



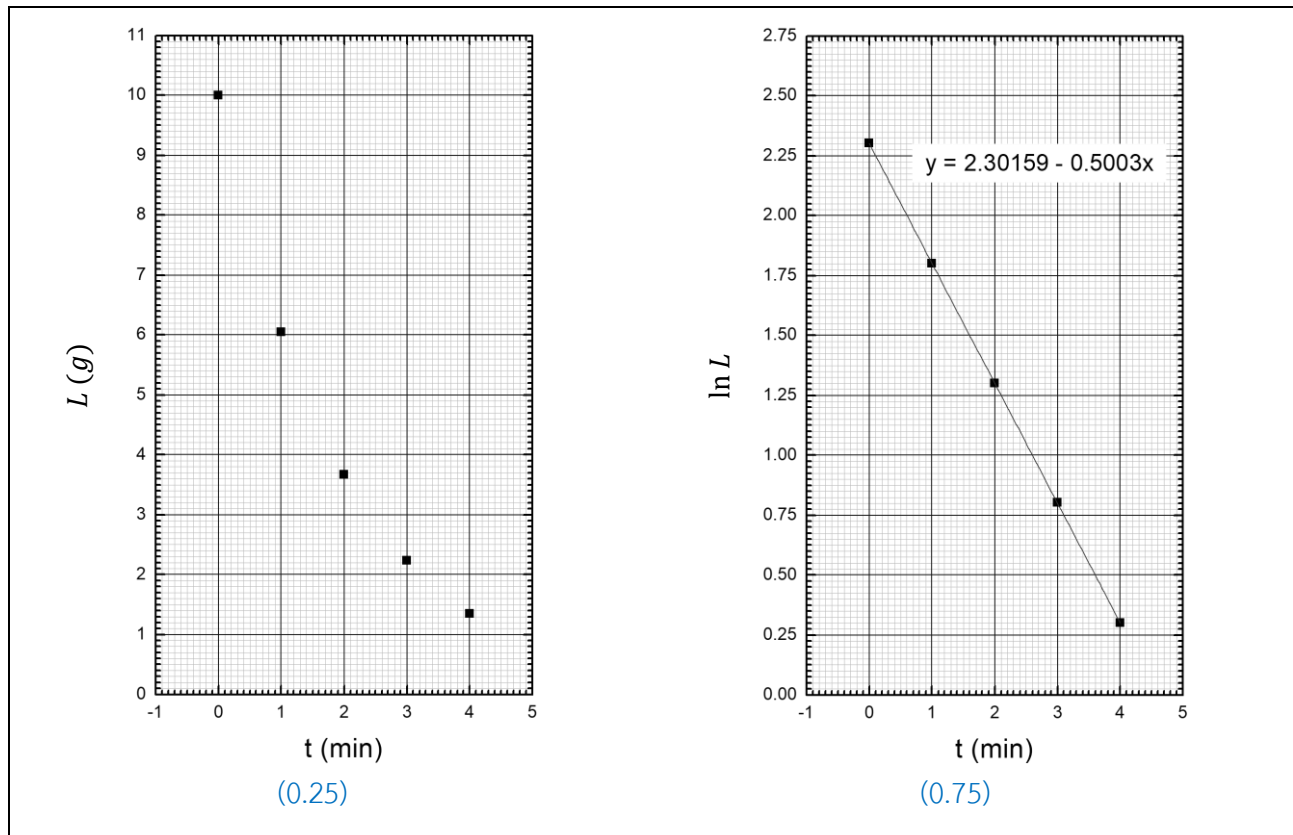
การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 14
ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วันอังคารที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2561
เวลา 09.00 – 14.00 น.

๙ เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี ๙

คำตอบข้อที่ 1 (10 คะแนน)

1.1 (5 คะแนน)

วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง t กับ L และระหว่าง t กับ $\ln L$



ปฏิกิริยาดีไฮเดรชันนี้เป็นปฏิกิริยาอันดับ

1 (1)

ค่าคงที่อัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยา (k) =

0.50 (0.5) min^{-1}

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคำนวณ

จากปฏิกิริยาอันดับ 1; $\ln [A] = \ln [A]_0 - kt$

เมื่อวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง t กับ $\ln L$ จะได้ $\text{slope} = -k$

ดังนั้น $k = -\text{slope} = -(-0.50) \text{ min}^{-1}$ (1)

$k = 0.50 \text{ min}^{-1}$

ที่เวลา 5 นาที จะมีปริมาณไลโมนีนที่เหลือ =

0.82 (0.5)

กรัม

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคำนวณ

จาก	$\ln [A] = \ln [A]_0 - kt$	
ที่เวลา 5.00 นาที;	$\ln [A] = \ln (10.00 \text{ g}) - (0.50 \text{ min}^{-1}) (5.00 \text{ min})$	(0.5)
	$\ln [A] = 2.3026 - 2.50 = -0.20$	(0.5)
ดังนั้น	$[A] = 0.82 \text{ g}$	

1.2 (5 คะแนน)

ในปีนี้จะพบว่ามี ^{14}C อยู่ร้อยละ

1.16 (0.5)

ของคาร์บอนทั้งหมด

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคำนวณ

เนื่องจาก ครึ่งชีวิต ($t_{1/2}$) คือ ระยะเวลาที่สารสลายตัวเหลือครึ่งหนึ่ง

จะได้ปริมาณ ^{14}C ที่เวลา t ใด ๆ ; $^{14}\text{C}_t = ^{14}\text{C}_0 (1/2)^{(t/t_{1/2})}$ (0.5)

ปริมาณ ^{14}C ที่เวลา 4,125 ปี คือ $^{14}\text{C}_t = (0.0194/1)(1/2)^{(4,125 \text{ y}/5,730 \text{ y})}$ (0.5)

$^{14}\text{C}_t = (0.0194/1)(0.607)$ (0.5)

$^{14}\text{C}_t = (0.0118/1)$ (0.5)

ร้อยละของ ^{14}C เท่ากับ $0.0118/(0.0118+1) \times 100 = 1.16$ (0.5)

ค่าคงที่การสลายตัว (k) = 1.21×10^{-4} (0.5) y^{-1}

ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

วิธีคำนวณ

จาก	$\ln [A] = \ln [A]_0 - kt$	
	$\ln (0.0118/1) = \ln (0.0194/1) - k(4,125 \text{ y})$	(1)
	$-4.440 = -3.942 - k(4,125 \text{ y})$	
	$k = (4.440 - 3.942)/4,125 \text{ y}$	(0.5)
ดังนั้น	$k = 1.21 \times 10^{-4} \text{ y}^{-1}$	

คำตอบข้อที่ 2 (4 คะแนน)

พลังงานของการเกิด KCl(s)

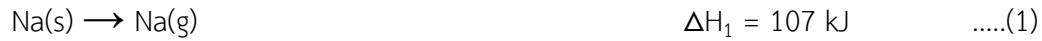
=

- 437

(1)

kJ/mol

วิธีคำนวณ



$$(1) + (2) + (6) + (4) + (7) = (5); \quad \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_6 + \Delta H_4 + \Delta H_7 = \Delta H_5$$

$$107 + 496 + 122 + (-787) + x = -411$$

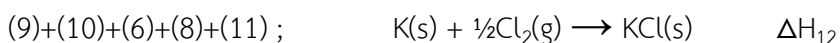
$$x = \text{EA} = -349 \text{ kJ}$$



(1 คะแนน)



(1 คะแนน)



$$\Delta H_{12} = \Delta H_9 + \Delta H_{10} + \Delta H_6 + \Delta H_7 + \Delta H_{11}$$

$$= 89 + 419 + 122 + (-349) + (-718) \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= -437 \text{ kJ}$$

คำตอบข้อที่ 3 (6 คะแนน)

	25.00 °C	727.00 °C	
ค่าคงที่สมดุล =	1.5×10^{-6} (0.25)	3.1×10^3 (0.25)	
ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว			
$\Delta G^\circ =$	33.20 (0.25)	- 66.77 (0.25)	kJ
$\Delta H^\circ =$	92.40 (0.25)	92.40 (0.25)	kJ
$\Delta S^\circ =$	198.6 (0.25)	159.1 (0.25)	J/K
ตอบเลขนัยสำคัญ 4 ตัว			

วิธีคำนวณ

ก. คำนวณค่าคงที่สมดุล, ΔG° , ΔH° และ ΔS° ที่อุณหภูมิ 25.00 °C (298.15 K)

$$\begin{aligned}\Delta G_1^\circ &= \sum \Delta G_f^\circ \{(\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) - 2\text{NH}_3(\text{g}))\} \\ &= 0 + 3(0) - 2(-16.60) = 33.20 \text{ kJ} \quad (0.5)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_1^\circ &= \sum \Delta H_f^\circ \{(\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) - 2\text{NH}_3(\text{g}))\} \\ &= 0 + 3(0) - 2(-46.20) = 92.40 \text{ kJ} \quad (0.5)\end{aligned}$$

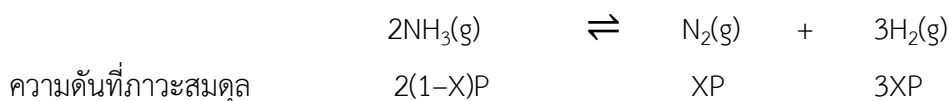
$$\begin{aligned}\Delta G_1^\circ &= \Delta H_1^\circ - T_1 \Delta S_1^\circ \\ 33.20 \times 1000 &= 92.40 \times 1000 - 298.15 \Delta S_1^\circ \\ \Delta S_1^\circ &= 198.6 \text{ J/K} \quad (0.5)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_1^\circ &= -RT \ln K_1 \\ 33.20 \times 1000 &= -8.314 \times 298.15 \ln K_1 \\ K_1 = K_{298} &= 1.5 \times 10^{-6} \quad (0.5)\end{aligned}$$

วิธีคำนวณ (ต่อ)

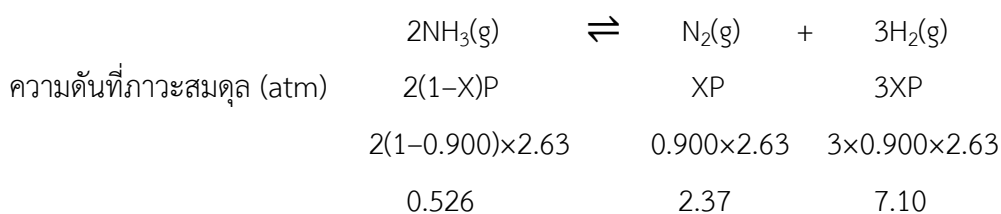
ข. คำนวณค่าคงที่สมดุล, ΔG° , ΔH° และ ΔS° ที่อุณหภูมิ 727.00 °C (1000.15 K)

ที่ภาวะสมดุล สลายตัว 90.0%



$$\text{ความดันรวม} = P_T = P\{2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})\} = 2(1-X)P + XP + 3XP = 10.0$$

$$X = 0.900 ; P = 2.63 \text{ atm}$$



$$K_2 = K_{1000} = \frac{P_{\text{N}_2} P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{NH}_3}^2}$$

$$K_2 = K_{1000} = \frac{2.37 \times 7.10^3}{0.526^2} = 3.07 \times 10^3 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta G_2^\circ &= \Delta G_{1000}^\circ = -RT \ln K_{1000} \\ &= -8.314 \times 1000.15 \ln 3.07 \times 10^3 \\ &= -6.677 \times 10^4 \text{ J} = -66.77 \text{ kJ} \end{aligned} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \Delta S_2^\circ &= \Delta S_{1000}^\circ = (\Delta H_{1000}^\circ - \Delta G_{1000}^\circ) / 1000.15 \\ &= (92.40 \times 1000 - (-66.77 \times 1000)) / 1000.15 \\ &= 159.1 \text{ J/K} \end{aligned} \quad (0.5)$$

4.1 (3 คะแนน) (เลือก “กรด” ได้ช่องละ 0.25 คะแนน, อ้างอิงเหตุผลตามนิยามช่องละ 0.5 คะแนน)

B(OH)_3 เป็น ☒ กรด ☐ เบส ☐ ไม่สามารถพิจารณาได้

$$\text{B(OH)}_3 \rightarrow \text{BO(OH)}_2^- + \text{H}^+ \quad K = 5.8 \times 10^{-10}$$

กรด เนื่องจากละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ H^+

B(OH)₃ เป็น ☒ กรด ☐ เบส ☐ ไม่สามารถพิจารณาได้

$$\text{B(OH)}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{BO(OH)}_2^- + \text{H}_3\text{O}^+ \quad K = 5.8 \times 10^{-10}$$

گرد ۱ بهس ۱

เนื่องจาก ให้ H^+ แก่โมเลกุล H_2O

B(OH)₃ เป็น ☒ กรด ☐ เบส ☐ ไม่สามารถพิจารณาได้

$$\text{B(OH)}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{B(OH)}_4^- + \text{H}^+ \quad K = 7.3 \times 10^{-10}$$

หรือ
$$\text{B(OH)}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{B(OH)}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

กรด เนื่องจากรับค่าอิเล็กตรอนจากโมเลกุล H_2O (ตามด้วยการแตกตัว)

☐ ក្រុង ☐ សៀម ☐ ក្រុង

ทุกทฤษฎีสันับสนุนความเป็นกรด

[ต้องเลือกคำตอบให้สอดคล้องกับค่า K ที่พิจารณาไว้ในแต่ละกรณี เช่น Arrhenius/Brønsted-Löwry ตอบเป็นกรด ($K = 5.8 \times 10^{-10}$) แต่ Lewis ตอบเป็นเบส ($K = 7.3 \times 10^{-10}$) เพราะสรุปจาก OH^- ในสมการ $\text{B(OH)}_3 + \text{OH}^- \rightarrow \text{B(OH)}_4^-$ คำตอบสุดท้ายจะต้องสรุปว่า สารละลายนั้นเป็นเบส]

ธาตุ	โครงสร้างอิเล็กตรอน			แสดงวิธีคำนวณค่า X_{spec}
	1s	2s	2p	
B				$(0.1691 \text{ eV}^{-1}) \cdot \frac{2 \times 14.045 + 1 \times 8.297}{3} = 2.051$
C				$(0.1691 \text{ eV}^{-1}) \cdot \frac{2 \times 19.432 + 2 \times 10.664}{4} = 2.545$
N				$(0.1691 \text{ eV}^{-1}) \cdot \frac{2 \times 25.557 + 3 \times 13.180}{5} = 3.066$
O				$(0.1691 \text{ eV}^{-1}) \cdot \frac{2 \times 32.376 + 4 \times 15.845}{6} = 3.611$

(1 คะแนน) การเลือกค่า a, b และ ค่าพลังงาน

(1 คะแนน) ผลการคำนวณถูกต้อง

4.3 (4 คะแนน)

4.3.1 ชนิดของพันธะที่สารประกอบธาตุคู่ในบริเวณต่าง ๆ ของสามเหลี่ยม van Arkel-Ketelaar (ที่ตอบในกราฟหน้าถัดไป) แสดงลักษณะชนิดของพันธะเด่นที่สุด

Zone	P	Q	R
แบบจำลองการเกิดพันธะ	พันธะไอออนิก	พันธะโลหะ	พันธะโคเวเลนต์

(1 คะแนน)

4.3.2 ผลคำนวณสำหรับสารประกอบไบนารี

สารประกอบ	★ B_4C	★ BN	★ B_2O_3
ค่าเฉลี่ยของค่า EN	2.298	2.558	2.831
ผลต่างของค่า EN	0.494	1.015	1.560

(0.5 คะแนน)

(0.5 คะแนน)

(0.5 คะแนน) สำหรับการพล็อตค่าลงในกราฟได้ถูกต้อง

4.3.3 ระบุชนิดของสารประกอบ X, Y และ Z

สารประกอบ	X	Y	Z
สูตรเคมีของสารประกอบ	B_2O_3	B_4C	BN

(0.5 คะแนน)

เหตุผลในการพิจารณา (1 คะแนน)

- Character ผสม : แม้จะอยู่ในโซน covalent ทุกตัว แต่อยู่ใกล้กับ borderline / ตรงกลาง ๆ ของสามเหลี่ยม
- ระยะห่างจากจุดยอดของสามเหลี่ยม: ใกล้มุมใด (สีแดง) จะมี character ของพันธะชนิดนั้นมาก

	P: Ionic	Q: Metallic	R: Covalent	ลักษณะเด่น
Boron	3.55	1.39	2.14	(Metalloid)
B_4C	3.04	1.71	1.96	Metallic > Covalent >> Ionic
BN	2.52	2.15	1.92	Covalent > Metallic >> Ionic
B_2O_3	2.02	2.67	2.07	Ionic > Covalent >> Metallic

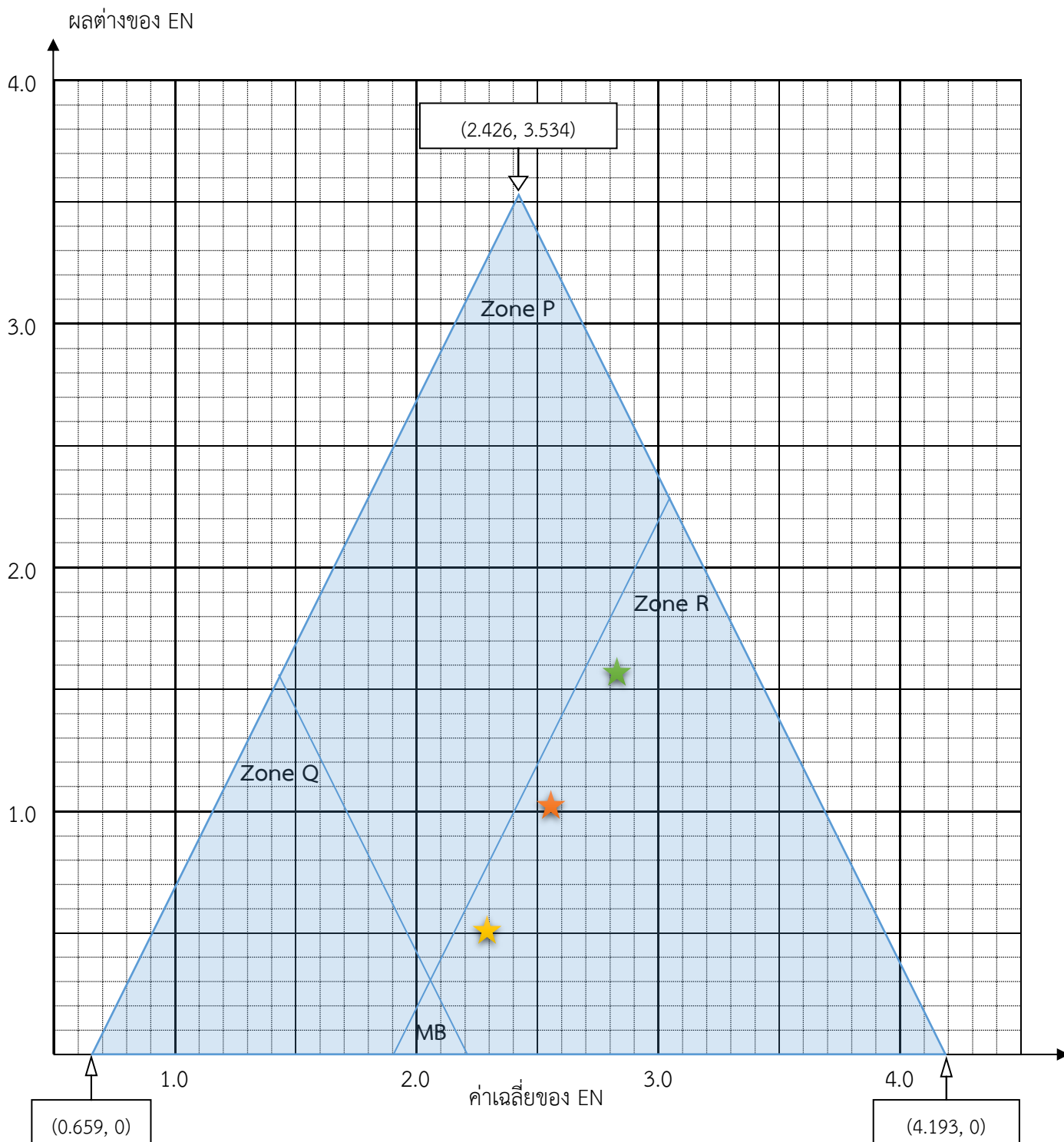
หมายเหตุ นักเรียนจะคำนวณระยะห่างระหว่างจุด ใช้ไม้บรรทัดวัดระยะ หรือประมาณด้วยสายตาก็ได้

- ช่องว่างระหว่างแถบพลังงาน: ความสามารถในการนำไฟฟ้า ซึ่งเป็น character ของการเกิดพันธะโลหะ
Gap: Y (2.09) < Z (5.20) < X (>6 eV) ... Metallicity: B_4C > BN > B_2O_3
- ความต่อเนื่องของโครงสร้าง: โครงสร้างแบบโมเลกุล vs โครงสร้างแบบขยาย
X ไม่มีความเป็น molecular เลย ... น่าจะเป็น B_2O_3 ซึ่งมีความเป็น ionic > covalent
(diagonal relationship กับ SiO_2)

แผนภาพสามเหลี่ยม van Arkel-Ketelaar (สำหรับข้อ 4.3)

ให้กาเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ เพื่อแสดงค่าที่ใช้คำนวณและพล็อตกราฟ

- ☐ นักเรียนใช้ ค่า EN ทางสเปกโทรสโกปี (χ_{spec}) ในการคำนวณและพล็อตกราฟ
- ☐ นักเรียนใช้ ค่า EN ตามสเกลของ Pauling (χ_{P}) ในการคำนวณและพล็อตกราฟ



คำตอบข้อที่ 5 (6 คะแนน)

5.1 (1 คะแนน) การจัดเรียงตัวของไอออนบวกและไอออนลบ

ไอออนบวก

บรรจุในช่องว่างออกตะฮีดรัล

(0.5)

ไอออนลบ

Face-centered cubic (FCC) หรือ cubic-closed packing (CCP) หรือ ABC... (0.5)

5.2 (3 คะแนน) สูตรเคมีของสารและสูตรการคำนวณ

สูตรเคมีของสาร

 CdCl_2

(1)

สูตรการคำนวณโดยใช้ตัวแปร FW =

$$\frac{d \times N_A \times a^3}{2}$$

(0.5)

วิธีคำนวณ แสดงโดยใช้ตัวแปรในคำถาม, FW และ N_A จากรูปีแคดเมียม 2 ไอออน จำนวนหน่วยซ้ำ = 2 (ไอออนลบเป็น FCC มี 4 ตัว ควรเป็น CdX_2) (1)

$$d = \frac{2 \times \text{FW}}{N_A \times a^3} \quad \therefore \text{FW} = \frac{d \times N_A \times a^3}{2}$$

$$\text{FW} = 4.047 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 6.02 \times 10^{23} \frac{\text{unit}}{\text{mol}} \times (5.32 \times 10^{-8} \text{cm})^3 \times \frac{1}{2} = 183.4 \text{ g/mol} \quad (0.5)$$

MW Cd = 112.4 g/mol แสดงว่าส่วนของไอออนลบหนัก 71.0 g/mol พิจารณาแล้ว ควรเป็น Cl^-

5.3 (1 คะแนน) เลขโคออร์ดิเนชันของไอออนบวก =

6 (0.5)

ของไอออนลบ =

3 (0.5)

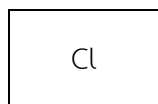
5.4 (1 คะแนน) สารนี้ควรมีจุดหลอมเหลว ☐ สูงกว่า ☒ ต่ำกว่า wurtzite CdS เพราะ

คำตอบ 0.25 เหตุผล 0.75 คะแนน

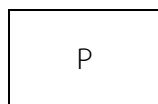
สารนี้มีโครงสร้างเป็น layer lattice ทำให้มีความเป็นโคเวเลนต์เนื่องจากมีชั้นของไอออนลบ (คลอไรด์) ที่ไม่มีไอออนบวกคั่น แรงกระทำระหว่างสองชั้นนี้จึงเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ ไม่ใช่แรงระหว่างประจุ จุดหลอมเหลวจึงต่ำกว่า CdS ที่มีไอออนบวกสลับไอออนลบทุกชั้น

คำตอบข้อที่ 6 (4 คะแนน)

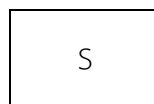
6.1 (1 คะแนน) X คือ



Y คือ



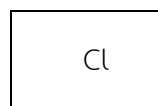
Z คือ



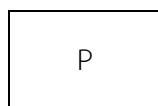
ต้องถูกหมด

6.2 (1 คะแนน)

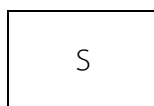
ลำดับของจุดเดือด



<



<



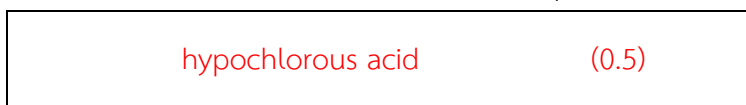
ต้องถูกหมด

6.3 (1 คะแนน) สูตรเคมีและชื่อสะกดด้วยอักษรอังกฤษของกรดออกโซของ X Y หรือ Z ที่อ่อนที่สุด

สูตร

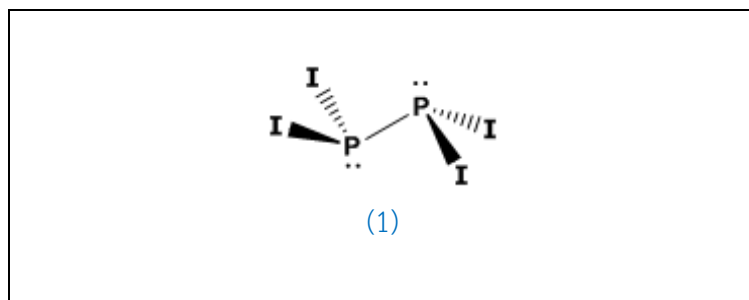


ชื่อ



6.4 (1 คะแนน)

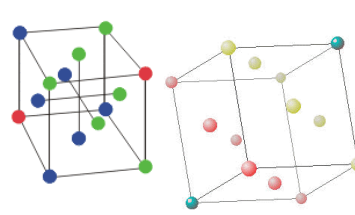
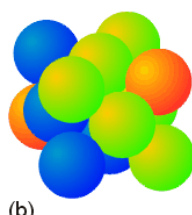
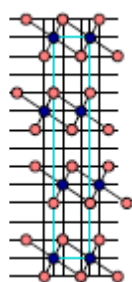
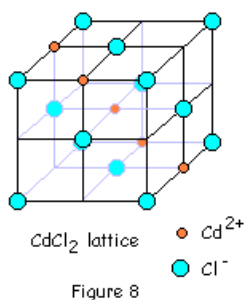
รูปโครงสร้าง tetraiodide ของ Y



info

	Y (P)	Z (S)	X (Cl)
IE ₁ (kJ/mol)	1060	1000	1250
EA	-72	-200	-349

แนวคิด คาบที่มีโลหะ 3 ตัว คือคาบ 2 และ 3 จากลำดับค่า IE₁ และ EA ของ Y และ Z ที่สลับกัน แสดงว่า Y / Z ต้องเป็นหมู่ 5 / 6 (การดึงอิเล็กตรอนออกจาก p⁴ ง่ายขึ้น การใส่อิเล็กตรอนยัง p³ ซึ่ง half-filled คายพลังงานน้อยลง) เนื่องจาก EA มีเครื่องหมายเดียวกันหมด (เป็นลบ) และมีมากกว่าหนึ่งสถานะ แสดงว่าไม่ใช่ N, O, F (N มี EA เป็นบวก) ดังนั้น X, Y, Z อยู่ในคาบที่ 3 (หมายเหตุ C, O, F มีลำดับ IE₁ และ EA เหมือนกัน)



คำตอบข้อที่ 7 (3.5 คะแนน)

7.1 (1.5 คะแนน)

ธาตุ A คือ

Be หรือ Beryllium (0.5)

สูตรเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการละลายน้ำของสาร D

ในสถานะที่เป็นกรดคือ

$[\text{Be}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ (0.5)

ในสถานะที่เป็นเบสคือ

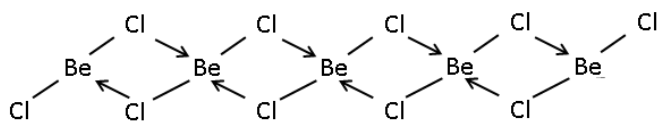
$[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$ (0.5)

7.2 (2 คะแนน)

สูตรเคมีของสาร E คือ

BeCl_2 (0.5)

โครงสร้างลิวอิสของสาร E

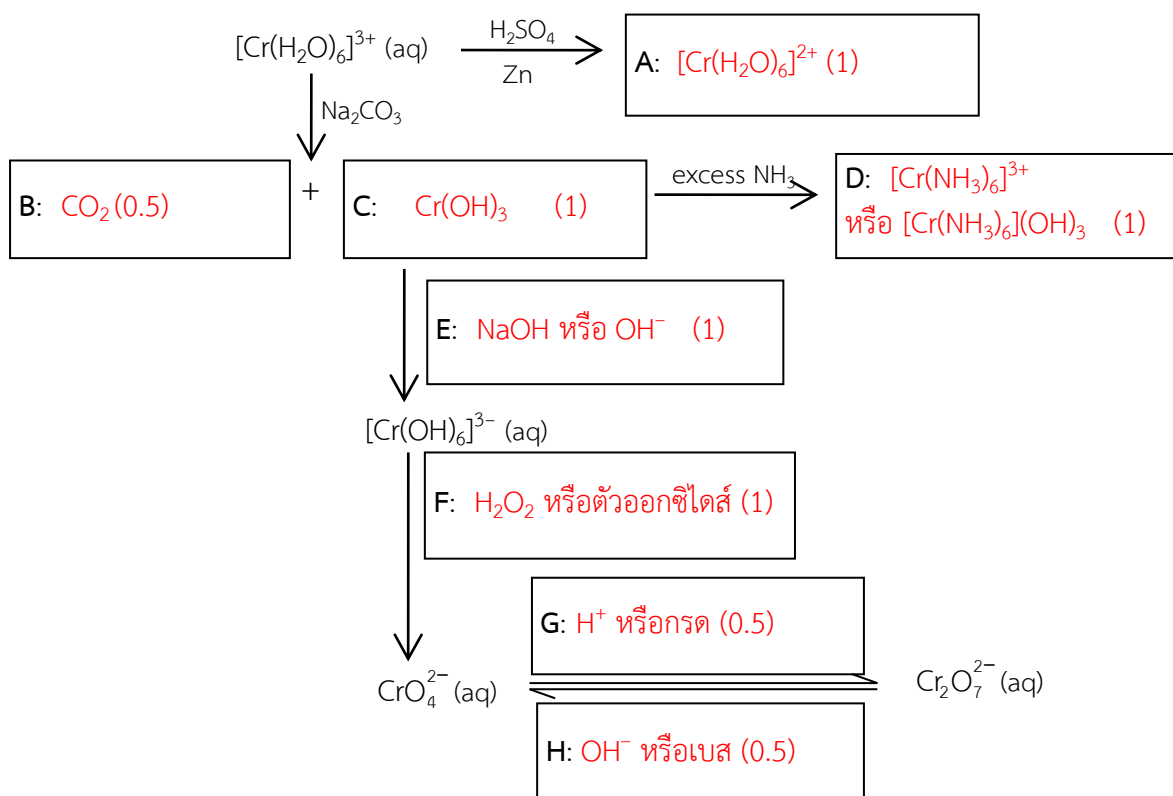


(1) – ตอบได้ทั้งแบบจุดและแบบเส้น

ไฮบริดเซชันของอะตอม A คือ

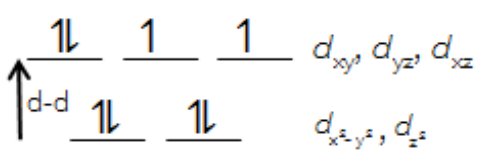
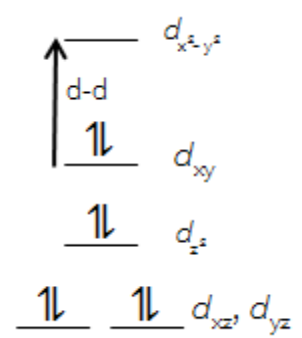
sp^3 (0.5)

คำตอบข้อที่ 8 (6.5 คะแนน)



คำตอบข้อที่ 9 (12 คะแนน)

9.1 (3 คะแนน)

	กรณี (1) paramagnetic	กรณี (2) diamagnetic
รูปร่างของ MA_4	ทรงสี่หน้า (tetrahedral) (0.5)	สี่เหลี่ยมระนาบ (square planar) (0.5)
การแยกระดับพลังงาน และการบรรจุอิเล็กตรอน	 <p>(1)</p>	 <p>(1)</p>

แผนภาพการแยกระดับพลังงาน (0.5) ชื่อออร์บิทัลถูกทั้งหมด (0.25) การบรรจุอิเล็กตรอน (0.25)

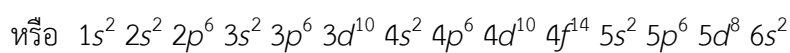
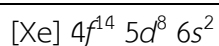
9.2 (1.5 คะแนน) เขียนลูกศรแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของทั้งสองกรณีในแผนภาพของคำตอบข้อ 9.1

กรณีที่ใช้พลังงานมากกว่าคือ ☐ กรณี (1) MA_4 เป็น paramagnetic

☒ กรณี (2) MA_4 เป็น diamagnetic

9.3 (1.5 คะแนน)

การจัดอิเล็กตรอนของ Z



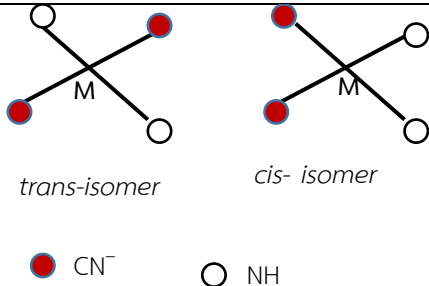
เพิ่มเติมสำหรับครู - จากข้อมูล ธาตุโลหะที่เป็นของเหลวคือปรอท (Hg) ดังนั้น Z คือแพลทินัม (Pt) ส่วน M ซึ่งอยู่หมู่เดียวกับ Z จะเป็นธาตุ निकเกิล (Ni) $[Ar] 3d^8 4s^2$ โดยในสารเชิงซ้อน Ni จะมีเลขออกซิเดชัน +2

9.4 (6 คะแนน)

9.4.1 (1) $M(SCN)_2Cl_2$

ชนิดไอโซเมอร์	linkage isomer จากข้อ 9.1 สารเชิงซ้อนนี้จะมีรูปร่างเป็นทรงสี่หน้า ไม่มี geometrical isomer แต่มี linkage isomer จากลิแกนด์ SCN (S หรือ N เป็น donor atom) (0.5)
สูตรโครงสร้าง	$[M(SCN)_2Cl_2]$, $[M(NCS)_2Cl_2]$, $[M(SCN)(NCS)Cl_2]$ (1) (อะตอมที่ขีดเส้นใต้ทำหน้าที่ donor atom) นักเรียนตอบเพียง 2 สูตรก็พอแล้ว

(2) $M(CN)_2(NH_3)_2$

ชนิดไอโซเมอร์	geometrical isomer (0.5)
สูตรโครงสร้าง	 <p>trans-isomer cis-isomer</p> <p>● CN^- ○ NH_3</p> <p>(1)</p>

9.4.2

ธาตุ M คือ	Ni (0.5)
------------	----------

ชื่อของสารเชิงซ้อน (ตอบเพียง 1 ไอโซเมอร์สำหรับแต่ละข้อ)

	สูตรของสารเชิงซ้อนที่ระบุธาตุและประจุ	ชื่อของสารเชิงซ้อนตามหลัก IUPAC
(1) $M(SCN)_2Cl_2$	$[Ni(SCN)_2Cl_2]^{2-}$ (มีประจุลบ) หรือ $[Ni(NCS)_2Cl_2]^{2-}$ หรือ $[Ni(SCN)(NCS)Cl_2]^{2-}$ (0.5)	dichlorodithiocyanatonickelate(II) ion dichlorodiisothiocyanatonickelate(II) ion dichloroisothiocyanatothiocyanatonickelate(II) ion chloro = chlorido (0.75)
(2) $M(CN)_2(NH_3)_2$	cis- $[Ni(CN)_2(NH_3)_2]$ (เป็นกลาง) หรือ trans- $[Ni(CN)_2(NH_3)_2]$ (แสดงโครงสร้างก็ได้) (0.5)	cis-diamminedicyanonickel(II) trans-diamminedicyanonickel(II) (0.75)

คำตอบข้อที่ 10 (7 คะแนน)

10.1 (1 คะแนน)

รูปร่างโมเลกุล $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{F}$ คือ

ทรงสี่หน้า (tetrahedral)

(0.5)

มุมพันธะ O-S-O

☒ ใหญ่กว่า☐ เล็กกว่า☐ เท่ากับ

มุมพันธะ O-S-F

(0.5)

10.2 (2 คะแนน)

การเตรียม $\text{CF}_3\text{SO}_2\text{F}$ 500.0 g ต้องใช้ HF =

197 (0.5)

g

ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

วิธีคำนวณ

สมการที่ดุลแล้วคือ $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{F} + 3\text{HF} \rightarrow \text{CF}_3\text{SO}_2\text{F} + 3\text{H}_2$

$$\begin{aligned} \text{ต้องใช้ HF} &= 500.0 \text{ g CF}_3\text{SO}_2\text{F} \times \frac{1 \text{ mol CF}_3\text{SO}_2\text{F}}{152.0 \text{ g CF}_3\text{SO}_2\text{F}} \times \frac{3 \text{ mol HF}}{1 \text{ mol CF}_3\text{SO}_2\text{F}} \times \frac{20.0 \text{ g HF}}{1 \text{ mol HF}} \\ &\quad \text{----- (0.5) ----- (0.5) (0.5)} \\ &= 197.37 \text{ g HF} \end{aligned}$$

10.3 (1 คะแนน)

จะเกิด H_2 ที่ ☐ แอโนด ☒ แคโทด ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (0.5)

ซึ่งต่อกับ ☐ ขั้วบวก ☒ ขั้วลบ ของแบตเตอรี่ (0.5)

10.4 (3 คะแนน)

เซลล์อิเล็กโทรไลต์นี้ใช้พลังงานไฟฟ้า = 48 (0.5) kW·h

ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

วิธีคำนวณ

พลังงาน (J) = ประจุ \times ศักย์ไฟฟ้า

$$\text{ประจุไฟฟ้าที่ใช้ (Q)} = It = 250 \text{ A} \times 24 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ A} \cdot \text{s}} = 2.16 \times 10^7 \text{ C}$$

----- (0.5) ----- (0.25) ----- (0.25)

$$\text{เซลล์อิเล็กโทรไลต์นี้ใช้พลังงาน} = (2.16 \times 10^7 \text{ C}) \times (8.00 \text{ V}) \times \left(\frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C} \cdot \text{V}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ W} \cdot \text{s}}{1 \text{ J}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \right)$$

----- (0.5) ----- (0.25) (0.25) (0.25)

$$\times \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right)$$

(0.25)

$$= 48.0 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

หรือ

$$\text{เซลล์อิเล็กโทรไลต์นี้ใช้พลังงาน} = (2.16 \times 10^7 \text{ C}) \times (8.00 \text{ V}) \times \left(\frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C} \cdot \text{V}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ kW} \cdot \text{h}}{3.6 \times 10^6 \text{ J}} \right)$$

----- (0.5) ----- (0.25) (0.75)

$$= 48.0 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \right) = \left(\frac{1 \text{ kW} \cdot \text{h}}{3.6 \times 10^6} \right)$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

คำตอบข้อที่ 11 (3 คะแนน)

 K_a ของกรดอ่อน HA =

$$3.0 \times 10^{-5} \quad (0.5)$$

ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

วิธีคำนวณ

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cathode}} - E_{\text{anode}}$$

$$-0.296 = E_{\text{cathode}} - 0.000$$

$$E_{\text{cathode}} = -0.296 \text{ V} \quad (0.5)$$

ครึ่งปฏิกิริยาที่แคโทดคือ $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) \quad E^\circ = 0.000 \text{ V}$

$$E_{\text{cathode}} = E^\circ_{\text{cathode}} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{P_{\text{H}_2}}{[\text{H}^+]^2}$$

$$E_{\text{cathode}} = E^\circ_{\text{cathode}} - \frac{(8.314 \text{ J/mol K})(298.15 \text{ K})}{(n \text{ mol e}^-)(96485 \text{ J/V})} \times 2.303 \log \frac{P_{\text{H}_2}}{[\text{H}^+]^2}$$

$$E_{\text{cathode}} = E^\circ_{\text{cathode}} - \frac{0.0592}{2} \log \frac{P_{\text{H}_2}}{[\text{H}^+]^2} \quad (0.5)$$

$$-0.296 = 0.000 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{1.00}{[\text{H}^+]^2} \quad (0.5)$$

$$= - \frac{0.0592}{2} (-2 \log [\text{H}^+])$$

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \text{ M} \quad (0.5)$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

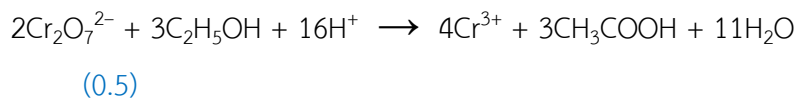
$$K_a = \frac{(1.0 \times 10^{-5})(0.030)}{0.010} \quad (0.5)$$

$$K_a = 3.0 \times 10^{-5}$$

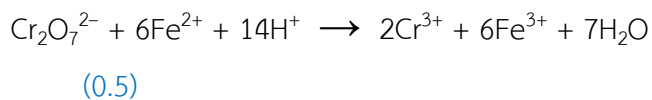
คำตอบข้อที่ 12 (10 คะแนน)

12.1 (4 คะแนน)

12.1.1 สมการเคมีขั้นที่ 2



สมการเคมีขั้นที่ 3



12.1.2 ปริมาณเอทานอลที่เกิดขึ้น =

11.1 (0.5)

%v/v

ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \% \text{EtOH} &= \left\{ \left[\frac{0.1150 \text{ mol Cr}_2\text{O}_7^{2-}}{1000 \text{ mL Cr}_2\text{O}_7^{2-}} \times 25.00 \text{ mL Cr}_2\text{O}_7^{2-} \right] \right. && (2.875 \times 10^{-3}) && (0.25+0.25) \\
 &\quad - \left[\frac{0.3440 \text{ mol Fe}^{2+}}{1000 \text{ mL Fe}^{2+}} \times 28.00 \text{ mL Fe}^{2+} \times \frac{1 \text{ mol Cr}_2\text{O}_7^{2-}}{6 \text{ mol Fe}^{2+}} \right] \left. \right\} && (1.605 \times 10^{-3}) \quad (0.25) && (1.270 \times 10^{-3}) \quad (0.25+0.25) \\
 &\times \frac{3 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{2 \text{ mol Cr}_2\text{O}_7^{2-}} \times \frac{46.0 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mL C}_2\text{H}_5\text{OH}}{0.790 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} && && (0.75) \\
 &\times \frac{1}{5.00 \text{ mL dil sample}} \times \frac{100.00 \text{ mL dil sample}}{20.00 \text{ mL sample}} \times 100\% && && (0.5) \\
 &= 11.092
 \end{aligned}$$

12.2 (6 คะแนน)

ความดันย่อยของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ =

6.30 (0.5)

atm

ค่าการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ =

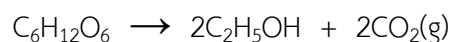
0.195 (0.5)

mol/L

ตอบเลขนี้สำคัญ 3 ตัว

วิธีคำนวณ

ปฏิกิริยาการหมัก



(0.5)

$$\text{mol CO}_2 = 745 \text{ mL} \times \frac{13.0 \text{ mL C}_2\text{H}_5\text{OH}}{100 \text{ mL}} \times \frac{0.790 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mL C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46.0 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{2 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \quad (1)$$

$$= 1.66 \text{ mol} \quad (0.25)$$

เมื่อปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นออกไปร้อยละ 90.0 ดังนั้น mol CO₂ ที่เหลือ = 0.166 mol (0.25)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นบางส่วนละลายได้ในน้ำองุ่น ดังนั้น

$$\text{mol CO}_2 \text{ ทั้งหมด} = \text{mol CO}_2 (\text{g}) + \text{mol CO}_2 (\text{aq}) \quad (0.25)$$

$$0.166 = n(\text{g}) + n(\text{aq}) \quad \text{หรือ} \quad n(\text{aq}) = 0.166 - n(\text{g})$$

จาก PV = nRT

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{n(\text{g}) \text{ mol} \times 0.0821 \text{ L atm/mol K} \times (25.0+273.15) \text{ K}}{(825-745) \times 10^{-3} \text{ L}} = 306 n(\text{g}) \quad (0.5+0.25)$$

$$\text{จาก } C = kP \text{ จะได้ } P_{\text{CO}_2} = \frac{n(\text{aq}) \text{ mol} / 745 \times 10^{-3} \text{ L}}{3.10 \times 10^{-2} \text{ mol/L atm}} = 43.3 n(\text{aq}) \quad (0.5+0.25)$$

$$\text{จะได้ว่า} \quad 43.3 n(\text{aq}) = 306 n(\text{g})$$

$$\text{แทนค่า } n(\text{aq}) = 0.166 - n(\text{g}) \text{ จะได้ } 43.3 (0.166 - n(\text{g})) = 306 n(\text{g}) \quad (0.25)$$

$$7.1878 - 43.3 n(\text{g}) = 306 n(\text{g})$$

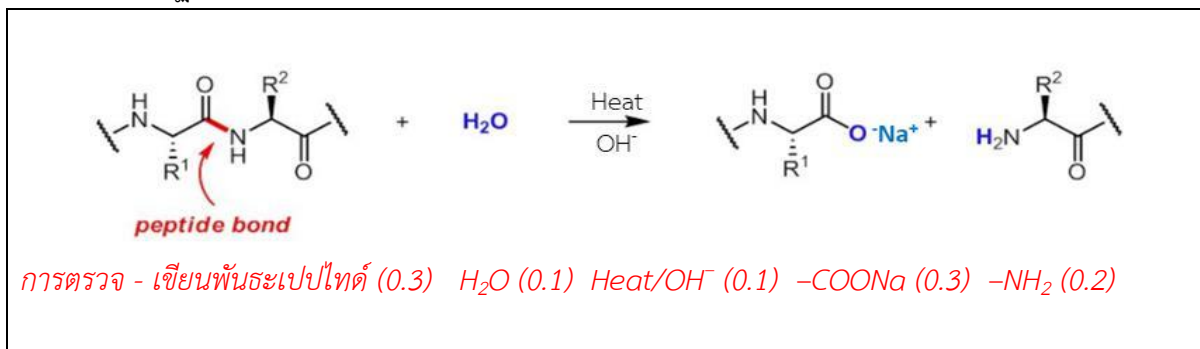
$$n(\text{g}) = 0.0206 \text{ mol} \quad (0.5)$$

$$P_{\text{CO}_2} = 306 n(\text{g}) = 306 \times 0.0206 = 6.30 \text{ atm} \quad (0.25)$$

$$\begin{aligned} C &= kP = 3.10 \times 10^{-2} \text{ mol/L-atm} \times 6.30 \text{ atm} \\ &= 0.195 \text{ mol/L} \end{aligned} \quad (0.25)$$

คำตอบข้อที่ 13 (10 คะแนน)

13.1 (1 คะแนน) ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในการลอกกาวยใหม่ด้วยการต้มในน้ำต่าง



13.2 (2.5 คะแนน) ความแรงไอออนของสารละลาย =

6.3 (0.5)

M

ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

วิธีคำนวณ

สารละลาย $Na_2SO_4 \cdot 7H_2O$ เข้มข้น 40% (w/w)

$$\text{ความเข้มข้นของ } Na_2SO_4 \cdot 7H_2O = \frac{40 \text{ g } Na_2SO_4 \cdot 7H_2O}{100 \text{ g sol.}} \times \frac{1.4 \text{ g sol.}}{1 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol } Na_2SO_4 \cdot 7H_2O}{268.0 \text{ g } Na_2SO_4 \cdot 7H_2O} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

-----0.75-----

$$= 2.08955 \text{ mol/L}$$

$$[Na^+] = 2 \times 2.08955 \text{ mol/L} = 4.17910 \text{ mol/L}, [SO_4^{2-}] = 2.08955 \text{ mol/L} \quad (0.25+0.25+0.25)$$

$$\begin{aligned} \text{ความแรงไอออนของสารละลาย } (\mu) &= \frac{1}{2} ([Na^+] Z_{Na^+}^2 + [SO_4^{2-}] Z_{SO_4^{2-}}^2) \\ &= \frac{1}{2} ((4.17910 \text{ M})(+1)^2 + (2.08955 \text{ M})(-2)^2) \\ &= 6.26865 \text{ M} \end{aligned} \quad (0.5)$$

13.3 (6.5 คะแนน) ต้องใช้กรดแอซีติก

701

(0.5)

กรัม

ตอบเลขจำนวนเต็ม

วิธีคำนวณ

ละลาย CaO 250 g ในน้ำ 125 L หรือ 2.0 g/L

$$\text{หรือ } \frac{2.0 \text{ g CaO}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{56.0 \text{ g CaO}} \times \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol CaO}} = 0.035714 \text{ mol Ca(OH)}_2 / \text{L} \quad (0.5)$$

$$\text{สารละลายบัฟเฟอร์ } \text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{a_{\text{OAc}^-}}{a_{\text{HOAc}}} \quad (0.5)$$

$$K_a (\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.75 \times 10^{-5}$$

$$5.00 = -\log (1.75 \times 10^{-5}) + \log \frac{a_{\text{OAc}^-}}{a_{\text{HOAc}}} \quad (0.5)$$

$$\log \frac{a_{\text{OAc}^-}}{a_{\text{HOAc}}} = 5.00 - 4.76 = 0.24$$

$$\frac{a_{\text{OAc}^-}}{a_{\text{HOAc}}} = 1.75 = \frac{\gamma_{\text{OAc}^-} [\text{OAc}^-]}{\gamma_{\text{HOAc}} [\text{HOAc}]} \quad (0.5)$$

$$\gamma_{\text{OAc}^-} = 0.54 \text{ และ } \gamma_{\text{HOAc}} = 1.0$$

$$\frac{[\text{OAc}^-]}{[\text{HOAc}]} = \frac{1.0}{0.54} \times 1.75 = 3.24 \quad (0.5)$$



เริ่มต้น (M)	0.035714	0	0
--------------	----------	---	---

สะเทิน (M)	0.035714	0.071428	
------------	----------	----------	--

สิ้นสุด (M)	0	0	0.071428
-------------	---	---	----------

(0.5)

หากต้องการให้ Ca(OH)_2 เกิดปฏิกิริยาหมด ต้องใช้ $\text{CH}_3\text{COOH} = 0.071428 \text{ mol/L}$

$$\text{หากต้องการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.00 ต้องเติม } \text{CH}_3\text{COOH} \text{ เพิ่มจนกระทั่ง } \frac{[\text{OAc}^-]}{[\text{HOAc}]} = 3.24 \quad (0.75)$$

$$\text{แทนค่า } [\text{OAc}^-] = 0.071428 \text{ mol/L}$$

$$\frac{0.071428 \text{ M}}{[\text{HOAc}]} = 3.24 \quad \text{จะได้ } [\text{HOAc}] = 0.022046 \text{ mol/L} \quad (0.5)$$

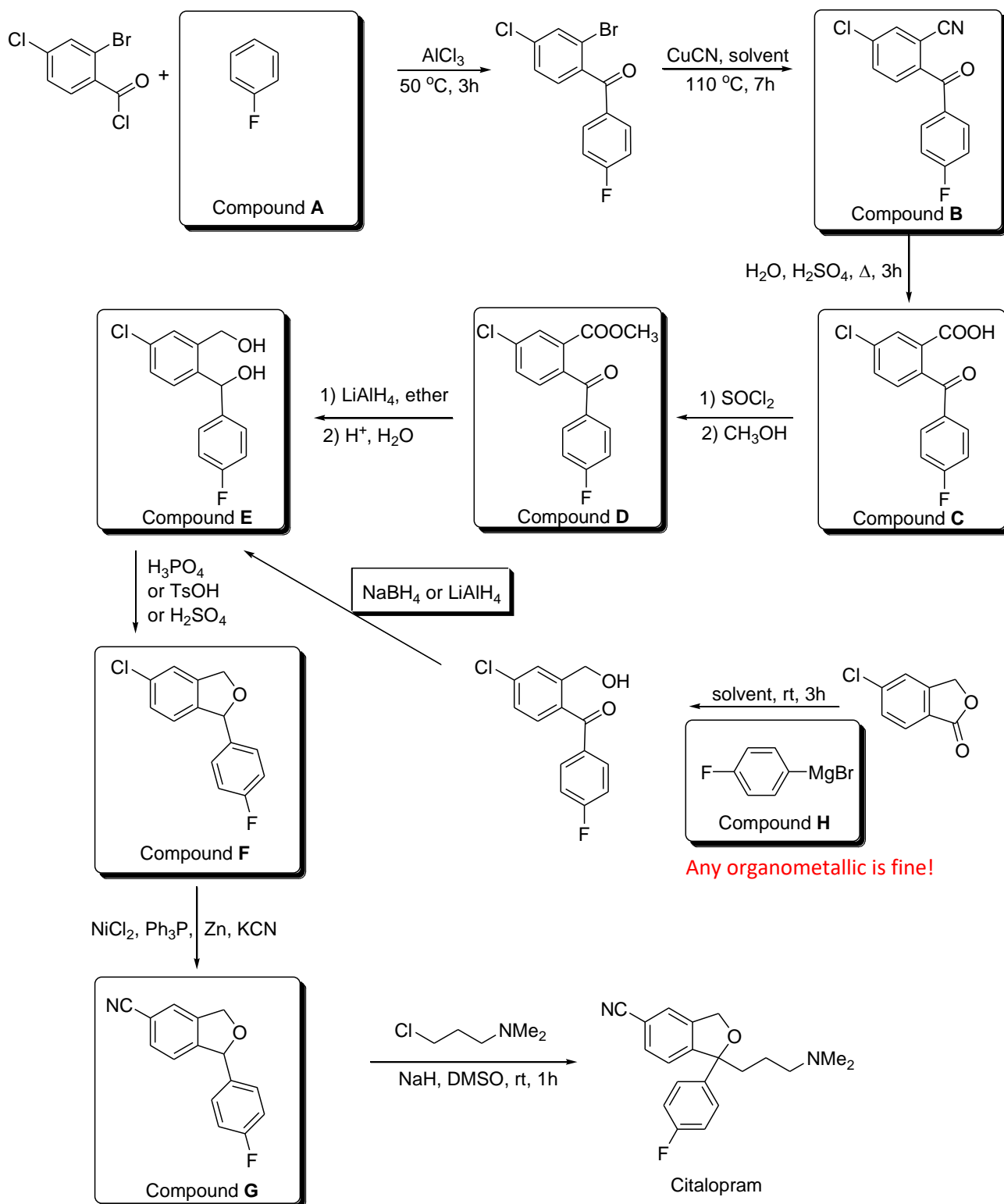
$$\text{ดังนั้น ต้องเติม } \text{CH}_3\text{COOH} = 0.071428 \text{ mol/L} + 0.022046 \text{ mol/L} = 0.093474 \text{ mol/L} \quad (0.75)$$

$$\text{สารละลายปริมาตร 125 L ต้องเติม } \text{CH}_3\text{COOH} = \frac{0.093474 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \times 125 \text{ L} \times \frac{60.0 \text{ g}}{1 \text{ mol HOAc}} \quad (0.5)$$

$$= 701.055 \text{ g}$$

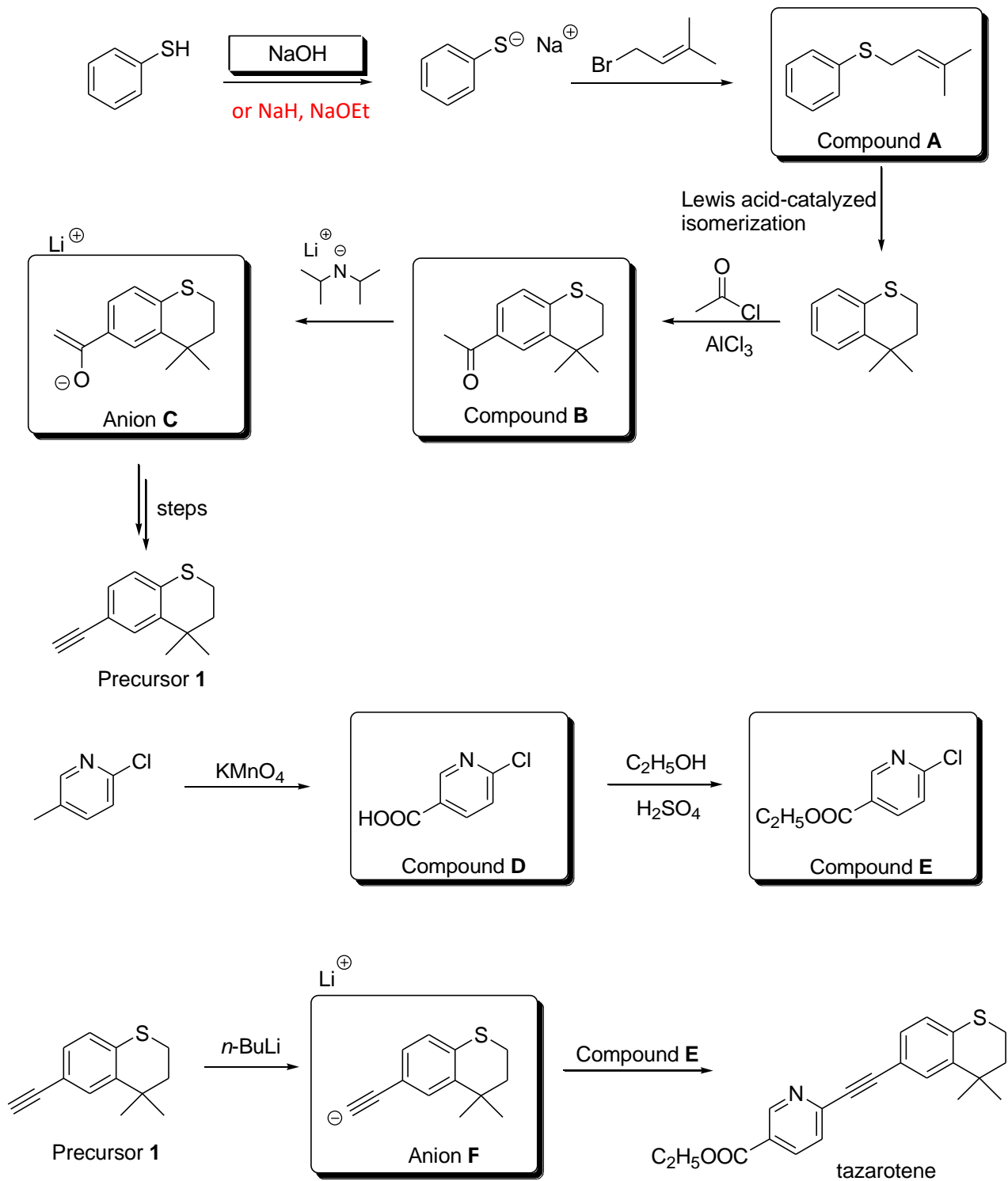
Answer to Problem 14 (8 points)

Citalopram, an antidepressant medicine, can be synthesized as follows.



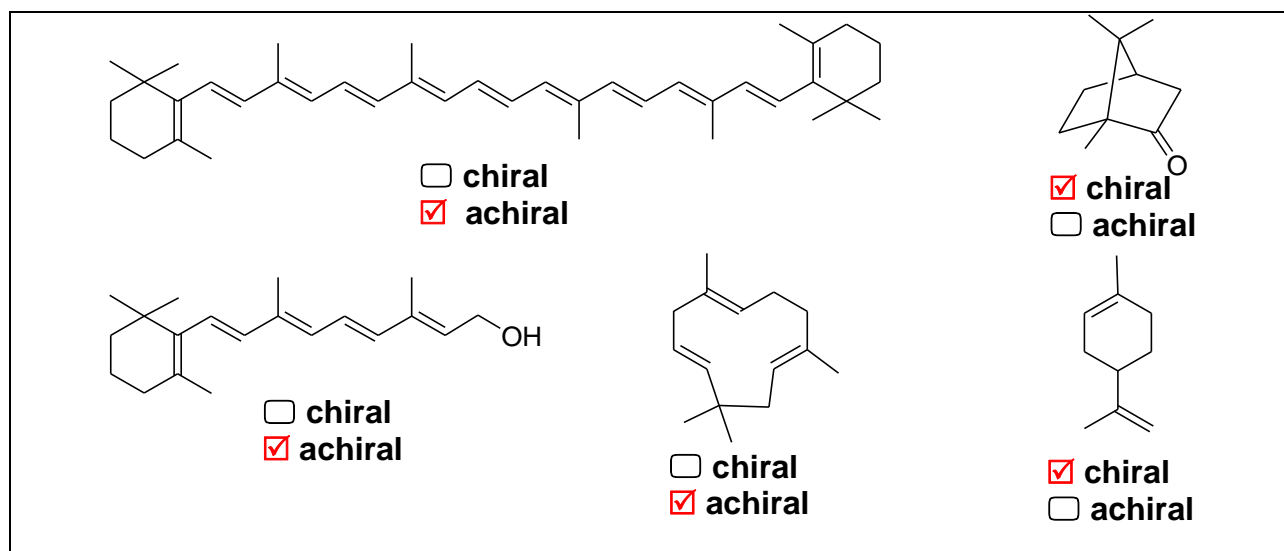
Answer to Problem 15 (7 points)

Synthesis of Tazarotene



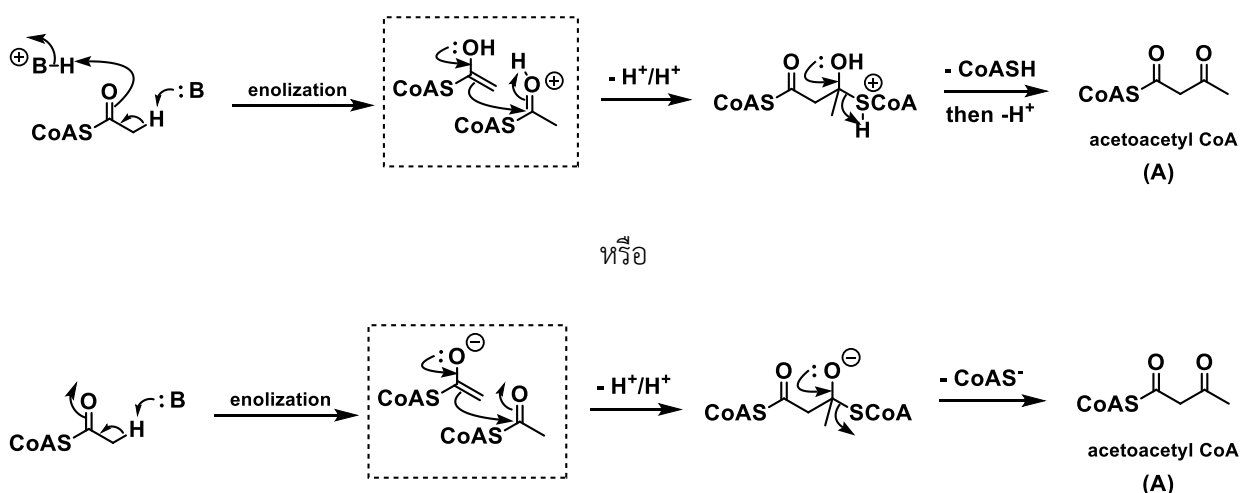
Answer to Problem 16 (13 points)

16.1 (1 point) Mark ☒ in the box ☐ to show chirality of each compound.



16.2 (5 points) Mechanism of the formation of compound A. ***Do not forget to draw the structure of compound A even though you cannot write the mechanism!

ส่วนการเขียนกลไกปฏิกิริยา (3 คะแนน)



- ไม่พิจารณาคะแนนสำหรับสารประกอบที่ใช้เป็นเบสหรือกรดในขั้นแรก ผู้สอบสามารถวาดโมเลกุลอะไรมา รับหรือส่งโปรตอนก็ได้ อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนแรกที่สร้าง enol หรือ enolate จำเป็นต้องแสดง หากเริ่มที่ enol/enolate เลย จะถูกหัก 0.5 คะแนน
- พิจารณาขั้นตอนปฏิกิริยาในเส้นประเป็นส่วนสำคัญที่สุด นั่นคือต้องมี enol (หรือ enolate ก็ได้) ที่เข้าชนตรง คาร์บอนิลของ acetyl CoA อีกโมเลกุล จุดนี้มีคะแนน 1.5 คะแนน โดยหากมีลูกศรที่โยงครบและไม่ผสม

ประจุบวกประจุลบ (ตามอธิบายด้านล่าง) จะได้เต็ม 1.5 คะแนน โดยไม่ขึ้นกับว่าสามารถเขียนต่อจนจบได้หรือไม่

- ขั้นที่สาม (หลังจากกรอเส้นประ) มีค่า 0.5 คะแนน หากไม่แสดงขั้นนี้จะถูกหัก 0.5 คะแนน
- ตามสภาวะของการเกิดปฏิกิริยา Claisen ควรจะมีเพียงประจุบวกหรือลบอย่างใดอย่างหนึ่งในกลไก ขึ้นกับว่าเป็นสภาวะกรดหรือเบส หากมีการผสมประจุบวกหรือลบ จะหัก 0.5 คะแนน
- ลูกศรแสดงการเคลื่อนที่ของ electron ผิดด้าน (โยงลูกศรกลับทิศ) หากมีตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป หัก 1 คะแนน
- เขียนลูกศรไม่ครบ หากมีตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป หัก 0.5 คะแนน
- ***ทั้งหมดเป็นเพียง guideline เท่านั้น โดยการตอบแบบอื่น ๆ นอกเหนือจากนี้ จะได้รับการพิจารณาแบบอิงกลุ่มอีกครั้งหนึ่ง

ส่วนการวาดสารประกอบ A (2 คะแนน)

- มี “-SCoA” ในตำแหน่งใด ๆ เพิ่มอีก 1 จุด จะเหลือ 1 คะแนน โดยที่จำนวนคาร์บอนหลักต้องครบ 4 อะตอม หากมีคาร์บอนไม่เท่ากับ 4 จะได้ 0 คะแนน

ผู้ตรวจจะพิจารณาโครงสร้างของ A ก็ต่อเมื่อผู้เข้าแข่งขันระบุอย่างชัดเจนว่าโครงสร้างใดคือ A เท่านั้น

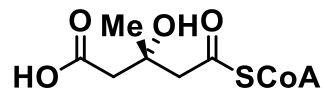
16.3 (1.5 points) Structure of all different isomers of compound B.



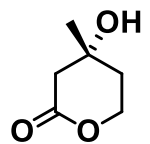
สารประกอบนี้ ไม่เป็นไครัล จึงมีเพียงไอโซเมอร์เดียวเท่านั้น โดยจะได้คะแนนเต็มหากวาดเพียงตัวเดียวจากด้านบน หรือ วาดทั้งสองตัวแต่อธิบายชัดเจนว่าเป็นตัวเดียวกัน

หากวาดทั้งสองตัวโดยไม่มีคำอธิบายเพิ่มเติม จะได้ 0.5 คะแนน หากวาดเกินกว่านี้ได้ 0 คะแนน

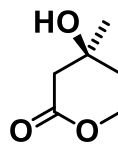
16.4 (1 point) Structure of compound **C** that clearly shows any stereochemistry in the molecule.



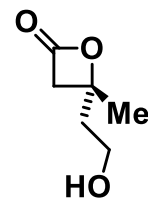
16.5 (1.5 points) Structure of compound **D**



1.5 points



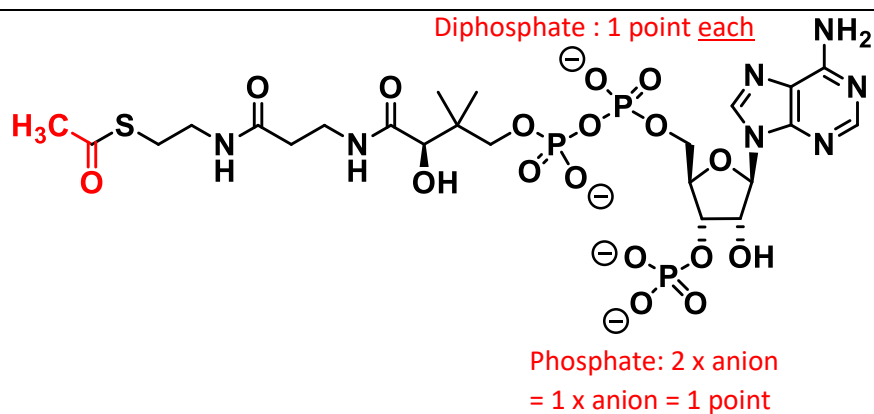
1 point



0.5 point

โครงสร้างอื่น ๆ ได้ 0 คะแนน

16.6 (3 points) Structure of acetyl CoA at pH 7.5.



- ประจุเกิน เช่น ที่ alcohol, amine หักจุดละ 0.5 คะแนน จนกระทั่งเป็นศูนย์ (ไม่มีติดลบข้ามไปข้ออื่น)
- การลอกโครงสร้างจากโจทย์ลงมาแล้วมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย จะไม่มีการหักคะแนน หากเกี่ยวข้องกับบริเวณที่ต้องแสดงประจุ จะมีการหักคะแนน กระบวนการนี้จะมีการพิจารณาแบบอิงกลุ่มอีกครั้งหนึ่ง