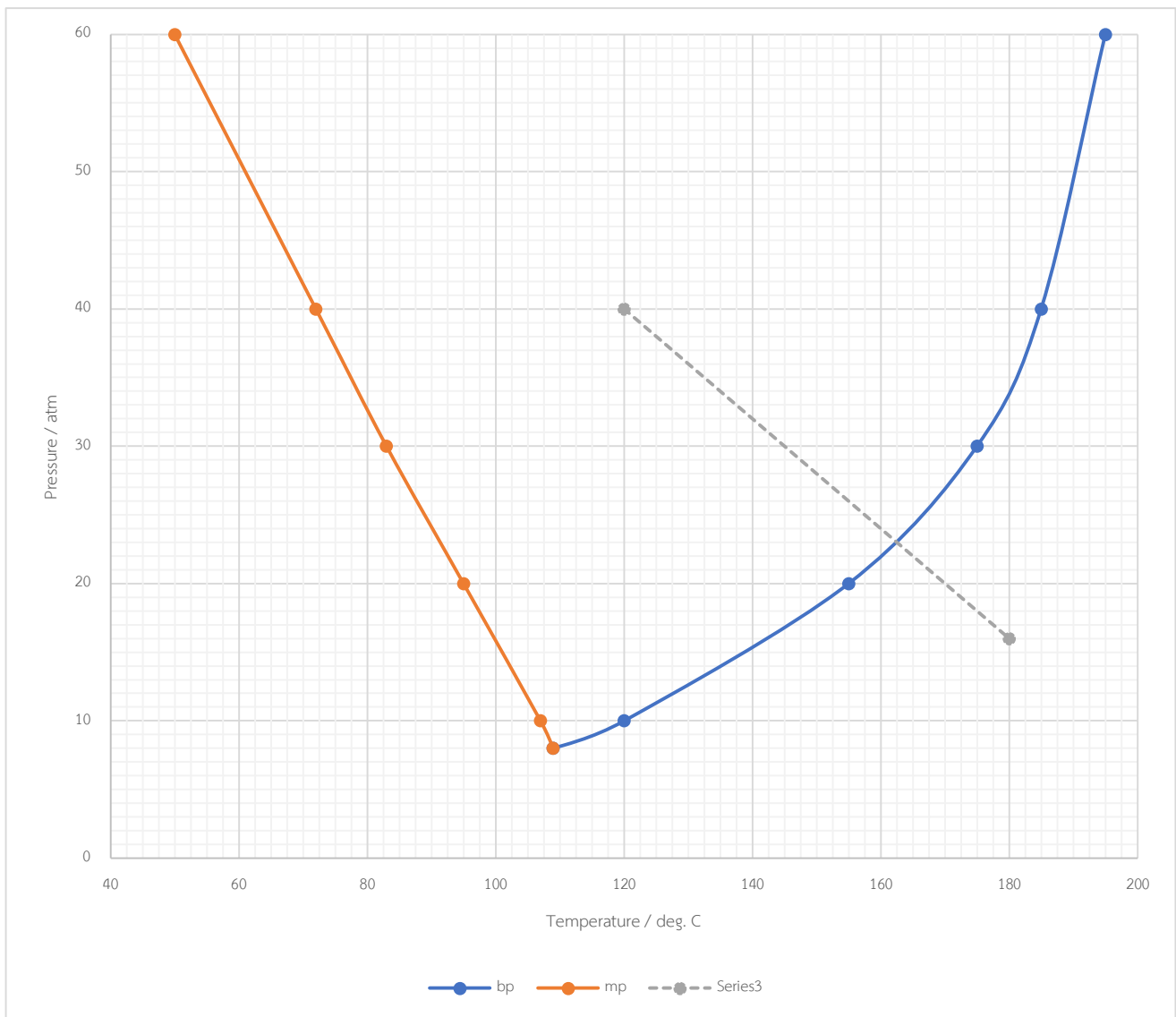
จากผลการทดลองในตาราง กลไกการเกิดปฏิกิริยาควรเป็นแบบที่

1

(0.5 คะแนน)

ถ้าไม่แสดงกฎอัตราของทั้งสองวิธี จะไม่ได้คะแนน

เฉลยโจทย์ข้อที่ 5 (10 คะแนน)

(ไม่มีคะแนน) กราฟระหว่าง อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) กับ ความดัน (atm)

5.1 (1 คะแนน) ของแข็ง ของเหลว และแก๊สอยู่ในภาวะสมดุล 3 สถานะตรงกับ

อุณหภูมิ 109 $^{\circ}\text{C}$ ความดัน 8 atm

ช่องละ 0.5 คะแนน

5.2 (1 คะแนน) จุด x (อุณหภูมิ 120 $^{\circ}\text{C}$ ความดัน 40 atm) สาร A มีสถานะ ☐ ของแข็ง ☒ ของเหลว ☐ แก๊ส
 จุด y (อุณหภูมิ 180 $^{\circ}\text{C}$ ความดัน 16 atm) สาร A มีสถานะ ☐ ของแข็ง ☐ ของเหลว ☒ แก๊ส

จุดละ 0.5 คะแนน

5.3 (1 คะแนน) จุดที่ผ่านสมดุลระหว่างสถานะดังกล่าวตรงกับ

อุณหภูมิ 162 $^{\circ}\text{C}$ ความดัน 23 atm

ช่องละ 0.5 คะแนน

5.4	(3.5 คะแนน)	$\Delta H =$	1,860.0	J	(0.5 คะแนน)
		$\Delta S =$	4.9	J/K	(0.5 คะแนน)
		$\Delta G =$	35.3	J	(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคำนวณ



$$\Delta H_1 = C_p(s) \cdot \Delta T = 30 \cdot (107 - 100) = 210.00\text{ J}$$

$$\Delta H_2 = \Delta H_{\text{fus}} = 2,000.00\text{ J}$$

$$\Delta H_3 = C_p(l) \cdot \Delta T = 50 \cdot (100 - 107) = -350.00\text{ J}$$

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = 210.00 + 2,000.00 - 350.00 = 1,860.00\text{ J} \quad (0.8\text{ คะแนน})$$

$$\Delta S_1 = C_p(s) \cdot \ln(T_2/T_1) = 30 \cdot \ln[(107+273.15)/(100+273.15)] = 0.56\text{ J/K}$$

$$\Delta S_2 = \Delta S_{\text{fus}} = \Delta H_{\text{fus}}/T = 2,000/(107+273.15) = 5.26\text{ J/K}$$

$$\Delta S_3 = C_p(l) \cdot \ln(T_2/T_1) = 50 \cdot \ln[(100+273.15)/(107+273.15)] = -0.93\text{ J/K}$$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 0.56 + 5.26 - 0.93 = 4.89\text{ J/K} \quad (0.8\text{ คะแนน})$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 1,860.00 - (100+273.15) \cdot 4.89 = 35.30\text{ J} \quad (0.4\text{ คะแนน})$$

ทำอีกแบบหนึ่ง

หา $\Delta H_1, \Delta S_1, \Delta G_1$ ถูกต้อง (0.5 คะแนน)หา $\Delta H_2, \Delta S_2, \Delta G_2$ ถูกต้อง (0.5 คะแนน)หา $\Delta H_3, \Delta S_3, \Delta G_3$ ถูกต้อง (0.5 คะแนน)หา $\Delta H, \Delta S, \Delta G$ ถูกต้อง (0.5 คะแนน)

5.5 (3.5 คะแนน) absolute entropy (S) = 126.7 J/K (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคำนวณ

$$S_{140\text{ }^{\circ}\text{C}} = S_{413.15\text{ K}} = \Delta S_{0-413.15\text{ K}}$$

<u>solid (s)</u>	<u>s \rightarrow l</u>	<u>liquid (l)</u>	<u>l \rightarrow g</u>	<u>gas (g)</u>
$= \Delta S_{0-10\text{ K}} + \Delta S_{10-380.15\text{ K}}$	$+ \Delta S_{380.15\text{ K}}$	$+ \Delta S_{380.15-393.15\text{ K}}$	$+ \Delta S_{393.15\text{ K}}$	$+ \Delta S_{393.15-413.15\text{ K}}$
$= 2.0 + C_p(s) \cdot \ln(T_2/T_1)$	$+ \Delta H_{\text{fus}}/T_{\text{mp}}$	$+ C_p(l) \cdot \ln(T_2/T_1)$	$+ \Delta H_{\text{vap}}/T_{\text{bp}}$	$+ C_p(g) \cdot \ln(T_2/T_1)$
$= 2.0 + 30 \cdot \ln(380.15/10)$	$+ 2,000/380.15$	$+ 50 \cdot \ln(393.15/380.15)$	$+ 3,000/393.15$	$+ 20 \cdot \ln(413.15/393.15)$
$= 2.0 + 30 \times 3.64$	$+ 5.261$	$+ 50 \times 0.034$	$+ 7.631$	$+ 20 \times 0.0496$
$= 2.0 + 109.14$	$+ 5.26$	$+ 1.68$	$+ 7.63$	$+ 0.99$
$= 126.7\text{ J/K}$				

Column แรก ไม่มีคะแนน ที่เหลือคอลัมน์ละ 0.6 คะแนน

แต่ละ column เมื่อเขียนสูตรถูกต้อง 0.2 คะแนน เมื่อแทนค่าถูกต้อง 0.2 คะแนน และเมื่อคิดเลขถูกต้อง 0.2 คะแนน

เฉลยโจทย์ข้อที่ 6 (10 คะแนน)

6.1 (2.5 คะแนน)

6.1.1 แผนผังออร์บิทัลเชิงโมเลกุลของ O_2 (แสดงเฉพาะชั้นเวเลนซ์)

(0.25 คะแนน)
วาด non-mixing scheme

(0.5 คะแนน)
Label ชื่อ และลำดับ MO

(0.25 คะแนน)
degeneracy ของ π -orbital

(0.25 คะแนน)
electron population

6.1.2 โครงสร้างลิวอิสที่ดีที่สุดของ O_2 คือ $\ddot{O}=\ddot{O}:$ (0.25 คะแนน)

ความสอดคล้อง/ความแตกต่างจากทฤษฎีทั้งสอง พร้อมทั้งคำอธิบายหรือเหตุผลประกอบ

ประเด็นละ 0.5 คะแนน (ต้องมาพร้อมคำอธิบาย) เช่น

- (1) **อันดับพันธะ:** คำนวณได้เท่ากับ 2 (พันธะคู่) ทั้งสองทฤษฎี
จำนวนคู่อิเล็กตรอนในพันธะ = 2 คู่ vs B.O. = $\frac{1}{2}(6-2) = 2$
- (2) **สมบัติแม่เหล็ก:** โครงสร้างลิวอิส = diamagnetic (อิเล็กตรอนอยู่เป็นคู่ทั้งหมด)
MO diagram = paramagnetic (อิเล็กตรอนเดี่ยวใน π^*_{2p})

6.2 (3 คะแนน)

6.2.1 ทำเครื่องหมายในตารางเพื่อระบุออร์บิทัลที่สามารถเกิดอันตรกิริยาได้

	σ_{2s}	σ_{2p}	π_{2p}	σ^*_{2s}	σ^*_{2p}	π^*_{2p}
2s	✓ B	✓ F,G				C,C
2p_x				✓ A	✓ H,I	
2p_y			✓ D,E			
2p_z			✓ D,E			

✓ ช่องละ 0.2 คะแนน
ทำเครื่องหมายเกิน
หักคะแนนเท่านั้น

6.2.2 ลำดับของค่าระดับพลังงานและจำนวนออร์บิทัล

ลำดับพลังงาน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	(จากต่ำไปสูง)
ชื่อออร์บิทัล	B	A	F	H	E	C	D	G	I	ช่องละ 0.2
จำนวนออร์บิทัลในระดับพลังงาน	1	1	1	1	2	2	2	1	1	ช่องละ 0.1

6.3 (4.5 คะแนน)

6.3.1 ทำเครื่องหมาย \uparrow เพื่อระบุว่าออร์บิทัลนั้นจะมีพลังงานเพิ่มขึ้น \downarrow เพื่อระบุว่าออร์บิทัลนั้นจะมีพลังงานลดลงและ $=$ หากคิดว่าออร์บิทัลนั้นจะไม่เปลี่ยนแปลงพลังงาน

หากมีจำนวนออร์บิทัลในระดับพลังงานมากกว่าหนึ่งออร์บิทัล ให้ทำเครื่องหมายตามจำนวนออร์บิทัล

ออร์บิทัล	A	B	C	D	E	F	G	H	I
เครื่องหมาย	=	=	\uparrow \uparrow	\downarrow $\downarrow/=$	\uparrow \downarrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow

ช่องละ
0.26.3.2 คาดว่า มุมพันธะของโมเลกุลโอโซน คือ ☐ 90° ☐ 105° ☒ 120° ☐ 135° ☐ 150° ☐ 165° ☐ 180°

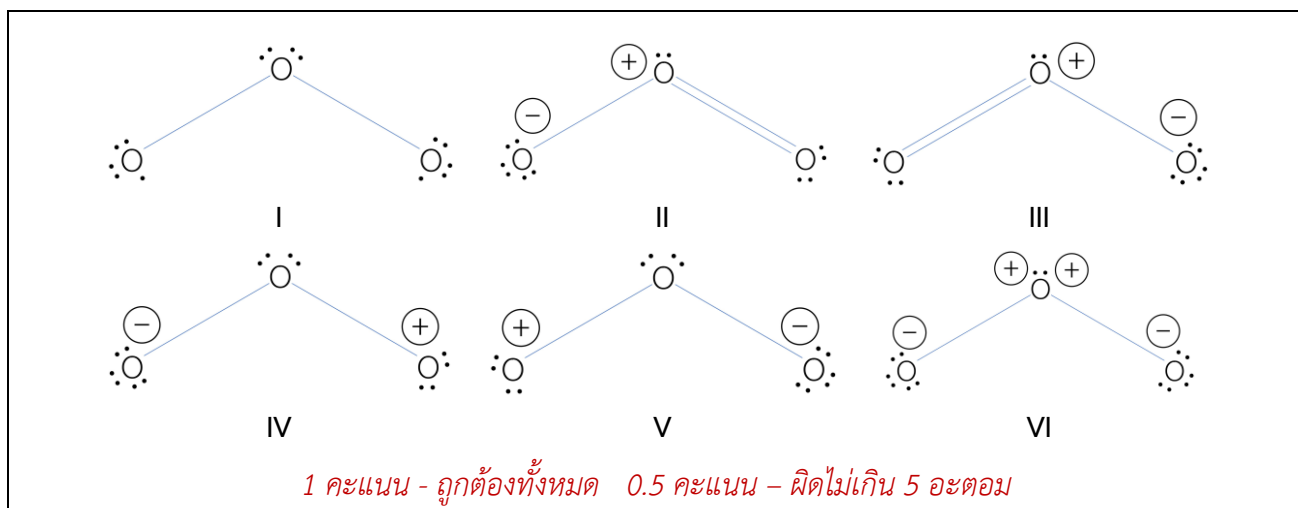
(0.5 คะแนน)

หมายเหตุ ตอบ 135° เนื่องจากประมาณการหักล้างของเส้นที่สูงขึ้นหรือลดลงในแผนภาพก็ให้คะแนน (ต้องมีเหตุผลประกอบ)

เหตุผลประกอบ (1 คะแนน)

- เมื่อบรรจุอิเล็กตรอนลงไปใน MO diagram ของรูปเส้นตรงจะมีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่ถึงชั้น $2\pi_u$ (สองตัว)
 - จาก diagram จะเห็นได้ว่าออร์บิทัลที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานมาก คือ $2\pi_u$ (ลดลง) และ $1\pi_g$ (เพิ่มขึ้น)
 - มุมที่แคบลงต้องถูก drive ด้วย $2\pi_u$ (อยากให้เล็กมากๆ) แต่มีพลังงานของออร์บิทัลอื่นที่สูงขึ้นมาต้านไว้
 - ค่ามุมที่เล็กที่สุดที่ พลังงานที่ลดต่ำลงมีปริมาณมากกว่าพลังงานที่เพิ่มขึ้นอยู่ราว ๆ 120°
- ... เทียบระยะในแผนภาพ: จุดตัดระหว่าง $2\pi_u$ และ $1\pi_g \sim (1.3/6.9) * (180^\circ - 90^\circ) = 17^\circ$ จากซ้าย

6.3.3 ระบุประจุฟอร์มัลของทุกอะตอมในแต่ละโครงสร้างให้ถูกต้อง



ลำดับพลังงาน

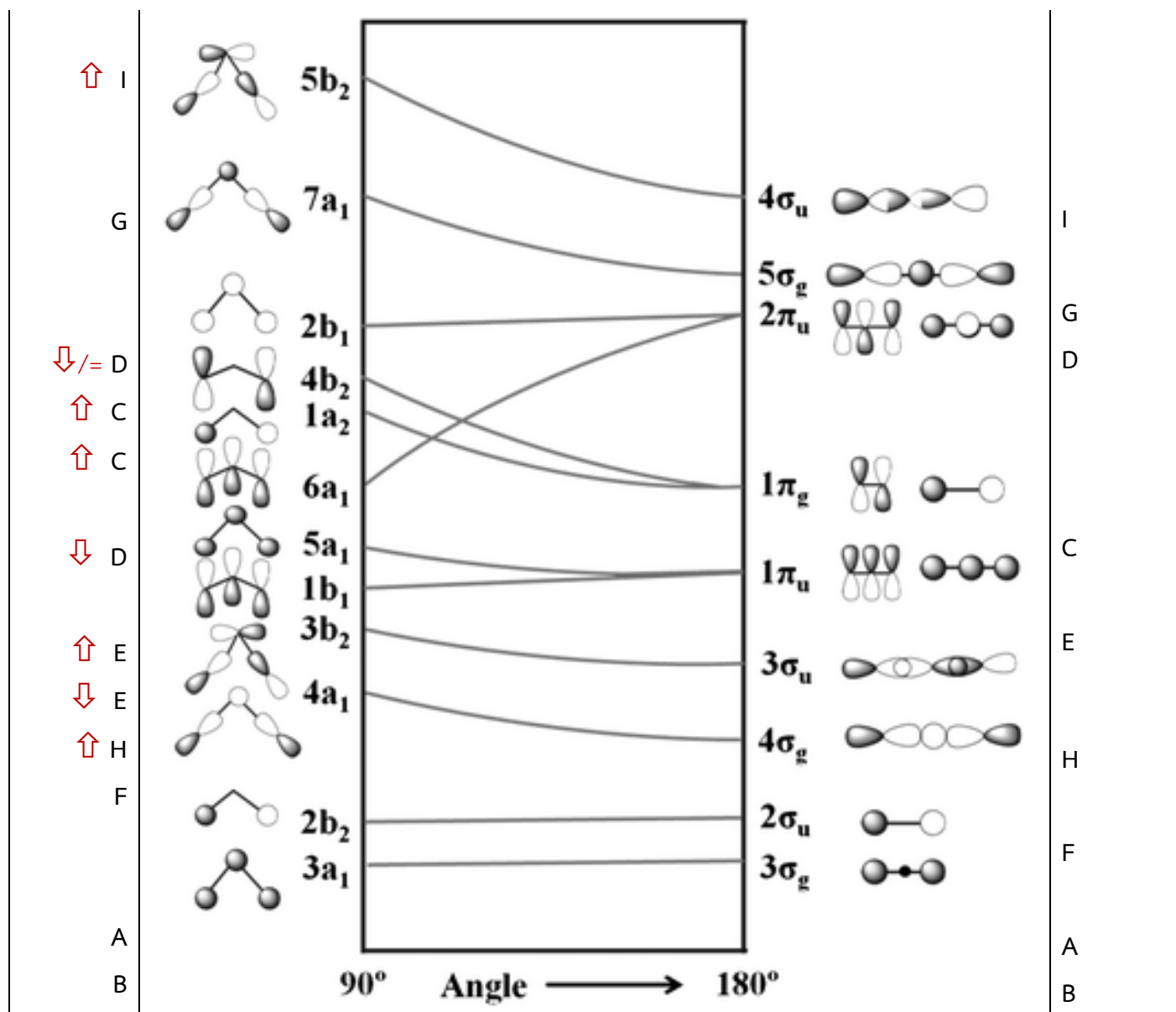
(II = III) < (IV = V) < I < VI (0.5 คะแนน)

หรือ (II = III) < I < (IV = V) < VI

6.3.4 โครงสร้างลิวอิสที่ใกล้เคียงโครงสร้างจริงมากที่สุด คือ

II หรือ III

(0.5 คะแนน)



เฉลยโจทย์ข้อที่ 7 (15 คะแนน)

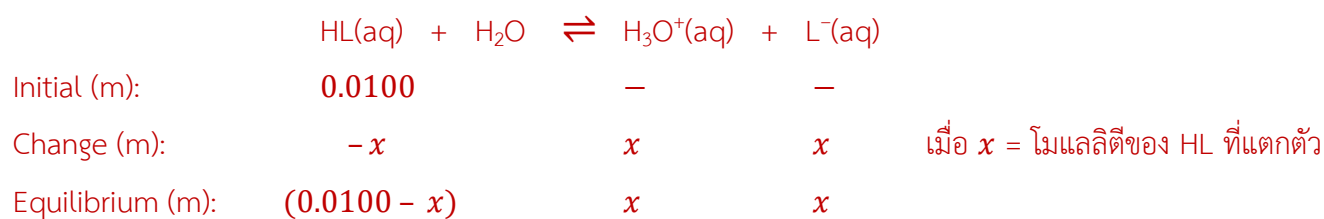
7.1 (3.5 คะแนน) ร้อยละการแตกตัวของกรดแล็กติก = 11 (0.5 คะแนน)

ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

วิธีคำนวณ

$$T_f = -0.0206\text{ }^{\circ}\text{C}; \quad \Delta T_f = 0.0000 - (-0.0206) = 0.0206\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_f = K_f \cdot m; \quad m_{\text{observed}} = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{0.0206\text{ }^{\circ}\text{C}}{1.86\text{ }^{\circ}\text{C/m}} = 0.0111\text{ m} \quad (1\text{ คะแนน})$$



$$\begin{aligned} m_{\text{HL}} + m_{\text{H}_3\text{O}^+} + m_{\text{L}^-} &= 0.0111 \\ (0.0100 - x) + x + x &= 0.0111 \end{aligned} \quad (1\text{ คะแนน})$$

$$x = 0.0011\text{ m} \quad (0.5\text{ คะแนน})$$

$$\text{ร้อยละการแตกตัวของ HL} = \frac{0.0011\text{ m}}{0.0100\text{ m}} \times 100 \quad (0.5\text{ คะแนน})$$

$$= 11$$

7.2 (6 คะแนน) สารละลายที่เตรียมได้มี pH =	4.17	(0.5 คะแนน)
สารละลายหลังเติม HCl มี pH =	4.09	(0.5 คะแนน)

ตอบเลขทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคำนวณ

ปริมาตรสารละลายผสม = 225 + 525 = 750 mL

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้น HL ในสารละลายผสม} &= 225 \text{ mL HL} \times \frac{0.85 \text{ mol HL}}{1000 \text{ mL HL}} \times \frac{1}{750 \text{ mL buffer}} \times \frac{1000 \text{ mL buffer}}{1 \text{ L buffer}} \\ &= 0.255 \text{ M} \end{aligned} \quad (0.5 + 0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้น L}^- \text{ ในสารละลายผสม} &= 525 \text{ mL HL} \times \frac{0.75 \text{ mol NaL}}{1000 \text{ mL NaL}} \times \frac{1}{750 \text{ mL buffer}} \times \frac{1000 \text{ mL buffer}}{1 \text{ L buffer}} \\ &= 0.525 \text{ M} \end{aligned} \quad (0.5 + 0.5 \text{ คะแนน})$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{L}^-]}{[\text{HL}]} = 1.4 \times 10^{-4}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{HL}]}{[\text{L}^-]} = 1.4 \times 10^{-4} \times \frac{0.255 \text{ M}}{0.525 \text{ M}} = 6.8 \times 10^{-5} \text{ M} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(6.8 \times 10^{-5}) = 4.17$$

เมื่อเติม HCl 25 mmol ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ ส่งผลให้ความเข้มข้นของ HL และ L⁻ เปลี่ยนแปลงเนื่องจากทำปฏิกิริยากับ HCl ดังสมการ



$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้น HL} &= \frac{(750 \text{ mL} \times 0.255 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}}) + 25 \text{ mmol}}{750 \text{ mL}} \quad \text{หรือ} \quad \frac{(225 \text{ mL} \times 0.85 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}}) + 25 \text{ mmol}}{750 \text{ mL}} \\ &= 0.288 \text{ M} \end{aligned} \quad (0.5 + 0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้น L}^- &= \frac{(750 \text{ mL} \times 0.525 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}}) - 25 \text{ mmol}}{750 \text{ mL}} \quad \text{หรือ} \quad \frac{(525 \text{ mL} \times 0.75 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}}) - 25 \text{ mmol}}{750 \text{ mL}} \\ &= 0.492 \text{ M} \end{aligned} \quad (0.5 + 0.5 \text{ คะแนน})$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{HL}]}{[\text{L}^-]} = 1.4 \times 10^{-4} \times \frac{0.288 \text{ M}}{0.492 \text{ M}} = 8.2 \times 10^{-5} \text{ M} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(8.2 \times 10^{-5}) = 4.09$$

7.3 (2 คะแนน) ☐ เป็นไปได้ ☒ เป็นไปไม่ได้

ให้คะแนนโดยพิจารณาจากเหตุผลประกอบ

เหตุผล

ตัวอย่างคำตอบ

เป็นไปได้

กราฟการไทเทรตมีจุดสมมูล 1 จุด และ pH ที่จุดสมมูลมากกว่า 7 แสดงว่าน่าจะเป็นการไทเทรตระหว่างกรดอ่อนแบบ monoprotic acid กับเบสแก่ \rightarrow เป็นไปได้ (0.25 คะแนน)

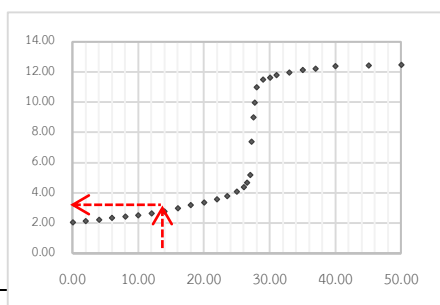
เป็นไปไม่ได้

จากกราฟการไทเทรตปริมาตร NaOH ที่จุดสมมูลอยู่ที่ประมาณ 27 mL ซึ่งหา molar mass ของกรดอ่อนชนิดนี้ (HA) ได้ดังนี้

$$\text{g HA/mol} = \frac{0.412 \text{ g HA}}{27 \text{ mL NaOH}} \times \frac{1000 \text{ mL NaOH}}{0.125 \text{ mol NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol HA}} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 122 \text{ g/mol}$$

เมื่อเปรียบเทียบกับ molar mass ของกรดแลคติก ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$) ซึ่งเท่ากับ 90.0 g/mol จะเห็นว่า molar mass ที่ได้จากการทดลองต่างจาก molar mass ของกรดแลคติกมาก \rightarrow เป็นไปไม่ได้ (1 คะแนน)

ที่ 50% neutralization: $\text{pH} = \text{pK}_a$ จากกราฟไทเทรตตรงกับ pH ประมาณ 3 แสดงว่า $K_a = 1 \times 10^{-3}$ เมื่อเปรียบเทียบกับ K_a ของกรดแลคติก (1.4×10^{-4}) แตกต่างพอสมควร

7.4 (3.5 คะแนน) ตัวอย่างมีกรดแลคติก =

1.53

mg

(0.5 คะแนน)

ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

วิธีคำนวณ

$$\text{ประจุไฟฟ้าที่ใช้} = 15.6 \text{ mA} \times \frac{1 \text{ A}}{1000 \text{ mA}} \times 105 \text{ s} \times \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ A} \cdot \text{s}} = 1.64 \text{ C} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$\text{จำนวนโมลอิเล็กตรอน} = 1.64 \text{ C} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{96485 \text{ C}} = 1.70 \times 10^{-5} \text{ mol e}^- \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{จำนวนโมล OH}^- = 1.70 \times 10^{-5} \text{ mol e}^- \times \frac{2 \text{ mol OH}^-}{2 \text{ mol e}^-} = 1.70 \times 10^{-5} \text{ mol OH}^- \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$



$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่างมีกรดแลคติก} &= 1.70 \times 10^{-5} \text{ mol OH}^- \times \frac{1 \text{ mol HL}}{1 \text{ mol OH}^-} \times \frac{90.0 \text{ g HL}}{1 \text{ mol HL}} \times \frac{1000 \text{ mg HL}}{1 \text{ g HL}} \\ &= 1.53 \text{ mg} \end{aligned} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

เฉลยโจทย์ข้อที่ 8 (12 คะแนน)

8.1 (7 คะแนน)

8.1.1 $E_{\text{cell}} =$ 1.58 V (0.5 คะแนน)

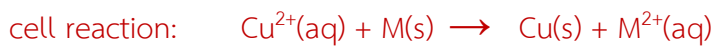
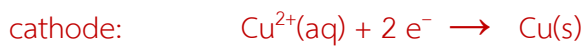
ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

วิธีคำนวณ

จากปฏิกิริยาการไทเทรต



$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของ } M^{2+} &= 50.0 \text{ mL EDTA} \times \frac{0.0800 \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol } M^{2+}}{1 \text{ mol EDTA}} \times \frac{1}{100.0 \text{ mL } M^{2+}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 0.0400 \text{ M} \end{aligned} \quad (1 \text{ คะแนน})$$



$$\begin{aligned} E_{\text{cell}}^{\circ} &= E_{\text{cathode}}^{\circ} - E_{\text{anode}}^{\circ} \\ &= 0.34 - (-1.20) = 1.54 \text{ V} \end{aligned} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

หรือ $E_{\text{cathode}} = 0.34 \text{ V}$

$$E_{\text{anode}} = E_{\text{anode}}^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log \frac{1}{[M^{2+}]}$$

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log \frac{[M^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} = -1.20 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{1}{0.0400}$$

$$= 1.54 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{0.0400 \text{ M}}{1.00 \text{ M}} \quad (1 \text{ คะแนน}) \quad = -1.24 \text{ V} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 1.58 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{cell}} &= E_{\text{cathode}} - E_{\text{anode}} \\ &= 0.34 - (-1.24) \quad (1 \text{ คะแนน}) \\ &= 1.58 \text{ V} \end{aligned}$$

8.1.2 K_{eq} ของปฏิกิริยาการไทเทรต = 1.42×10^{28} V (0.5 คะแนน)

ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

วิธีคำนวณ

เมื่อเติมสารละลาย EDTA เข้มข้น 0.0800 M ปริมาตร 50.0 mL ลงในสารละลาย M^{2+} เข้มข้น 0.0400 M ปริมาตร 100.0 mL EDTA จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ M^{2+} และ $E_{cell} = 1.98$ V

$$E_{cell} = E_{cell}^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log \frac{[M^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$1.98 = 1.54 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{[M^{2+}]}{1.00 \text{ M}}$$

$$[M^{2+}] = 1.37 \times 10^{-15} \text{ M} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

จากปฏิกิริยาการไทเทรต $Y^{4-}(aq) + M^{2+}(aq) \rightleftharpoons MY^{2-}(aq)$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของ } MY^{2-} &= 50.0 \text{ mL EDTA} \times \frac{0.0800 \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol } MY^{2-}}{1 \text{ mol EDTA}} \times \frac{1}{150.0 \text{ mL mixture}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 0.0267 \text{ M} \quad (1 \text{ คะแนน}) \end{aligned}$$

หลังปฏิกิริยาที่จุดสมมูล ระบบเข้าสู่สมดุลดังนี้

	$Y^{4-}(aq)$	+	$M^{2+}(aq)$	\rightleftharpoons	$MY^{2-}(aq)$
Initial (M):	-		-		0.0267
Change (M):	$+1.37 \times 10^{-15}$		$+1.37 \times 10^{-15}$		-1.37×10^{-15}
Equilibrium (M):	1.37×10^{-15}		1.37×10^{-15}		$(0.0267 - 1.37 \times 10^{-15})$

$$K = \frac{[MY^{2-}]}{[Y^{4-}][M^{2+}]}$$

$$= \frac{(0.0267 - 1.37 \times 10^{-15})}{(1.37 \times 10^{-15})(1.37 \times 10^{-15})} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 1.42 \times 10^{28}$$

8.2 (5 คะแนน)	ร้อยละโดยมวลของ Ni =	63.0	(0.5 คะแนน)
	ร้อยละโดยมวลของ Fe =	11.6	(0.5 คะแนน)
	ร้อยละโดยมวลของ Cr =	25.4	(0.5 คะแนน)

ตอบเลขนี้สำคัญ 3 ตัว

วิธีคำนวณ (แสดงเฉพาะวิธีคำนวณร้อยละโดยมวลของ Fe เท่านั้น)

เมื่อพิจารณาค่าคงที่การเกิดสารเชิงซ้อนในเชิงเปรียบเทียบ จะเห็นว่า ขั้นที่ 1 สามารถหาปริมาณของ Fe+Ni และขั้นที่ 2 หาปริมาณของ Ni ได้ ดังนั้นปริมาณ Fe จึงหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \%Fe &= \frac{(13.85-11.60) \text{ mL EDTA}}{10.00 \text{ mL sample}} \times \frac{0.0500 \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol EDTA}} \times \frac{55.8 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{100.00 \text{ mL sample}}{0.540 \text{ g sample}} \times 100 \% \\ &\quad (1 \text{ คะแนน}) \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \quad (1 \text{ คะแนน}) \\ &= 11.625 \% \end{aligned}$$

หรือ

$$\text{mol Fe+Ni} = 13.85 \text{ mL EDTA} \times \frac{0.0500 \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol Fe+Ni}}{1 \text{ mol EDTA}} = 6.925 \times 10^{-4} \quad (0.75 \text{ คะแนน})$$

$$\text{mol Ni} = 11.60 \text{ mL EDTA} \times \frac{0.0500 \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol Ni}}{1 \text{ mol EDTA}} = 5.80 \times 10^{-4} \quad (0.75 \text{ คะแนน})$$

$$\text{mol Fe} = 6.925 \times 10^{-4} - 5.80 \times 10^{-4} = 1.125 \times 10^{-4} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\begin{aligned} \%Fe &= \frac{1.125 \times 10^{-4} \text{ mol Fe}}{10.00 \text{ mL sample}} \times \frac{55.8 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{100.00 \text{ mL sample}}{0.540 \text{ g sample}} \times 100 \% \\ &\quad (0.25 \text{ คะแนน}) \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \quad (1 \text{ คะแนน}) \\ &= 11.625 \% \end{aligned}$$

$$\%Ni = \frac{11.60 \text{ mL EDTA}}{10.00 \text{ mL sample}} \times \frac{0.0500 \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol Ni}}{1 \text{ mol EDTA}} \times \frac{58.7 \text{ g Ni}}{1 \text{ mol Ni}} \times \frac{100.00 \text{ mL sample}}{0.540 \text{ g sample}} \times 100 \% = 63.048 \%$$

$$\%Cr = 100 - 11.6 - 63.0 = 25.4 \%$$

เฉลยโจทย์ข้อที่ 9 (13.5 คะแนน)

9.1 (1.5 คะแนน)

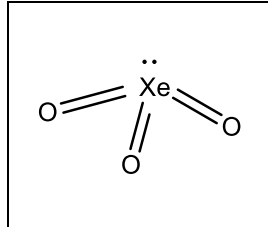
X อาจเป็น

N, Cl, Xe, Rn

N และ Cl ตัวละ 0.25; Xe และ Rn ตัวละ 0.5; แก๊สอื่นตัวละ -0.5
มีสถานะอื่นได้ 0 คะแนน

9.2 (1.5 คะแนน)

รูปโครงสร้าง



มุมใกล้เคียง

☐ 90°☒ 109.5°☐ 120°☐ 180°

1+0.5 คะแนน

9.3 (3 คะแนน)

Y คือ

I

1 คะแนน

สูตรกรด

HIO₂

ชื่อกรด

iodous acid

0.5+0.5 คะแนน

การจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบย่อ

[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁴

1 คะแนน

9.4 (2.5 คะแนน)

ความยาวด้าน =

6.10

Å

r₋ =

216

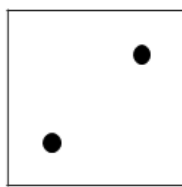
pm

อัตราส่วนรัศมีไอออน =

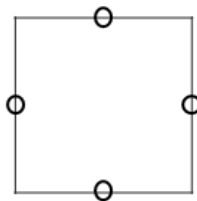
0.36

1+1+0.5
คะแนน

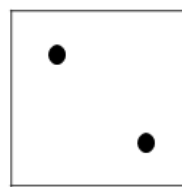
9.5 (2 คะแนน)



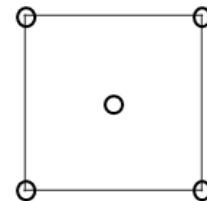
z = 1/4



z = 1/2



z = 3/4



z = 1

z 1/4 3/4 สลับกันได้

9.6 (3 คะแนน)

%การละลายเปลี่ยนไปโดย ☐ เพิ่มขึ้น ☐ เท่าเดิม ☒ ลดลง = 92.7 % 0.5 คะแนน

แสดงวิธีคำนวณเปอร์เซ็นต์การละลายที่เปลี่ยนไป

$$[\text{Cu}^+]_{\text{sat'd}} = \frac{73.5 \mu\text{g Q}}{175 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{190.4 \text{ g}} \times \frac{10^{-6} \text{ g}}{1 \mu\text{g}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 2.206 \times 10^{-6} \text{ M} \quad 0.5 \text{ คะแนน}$$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Cu}^+]_{\text{sat'd}} [\text{I}^-]_{\text{sat'd}} = \left(\frac{73.5 \mu\text{g Q}}{175 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{190.4 \text{ g}} \times \frac{10^{-6} \text{ g}}{1 \mu\text{g}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \right)^2 = 4.87 \times 10^{-12} \quad 1 \text{ คะแนน}$$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Cu}^+][\text{I}^-] = x[2(1.50 \times 10^{-5}) + x];$$

$$\therefore \text{solubility} = [\text{Cu}^+]_{\text{CaI}_2} = \frac{4.87 \times 10^{-12}}{2(1.50 \times 10^{-5} \text{ M})} = 1.62 \times 10^{-7} \text{ M} \quad 0.5 \text{ คะแนน}$$

$$\% \text{ solubility change} = \frac{(1.62 \times 10^{-7}) - (2.21 \times 10^{-6})}{2.21 \times 10^{-6}} \times 100 \% = -92.7 \quad 0.5 \text{ คะแนน}$$

แนวคิด

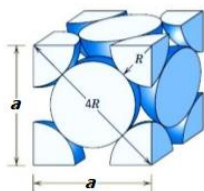
- จากเฟสไดอะแกรม X เป็นแก๊ส Y เป็นของแข็ง ธาตุของแข็ง-แก๊สที่อยู่ติดกัน คือ C-N; S-Cl, I-Xe, At-Rn (ถ้ารู้ว่าเป็นของแข็งที่ระเหิดเป็นแก๊สทันที ยังต้องตอบ Xe/Rn)

- จำนวน unpaired electron: C-N = 5; S-Cl = 3, I-Xe = 1, At-Rn = 1

- สารประกอบ XF_n : ClF_3 T-shaped มุม $<180^\circ$ (175°), XeF_2 เส้นตรง 180° , XeF_4 square planar $90/180^\circ$, XeF_6 (capped) octahedron $72/90/180^\circ$, RnF_2 ไม่เสถียร \therefore X คือ Xe และ Y คือ I

- NaCl มีโครงสร้างแบบ rock salt แสดงว่าเกิด CuI ไม่ใช่ CuI_2 // I^- เป็น FCC

$$\text{unit cell length } a = \left(4 \text{ units} \times \frac{190.4 \text{ g CuI}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ units}} \times \frac{\text{cm}^3}{5.57 \text{ g}} \right)^{1/3} = 6.10 \times 10^{-8} \text{ cm} = 6.10 \text{ \AA}$$

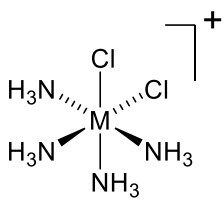
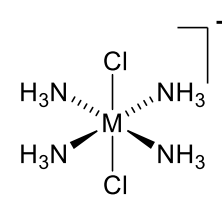


$$r_- = \frac{\sqrt{2}(6.10)^2}{4} = 2.157 \text{ \AA} = 216 \text{ pm}; r_+/r_- = 77/216 = 0.357$$

ดังนั้น Cu^+ ควรอยู่ในช่องว่างเตตระฮีดรัลครึ่งหนึ่ง

เฉลยโจทย์ข้อที่ 10 (9.5 คะแนน)

10.1 (2.5 คะแนน)

	ไอโซเมอร์ A	ไอโซเมอร์ B
โครงสร้าง	 <p style="color: red;">(1 คะแนน)</p>	 <p style="color: red;">(1 คะแนน)</p>
optical isomer	<input type="checkbox"/> มี <input checked="" type="checkbox"/> ไม่มี (0.25 คะแนน)	<input type="checkbox"/> มี <input checked="" type="checkbox"/> ไม่มี (0.25 คะแนน)

แนวคิด

- เมื่อสาร A และ B ทำปฏิกิริยากับ AgNO_3 แล้วได้ตะกอนสีแดงทึบที่นั่น ตะกอนสีแดงคือ Ag_2CrO_4 แสดงว่า CrO_4^{2-} ไม่ได้โคออร์ดิเนตกับ M โดยตรง และการที่ไม่ได้ให้ตะกอนสีขาวของ AgCl ตกลงมา แสดงว่า คลอไรด์จะต้องโคออร์ดิเนตกับ M ดังนั้นเลขโคออร์ดิเนชันของ M มาจาก 2 Cl^- กับ 4 NH_3 คือเท่ากับ 6
- กลุ่มลิแกนด์ที่โคออร์ดิเนตกับ M แบบโคเวเลนต์คือ Cl^- กับ NH_3 ส่วน K^+ และ CrO_4^{2-} เป็นไอออนิก
- การที่ออกซาเลตสามารถแทนที่คลอไรด์ได้บ่งบอกว่า จะต้องเป็นคลอไรด์ที่อยู่ในตำแหน่ง cis กันเท่านั้นเพราะออกซาเลตเป็นคีเลตลิแกนด์ ดังนั้นสาร A จึงต้องเป็น cis isomer ส่วนสาร B จะต้องเป็น trans isomer ทั้ง cis และ trans isomer ไม่เป็น optical isomer เพราะมี plane of symmetry ในโครงสร้าง

10.2 (2 คะแนน) สมการแสดงปฏิกิริยาการตกตะกอน

ข้อ (c)	$\text{KM}(\text{CrO}_4)\text{Cl}_2(\text{NH}_3)_4 + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{KM}(\text{NO}_3)_2\text{Cl}_2(\text{NH}_3)_4 + \text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$	(1 คะแนน)
ข้อ (d)	$\text{KM}(\text{NO}_3)_2\text{Cl}_2(\text{NH}_3)_4 + \text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{KM}(\text{NO}_3)_2(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{NH}_3)_4 + 2\text{AgCl}(\text{s})$	(1 คะแนน)

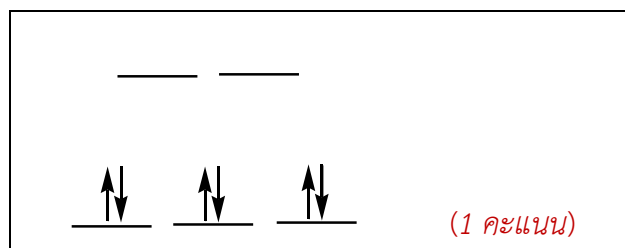
10.3 (1.5 คะแนน)

M คือ

 Co^{3+}

(0.5 คะแนน)

d-splitting diagram

10.4 (1 คะแนน) ชื่อสารประกอบโคออร์ดิเนชัน $\text{KM}(\text{CrO}_4)\text{Cl}_2(\text{NH}_3)_4$ คือ

Potassium tetraamminedichlorocobalt(III) chromate

(1 คะแนน)

10.5 (2.5 คะแนน) จุดเยือกแข็งของสารละลาย =

-0.56

°C

(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ

$i = 3$ เพราะเมื่อ $\text{KM}(\text{CrO}_4)\text{Cl}_2(\text{NH}_3)_4$ ละลายน้ำมี ionic species 3 ชนิดคือ K^+ , $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]^+$ และ CrO_4^{2-}

คำนวณความเข้มข้นเป็นโมลลของสารละลายของสารเชิงซ้อน $\text{KM}(\text{CrO}_4)\text{Cl}_2(\text{NH}_3)_4$

จากความเข้มข้นของสารละลาย 0.10 mol/L และความหนาแน่นของสารละลาย 1.03 g/cm^3 แสดงว่า

สารละลาย 1 L มีมวล = 1030 g

มวลของน้ำในสารละลาย $1 \text{ L} = 1030 \text{ g} - 0.10 \text{ mol} \times \frac{353.0 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 994.7 \text{ g}$ หรือ 0.9947 kg

ดังนั้น ความเข้มข้นในหน่วยโมลล = $\frac{0.10 \text{ mol}}{0.9947 \text{ kg}} = 0.10053 \text{ mol kg}^{-1}$ (1 คะแนน)

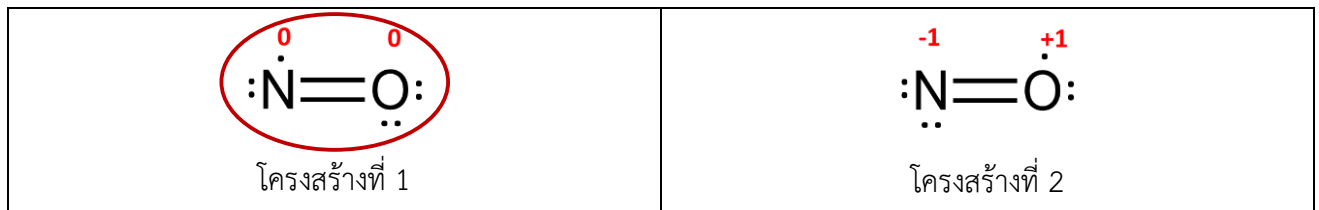
$\Delta T_f = i \times K_f \times m = 3 \times 1.86 \text{ mol}^{-1} \text{ kg } ^\circ\text{C} \times 0.10053 \text{ mol kg}^{-1} = 0.56 \text{ } ^\circ\text{C}$ (1 คะแนน)

จุดเยือกแข็งของสารละลาย = $-0.56 \text{ } ^\circ\text{C}$

เฉลยโจทย์ข้อที่ 11 (5 คะแนน)

11.1 (1.5 คะแนน)

11.1.1 โครงสร้างลิวอิสที่เป็นไปได้ของ NO พร้อมระบุประจุฟอร์มัลของแต่ละอะตอมในโครงสร้าง



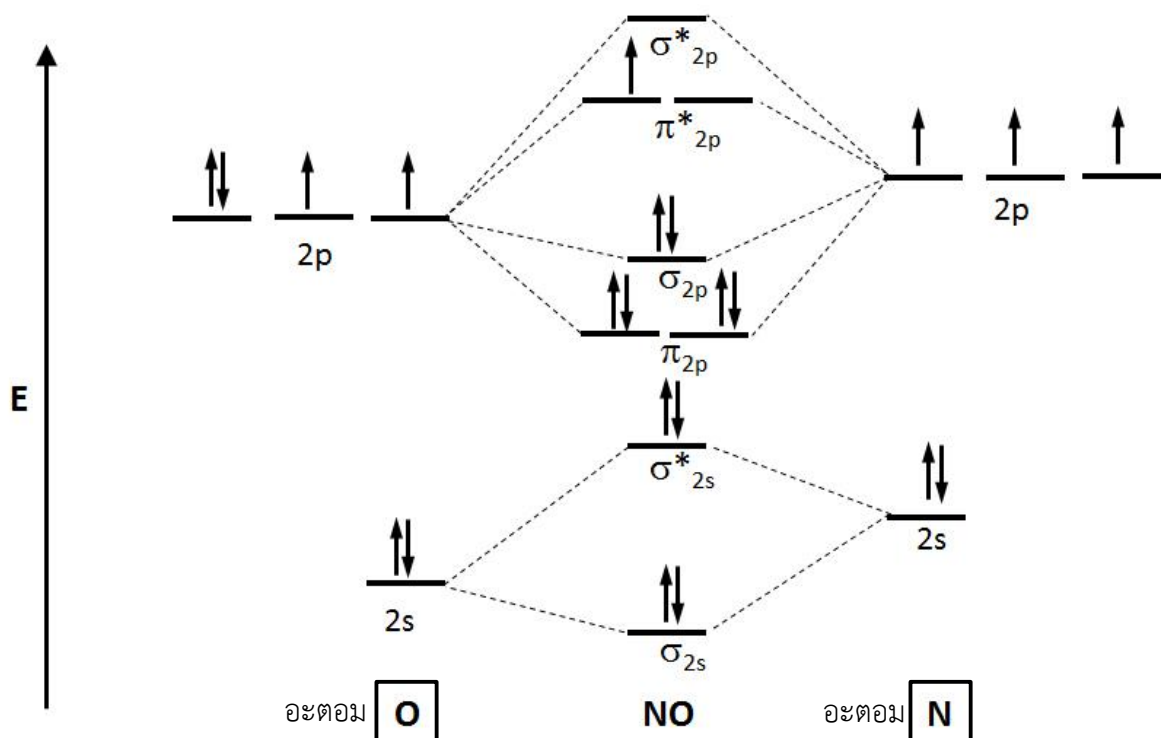
(โครงสร้างละ 0.5 คะแนน) เกิน \rightarrow 0

11.1.2 เหตุผล

เนื่องจาก (0.5 คะแนน)

เมื่อ unpaired electron อยู่ในโนโตรเจนจะได้โครงสร้างที่มีประจุฟอร์มัลของแต่ละอะตอมเท่ากับ ศูนย์ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความเสถียรมากกว่าเมื่อ unpaired electron อยู่ที่ออกซิเจนอะตอม

11.2 (2 คะแนน) การบรรจุอิเล็กตรอนลงใน Molecular Orbitals Diagram ของไนตริกออกไซด์ (NO)



11.3 (0.5 คะแนน) อันดับพันธะของ NO คือ

2.5

0.5 คะแนน

11.4 (1 คะแนน) ลำดับของค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 (IE_1) คือ



ถูกทั้งหมดได้ 1 คะแนน

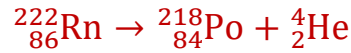
เฉลยโจทย์ข้อที่ 12 (5 คะแนน)

12.1 (0.5 คะแนน) การจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบย่อของ U(IV) คือ

[Rn] 5f²

ชี้แจง : U เลขอะตอม 92 และมีเลขออกซิเดชัน +4 จึงมี 88 อิเล็กตรอน

12.2 (1.5 คะแนน) สมการนิวเคลียร์



ชี้แจง : Po อยู่หมู่เดียวกับกำมะถัน คือ VI จึงมีเลขอะตอมน้อยกว่า Rn อยู่ 2
ดังนั้นอนุภาคที่ปล่อยออกมาต้องมีประจุ +2 คือ แอลฟา

12.3 (1.5 คะแนน) เหลือ ${}^{222}\text{Rn} =$

26

อะตอม

(0.5 คะแนน)

(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

วิธีคำนวณ

$$\ln \frac{N_0}{N} = \lambda t \quad \text{หรือ} \quad 2.303 \log \frac{N_0}{N} = \lambda t \quad \text{โดย} \quad \lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$2.303 \log \frac{1000}{N} = \frac{0.693}{3.8} \times 20 \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$2.303 \log N = 2.303 \log 1000 - \frac{0.693}{3.8} \times 20$$

$$\log N = 3 - \frac{0.693 \times 20}{2.303 \times 3.8} = 1.4163 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$N = 10^{1.4163} = 26.08 \approx 26$$

12.4 (1.5 คะแนน) การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ☐ ดูดพลังงาน ☒ คายพลังงาน

(0.25 คะแนน)

พลังงานที่เปลี่ยนแปลง =

2.24 × 10⁵

kJ

(0.5 คะแนน)

วิธีคำนวณ

$$E = (\Delta m)c^2 \quad (\text{หน่วย } m \text{ เป็น kg; } c \text{ เป็น m/s}) \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$${}^{232}\text{Th} \text{ 1.0 g สลายตัวทำให้เกิด } \Delta m = - \frac{5.19 \times 10^{-3} \times 1.66 \times 10^{-24}}{232.0381 \times 1.66 \times 10^{-24}} \times 1.0 \text{ g} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= - \frac{5.19 \times 10^{-6}}{232.0381} \text{ kg}$$

$$E = \frac{5.19 \times 10^{-6}}{232.0381} \text{ kg} \times (3.0 \times 10^8 \text{ m/s})^2 \text{ kg m s}^{-2} \text{ หรือ J} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= -0.0224 \times 10^{10} \text{ J หรือ } -2.24 \times 10^5 \text{ kJ} \quad (\text{เครื่องหมายลบแสดงว่า คายพลังงาน})$$