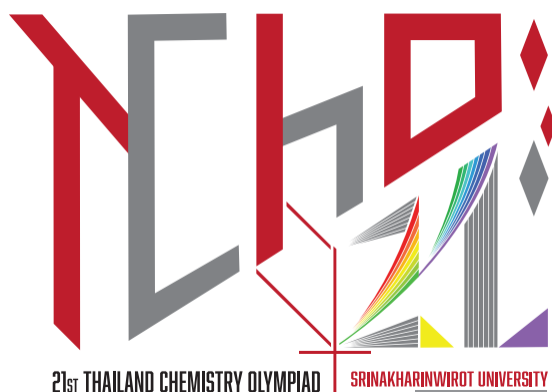
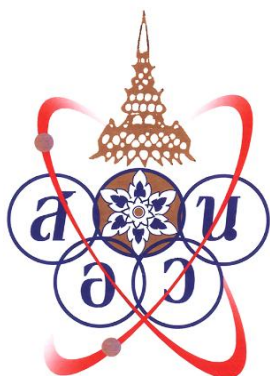




การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วันอังคารที่ 20 พฤษภาคม 2568

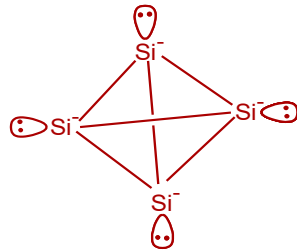
เวลา 09.00 – 14.00 น.

เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

คำตอบข้อที่ 1 (9 คะแนน) (3.25 + 5.75 + 0 คะแนน)

1.1 (1 คะแนน)

1.1.1 โครงสร้างลิวอิสของ silicide (Si_4^{4-}) ที่เป็นไปตามกฎออกเตต คือ



(0.75)

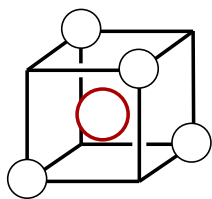
lone pair, bond pair และประจุบนอะตอมถูกต้อง

1.1.2 สูตรเคมีของ sodium silicide คือ

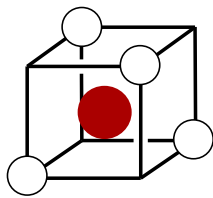
NaSi

(0.25)

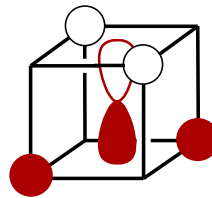
1.2 (2 คะแนน) รูปแสดงการรวมกันของออร์บิทัลเชิงโมเลกุลของ SiH_4



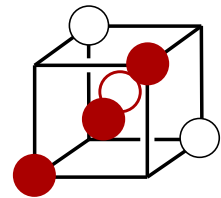
1



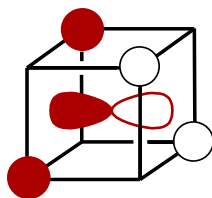
2



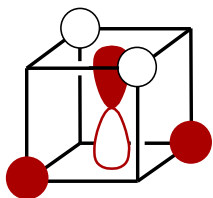
3



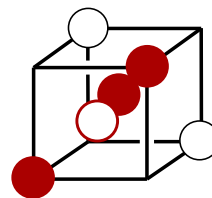
4



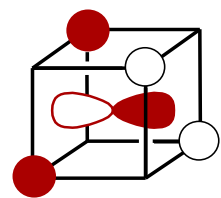
5



6



7



8

รูปละ 0.25 คะแนน แต่ละรูปต้องถูกทั้งหมดตาม concept ของ bonding และ antibonding orbital

1.3 (2 คะแนน) ปฏิกริยาระหว่าง SiO_2 กับ Na_2CO_3

1.3.1 อัตราส่วนโดยโมล 1:1

สมการเคมีที่เกิดขึ้น



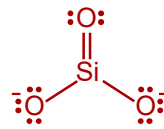
(0.25)

ต้องถูกทั้งหมด

โครงสร้างลิวอิสของ

แอนไอออนของ

ผลิตภัณฑ์



(0.75)

lone pair, bond pair และประจุบนอะตอมถูกต้อง

1.3.2 อัตราส่วนโดยโมล 1:2

สมการเคมีที่เกิดขึ้น



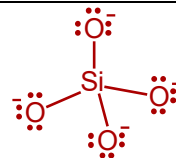
(0.25)

ต้องถูกทั้งหมด

โครงสร้างลิวอิสของ

แอนไอออนของ

ผลิตภัณฑ์



(0.75)

lone pair, bond pair และประจุบนอะตอมถูกต้อง

1.4 (2 คะแนน)

1.4.1 สูตรเคมีของหน่วยซ้ำในพอลิเมอร์ A คือ

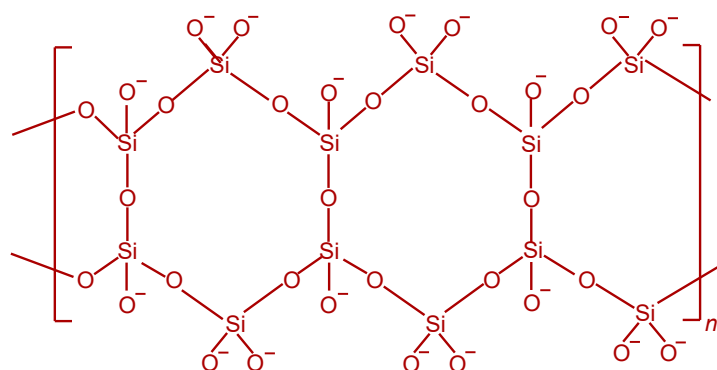


(0.5)

1.4.2 สูตรเคมีของ kaolinite คือ



(0.5)

1.4.3 โครงสร้างพอลิเมอร์ของ $\text{Si}_4\text{O}_{11}^{x-}$ 

(0.75)

ต้องเขียนหน่วยซ้ำถูกต้องทั้งอะตอมและประจุ

ค่า x =

6

(0.25)

1.5 (2 คะแนน)

mol% ของ talc ในแร่ผสม =

84.5

(0.25)

วิธีคำนวณ

หาจำนวนโมลของ Mg และ Si ในแร่ผสม

$$n_{\text{Mg}} = 19.78 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{24.3 \text{ g}} = 0.814 \text{ mol} \quad (0.25)$$

$$n_{\text{Si}} = 28.18 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{28.1 \text{ g}} = 1.00 \text{ mol} \quad (0.25)$$

$$\text{ดังนั้น แร่ผสมมีอัตราส่วนโดยโมลของ Si/Mg} = \frac{1.00}{0.814} = 1.23 \quad (0.25)$$

$$\text{ให้แร่ผสมมีอัตราส่วนโดยโมลของ talc} = x \text{ และ อัตราส่วนโดยโมลของ chrysotile} = 1-x \quad (0.25)$$

$$\text{อัตราส่วนโดยโมลของ Si/Mg ใน talc คือ } 4/3 \text{ และ อัตราส่วนโดยโมลของ Si/Mg ใน chrysotile คือ } 2/3 \quad (0.25)$$

$$\text{ดังนั้น } 4/3 x + 2/3 (1-x) = 1.23 \quad (0.5)$$

แร่ผสม (x) มีอัตราส่วนโดยโมลของ talc = 0.845 หรือ 84.5 mol%

คำตอบข้อที่ 2 (11 คะแนน) (7 + 4 + 0 คะแนน)

2.1 (6.5 คะแนน)

2.1.1 เลขโคออร์ดิเนชัน = 12 (0.5)

2.1.2 มีมวล = 1.11 kg (0.5)
(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ

$$\text{CCP} = \text{FCC} = 4 \text{ atoms/unit cell} \quad (0.25)$$

$$m_{\text{unit cell}} = (4 \text{ atoms}) \left(\frac{1 \text{ mol}}{6.022 \times 10^{23} \text{ atoms}} \right) \left(197.0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \quad (0.25)$$

$$= 1.30853537 \times 10^{-21} \text{ g}$$

$$V_{\text{unit cell}} = (408 \times 10^{-10} \text{ cm})^3 = 6.7917312 \times 10^{-23} \text{ cm}^3 \quad (0.25)$$

$$[= (408 \text{ pm})^3 = 6.7917312 \times 10^7 \text{ pm}^3]$$

$$[= (408 \times 10^{-12} \text{ m})^3 = 6.7917312 \times 10^{-29} \text{ m}^3]$$

$$V_{\text{gold bar}} = 4.00 \text{ cm} \times 8.00 \text{ cm} \times 1.80 \text{ cm} = 57.6 \text{ cm}^3 \quad (0.25)$$

$$m_{\text{gold bar}} = 57.6 \text{ cm}^3 \times \frac{1.30853537 \times 10^{-21} \text{ g}}{6.7917312 \times 10^{-23} \text{ cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \quad (0.5)$$

$$= 1.109755894 \text{ kg} \quad [1.105-1.11168]$$

$$\text{Note: density} = \frac{\text{mass}}{\text{volume}} = \frac{1.30853537 \times 10^{-21} \text{ g}}{6.7917312 \times 10^{-23} \text{ cm}^3} = 19.26659539 \text{ g/cm}^3 \quad [19.2 - 19.3]$$

2.1.3 ความหนาแน่น = $\boxed{10.57} \text{ g cm}^{-3}$ โลหะด้านใน คือ $\boxed{\text{Ag}}$
 (ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (ตอบเป็นสัญลักษณ์ธาตุ)
 (0.75) (0.75)

วิธีคิด

$$\text{ปริมาตรทองคำแท่ง} = 4.00 \times 8.00 \times 1.80 = 57.6 \text{ cm}^3$$

$$\text{ทองคำแท่งหนา } 0.25 \text{ cm} \Rightarrow \text{ความยาวด้านของโลหะด้านในลดลง } 0.25 \text{ cm/ด้าน} \times 2 \text{ ด้าน} = 0.50 \text{ cm}$$

$$\text{ปริมาตรโลหะด้านใน} = 3.50 \text{ cm} \times 7.50 \text{ cm} \times 1.30 \text{ cm} = 34.125 \text{ cm}^3$$

$$\text{ปริมาตรทองคำแท่ง} = 57.6 - 34.125 = 23.475 \text{ cm}^3 \quad [23.5]$$

$$\text{มวลทองคำแท่ง} = (19.26659539 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3})(23.475 \text{ cm}^3) = 452.2833268 \text{ g} \quad [451-453]$$

$$\text{มวลโลหะด้านใน} = 813 - 452.2833268 = 360.7166732 \text{ g} \quad [362-360]$$

$$\text{ความหนาแน่นโลหะด้านใน} = \frac{360.7166732 \text{ g}}{34.125 \text{ cm}^3} = 10.57015892 \text{ g/cm}^3 \quad [10.5-10.6]$$

$$\text{ความหนาแน่น (d)} = \frac{m_{\text{unit cell}}}{V_{\text{unit cell}}} = \frac{(4 \times A)/N_A}{V_{\text{unit cell}}}$$

$$\text{มวลอะตอม (A)} = \frac{dV_{\text{unit cell}} N_A}{4}$$

$$= \frac{(10.57015892 \text{ g/cm}^3)(6.7917312 \times 10^{-23} \text{ cm}^3)(6.022 \times 10^{23} \text{ atoms/mol})}{4 \text{ atoms}}$$

$$= 108.0793604 \text{ g/mol} \quad [107.3-108.4] \Rightarrow \text{Ag}$$

2.1.4 อัตราส่วนโดยโมล Au : Cu =

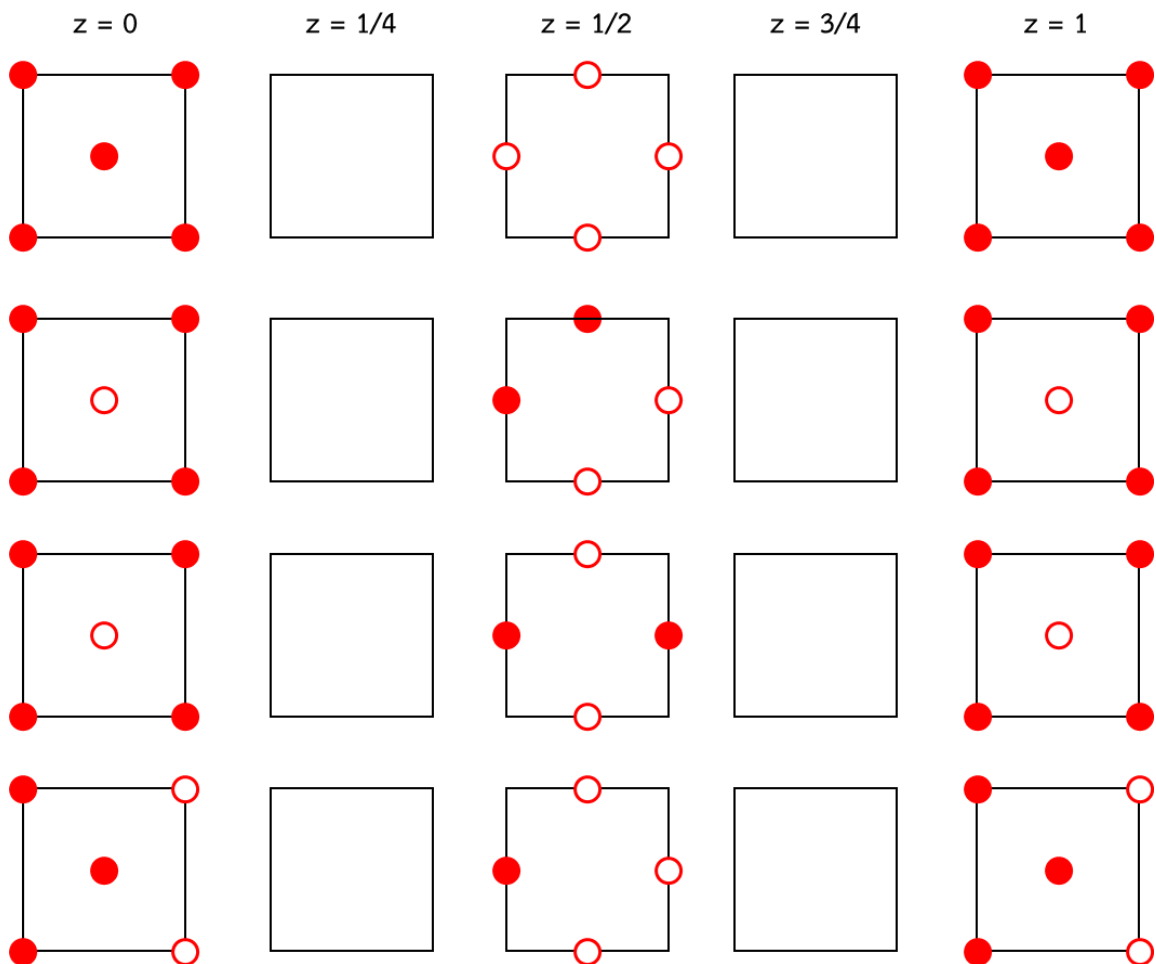
1 : 1

(0.75)

วาดตำแหน่ง Au และ Cu ที่ระยะต่าง ๆ ตามแกน z ลงบนหน่วยเซลล์ที่เตรียมไว้ให้

ใช้ ● แทน Au และ ○ แทน Cu

ตัวอย่างชุดคำตอบที่เป็นไปได้



เป็น FCC - (0.5)

อัตราส่วนอะตอมที่วาดมาทั้งหมด Au:Cu = 1:1 - (1)

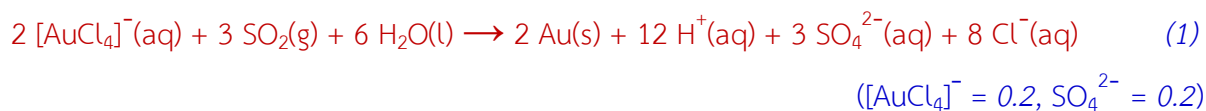
z=0 เหมือน z=1 - (0.25)

2.2 (2.5 คะแนน)

- 2.2.1 ตัวออกซิไดส์ คือ ☐ ทองคำ ☐ กรดไฮโดรคลอริก ☒ กรดไนตริก (0.5)
☐ tetrachloridoaurate(III) anion ☐ ไนโตรเจนไดออกไซด์

จำนวนอิเล็กตรอน = mol (0.5)

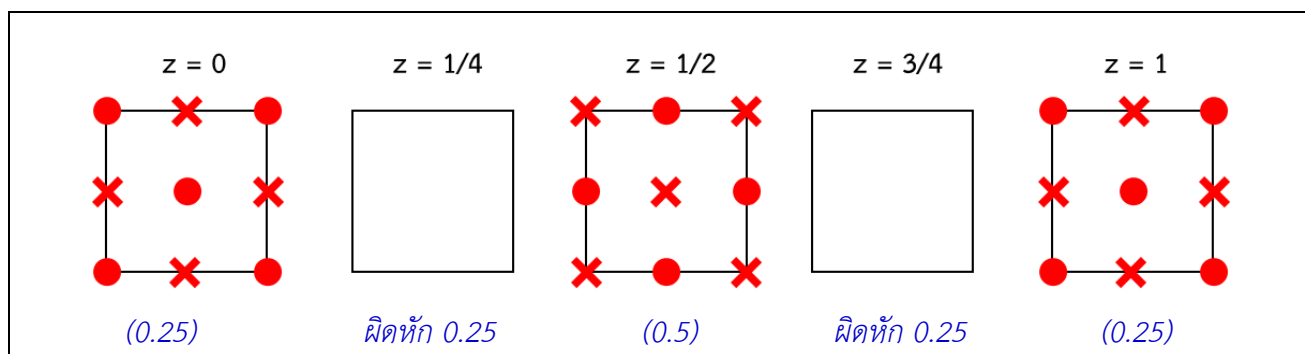
2.2.2 สมการแสดงปฏิกิริยา



2.2.3 ขนาดมุมพันธะ < < (0.5)

2.3 (2 คะแนน)

- 2.3.1 วาดตำแหน่ง Fe^{2+} และ S_2^{2-} ที่ระยะต่าง ๆ ตามแกน z ลงบนหน่วยเซลล์ที่เตรียมไว้ให้
 ใช้ ● แทน Fe^{2+} และ ✕ แทน S_2^{2-}



2.3.2 สูตรเคมีของสารประกอบออกไซด์ของเหล็ก คือ (1)

คำตอบข้อที่ 3 (5 คะแนน) (4 + 1 + 0 คะแนน)

คอลัมน์ ก			คอลัมน์ ข		
C	1	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	B, C	A.	เลขโคออร์ดิเนชัน = 3
L	2	$\text{VO}(\text{acac})_2$	C, H, L	B.	เลขออกซิเดชันของอะตอมกลาง = +3
E	3	K_3CrCl_6	B, E	C.	มีอิเล็กตรอนเดี่ยว 1 ตัว
I	4	KMnO_4	I	D.	มีอิเล็กตรอนเดี่ยว 4 ตัว
F	5	$\text{Fe}(\text{bipy})_2(\text{SCN})_2$	F, G, H, I	E.	มีอิเล็กตรอนเดี่ยวเท่ากับเลขออกซิเดชันของอะตอมกลาง
B	6	K_3CuF_6	B	F.	มี geometrical isomer
H	7	$\text{Co}(\text{en})_3\text{Cl}_3$	B, H, I	G.	มี linkage isomer
O	8	$\text{K}_4\text{Ni}(\text{CN})_4$	I, O	H.	bidentate ligand
G	9	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$	B, G, I	I.	diamagnetic
K	10	$\text{K}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$	I, K	J.	d-orbital splitting แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม
			No A, D, J, M, N		
			K. d-orbital splitting มี 4 กลุ่มที่ d_{z^2} ต่ำกว่า d_{xy}		
			L. d-orbital splitting มี 4 กลุ่มที่ d_{z^2} สูงกว่า d_{xy}		
			M. มีอิเล็กตรอนใน d orbital 4 ตัว		
			N. มีอิเล็กตรอนใน d orbital 7 ตัว		
			O. มีอิเล็กตรอนใน d orbital 10 ตัว		

สำหรับทด

A: none	D: none	G: 5, 9	J (tbp): none	M: none
B: 1, 3, 6, 7, 9	E: 3	H: 2, 5, 7	K (sq pl): 10	N: none
C: 1, 2	F: 5	I: 4, 5, 7, 8, 9, 10	L (sq py): 2	O: 8

คำตอบข้อที่ 4 (5 คะแนน) (4 + 1 + 0 คะแนน)

4.1 (1 คะแนน) ลำดับความแข็งแรงของพันธะในสารเชิงซ้อน 1-4 จากมากไปน้อย ตอบโดยใช้ตัวเลข 1-4

ความแข็งแรงของพันธะ M-N: 4 > 1 > 3 > 2 (1)เรียงลำดับ reduced mass: Pt-N > Co-N = Ni-N ดังนั้น k_{M-N} Pt(II) > Co(III) > Ni(II) > Co(II)

4.2 (0.5 คะแนน)

พิก (x) คือ ☒ Pt—N ☐ Pt—Cl พิก (y) คือ ☐ Pt—N ☒ Pt—Cl (0.25+0.25)

แม้ว่า Pt—Cl จะแข็งแรงกว่า Pt—N แต่ผลของ mass มีมากกว่า Cl น้อยกว่า ความถี่น้อยกว่า: (x) Pt—N, (y) Pt—Cl

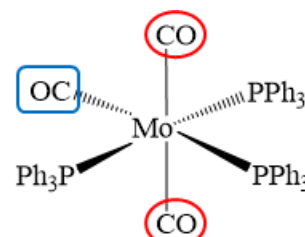
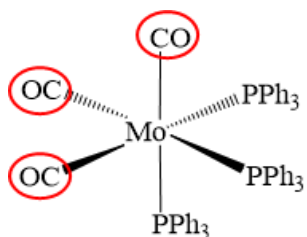
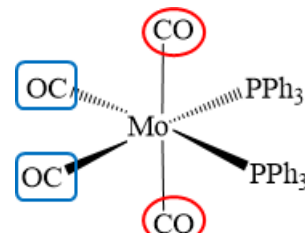
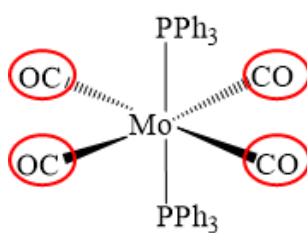
4.3 (0.5 คะแนน)

CO มีอันดับพันธะ = 3 π -backbonding ทำให้อันดับพันธะ ☐ มากขึ้น ☐ เท่าเดิม ☒ ลดลง (0.25+0.25 ไม่ตอบอันดับพันธะ ไม่ตรวจคำตอบด้านหลัง)

4.4 (1 คะแนน)

พิก a) คือ CO ใน ☐ Cr(CO)₆ ☐ [Mn(CO)₆]⁺ ☒ [Fe(CO)₆]²⁺ ☐ [V(CO)₆]⁻ (0.5)พิก b) คือ CO ใน ☐ Cr(CO)₆ ☐ [Mn(CO)₆]⁺ ☐ [Fe(CO)₆]²⁺ ☒ [V(CO)₆]⁻ (0.5)ความถี่มาก เกิด π -backbonding น้อย - [Fe(CO)₆]²⁺; ความถี่ต่ำ เกิด π -backbonding มาก - [V(CO)₆]⁻

4.5 (2 คะแนน) ทำสัญลักษณ์ (วงกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หรือเครื่องหมายอื่น ๆ) เพื่อจำแนกสภาพแวดล้อมของ CO ทุกตัวในแต่ละสารเชิงซ้อน โดย CO ในแต่ละสารเชิงซ้อนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมแบบเดียวกันต้องใช้สัญลักษณ์เดียวกัน



(สารละ 0.5 pts ในแต่ละสารต้องถูกทั้งหมด)

คำตอบข้อที่ 5 (10 คะแนน) (5 + 5 + 0 คะแนน)

5.1 (1.5 คะแนน) K_{sp} ของ AgBr(s) ที่อุณหภูมิ 35 °C = 1.6×10^{-12} (0.5)

(ตอบในรูป $A.B \times 10^C$)

วิธีคำนวณ



ที่ 298 K $\Delta_r G^\circ = 77.1 - 104.0 + 96.9 = +70.0 \text{ kJ mol}^{-1}$ (0.1)

$\Delta_r S^\circ = 72.7 + 82.4 - 107.1 = +48.0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ (0.1)

ดังนั้น $\Delta_r H^\circ = \Delta_r G^\circ + T\Delta_r S^\circ = 70.0 + 298 \times 48.0/1000 = 84.3 \text{ kJ mol}^{-1}$ (0.1)

ที่ 35 °C (308 K) $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ = 84.3 - 308 \times 48.0/1000 = 69.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ (0.3)

จาก $\Delta_r G^\circ = -RT \ln K_{sp} \rightarrow K_{sp} = \exp \frac{-69.5 \times 10^3}{8.314 \times 308} \approx 1.6 \times 10^{-12}$ (0.3)

ถ้านำ $\Delta_r G^\circ$ ที่ 298 K มาเข้าสู่สูตร $\Delta_r G^\circ = -RT \ln K$ โดยแทนค่า $T = 308 \text{ K}$ เลย จะได้ว่า

$K_{sp} = \exp \frac{-70.0 \times 10^3}{8.314 \times 308} \approx 1.3 \times 10^{-12}$ ซึ่งเป็นคำตอบที่ผิด

เนื่องจาก $\Delta_r G^\circ$ ที่ 308 K ไม่ได้มีค่าเท่ากับ $+70.0 \text{ kJ mol}^{-1}$ (ให้คะแนน 0.1+0.1+0.3 = 0.5)

5.2 (1 คะแนน) ไม่ใช่ AgF เป็นสารเคลือบฟิล์มเพราะ

☐ เกลือ AgF ไม่ละลายน้ำ (-0.25)

☒ เกลือ AgF ละลายน้ำได้ดี (0.5)

☐ เกลือ AgF เสถียรในทางอุณหพลศาสตร์ (เทียบกับโลหะ Ag และแก๊ส F_2) (-0.25)

☐ เกลือ AgF ไม่เสถียรในทางอุณหพลศาสตร์ (เทียบกับโลหะ Ag และแก๊ส F_2) (-0.25)

(คะแนนรวมในการเลือกตอบไม่ติดลบ)

คำอธิบาย



ดังนั้น เกลือ AgF ละลายน้ำได้ดี ($\Delta_r G^\circ < 0 \rightarrow K_{sp} > 1$) จึงไม่เหมาะนำมาใช้เป็นสารเคลือบฟิล์มถ่ายรูป (0.5)

(นักเรียนอาจคำนวณ K_{sp} ที่ 298 K จาก $\Delta_r G^\circ$ หรือไม่ก็ได้ $K_{sp} = \exp(-(-13.8 \times 10^3)/(8.314/298)) \approx 262$)

5.3 (1.5 คะแนน) ต้องมี ν อย่างน้อยประมาณ

813.5

THz

(0.5)

วิธีคำนวณ

เมื่อแสงตกกระทบผลึก AgBr จะเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากไอออน Br^- ไปยังไอออน Ag^+ ดังแสดง

ความถี่ของแสง ν อย่างน้อยที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากไอออน Br^- พอจะสามารถประมาณค่าได้จาก
สัมพรรคภาพไอออไนซ์ (EA) ของธาตุ Br

(0.5)

$$\nu \approx \frac{324.6 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1} / 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}} = 324.6\text{E}3 / 6.022\text{E}23 / 6.626\text{E}-34$$

$$\approx 8.135\text{E}14 \text{ Hz} = 813.5 \text{ THz}$$

(0.5)

หมายเหตุ ความถี่ที่คำนวณได้โดยช่วงของแสงที่มองเห็นได้ไปเล็กน้อย (อยู่ในช่วงแสงยูวี) ทั้งนี้ คำถามข้อนี้เป็น
เพียงการประมาณค่า (จริง ๆ ต้องพิจารณาสถานะของสารด้วย)

ในกรณีที่นักเรียนเลือกใช้

IE_1 ของ Ag = 731 kJ mol^{-1} จะได้คำตอบเป็น $731\text{E}3 / 6.022\text{E}23 / 6.626\text{E}-34 \approx 1830\text{--}1832 \text{ THz}$

IE_2 ของ Ag = 2070 kJ mol^{-1} จะได้คำตอบเป็น $2070\text{E}3 / 6.022\text{E}23 / 6.626\text{E}-34 \approx 5188 \text{ THz}$

IE_1 ของ Br = 1140 kJ mol^{-1} จะได้คำตอบเป็น $1140\text{E}3 / 6.022\text{E}23 / 6.626\text{E}-34 \approx 2857 \text{ THz}$

$\Delta_{\text{vap}}H^\circ (\text{Br}_2) = 31 \text{ kJ mol}^{-1}$ จะได้คำตอบเป็น $31\text{E}3 / 6.022\text{E}23 / 6.626\text{E}-34 \approx 77.7\text{--}78 \text{ THz}$

$\text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) \quad E^\circ = +0.80 \text{ V}; \quad \Delta_r G^\circ = -nFE^\circ = -1 \times 96485 \times (+0.80) = -77.2 \text{ kJ mol}^{-1}$

ดังนั้น $\text{Ag}(\text{s}) \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \quad \Delta_r G^\circ = 77.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ จะได้คำตอบเป็น 193 THz

$\text{AgBr}(\text{s}) + e^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Br}^-(\text{aq}) \quad E^\circ = +0.07 \text{ V}; \quad \Delta_r G^\circ = -nFE^\circ = -1 \times 96485 \times (+0.07) = -6.75 \text{ kJ mol}^{-1}$

ดังนั้น $\text{Ag}(\text{s}) + \text{Br}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgBr}(\text{s}) + e^- \quad \Delta_r G^\circ = 6.75 \text{ kJ mol}^{-1}$ จะได้คำตอบเป็น $16.9\text{--}17.5 \text{ THz}$

(ถ้าตัวเลขสุดท้ายได้ตามนี้ ให้ 0.5 คะแนน)

5.4 (1 คะแนน) ต้องใช้โฟตอนอย่างน้อย

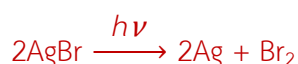
2

อนุภาค

(0.5)

คำอธิบาย

ดุลสมการแสดงปฏิกิริยาข้างต้นได้ดังนี้



(0.5)

จะเห็นว่า ปฏิกิริยาข้างต้นเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอน 2 ตัว ดังนั้นจึงต้องใช้โฟตอนอย่างน้อย

2 อนุภาค จึงจะเกิดโมเลกุล Br_2 ได้ 1 โมเลกุล

5.5 (1 คะแนน) Ag ปริมาณน้อยมากที่อยู่บนผลึก AgBr ทำหน้าที่... (1)

- ☒ ตัวเร่งปฏิกิริยา ☐ สารมัธยันตร์ ☐ ตัวหน่วงปฏิกิริยา
☐ สารตั้งต้น ☐ ผลิตภัณฑ์ ☒ ขั้วไฟฟ้า

(ตอบตัวเลือกถูกให้ตัวเลือกละ 0.5 คะแนน ตอบตัวเลือกผิดหักตัวเลือกละ 0.25 คะแนน)

5.6 (2 คะแนน) $T_1 =$

308

 K (0.5)

พลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) =

69.9

 kJ mol⁻¹ (0.5)

วิธีคำนวณ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาแปรผกผันกับเวลาที่ใช้ล้างฟิล์ม (t_D) ดังนั้นปริมาณในแกน y (ส่วนกลับของ t_D) แปรผันตรงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา และการที่เห็นแนวโน้มเป็นเส้นตรงเมื่อเทียบกับแกน x (ความเข้มข้นของ H₂Q) แสดงว่า เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเมื่อเทียบกับ H₂Q นั่นคือ (0.3)

$$\text{Rate} = n_{\text{AgBr}}/t_D = k[\text{H}_2\text{Q}] \text{ หรือ } 1/t_D = k_{\text{obs}}[\text{H}_2\text{Q}]$$

ดังนั้น k_{obs} แปรผันตรงกับความชันของกราฟ

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น ความชันของกราฟจึงสูงขึ้น ดังนั้น (0.2)

$$T_1 = 35^\circ\text{C} = 308\text{ K} \text{ และ } T_2 = 25^\circ\text{C} = 298\text{ K}$$

วัดความชันของกราฟทั้งสองเส้นได้

$$\text{ความชัน}_1 = 12.50/0.48 \text{ หน่วย} \quad \text{ความชัน}_2 = 5.00/0.48 \text{ หน่วย} \quad (0.2)$$

จากสมการ Arrhenius

$$\ln\left(\frac{k_{35^\circ\text{C}}}{k_{25^\circ\text{C}}}\right) = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_{35^\circ\text{C}}} - \frac{1}{T_{25^\circ\text{C}}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{\text{slope}_1}{\text{slope}_2}\right) = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{308\text{ K}} - \frac{1}{298\text{ K}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{12.50}{5.00}\right) = -\frac{E_a}{8.314 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}}\left(\frac{1}{308\text{ K}} - \frac{1}{298\text{ K}}\right)$$

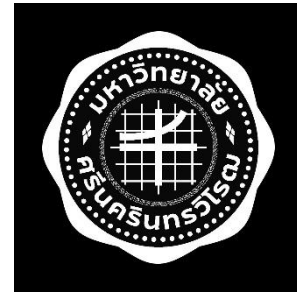
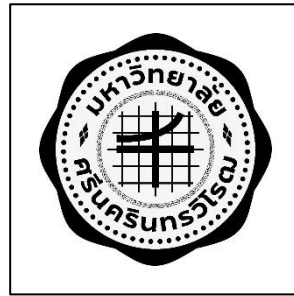
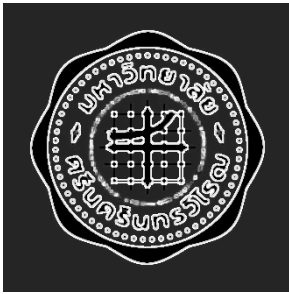
$$E_a = -\frac{(8.314 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1})}{\left(\frac{1}{308\text{ K}} - \frac{1}{298\text{ K}}\right)} \times \ln\left(\frac{12.50}{5.00}\right)$$

$$E_a = 69.9 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (0.3)$$

ถ้านักเรียนสลับสูตรเป็น $\ln\left(\frac{\text{slope}_2}{\text{slope}_1}\right) = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{308\text{ K}} - \frac{1}{298\text{ K}}\right)$

จะได้คำตอบเป็น $-8.314\text{E}-3/(1/308-1/298)*\ln(5.00/12.50) = -69.9 \text{ kJ mol}^{-1}$ นักเรียนควรจะทราบว่าคำนวณบางอย่างผิด เนื่องจากพลังงานก่อกัมมันต์ไม่ควรเป็นค่าติดลบ ให้ 0.8 คะแนน (เนื่องจากคิด T_1 และ T_2 สลับกัน)

5.7 (1 คะแนน) ภาพบนฟิล์มจะมีลักษณะเป็น



(ตอบตัวเลือกถูกให้ 1.0 คะแนน ตอบตัวเลือกผิดให้ 0 คะแนน ตอบมากกว่า 1 ตัวเลือกให้ 0 คะแนน)

5.8 (1 คะแนน) K ของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 25°C = 9.2 (1)

คำตอบได้จาก $5.4\text{E-}13 \times 1.7\text{E}13 = 9.18 \approx 9.2$

ในกรณีที่นักเรียนไม่นำ 2 ค่าข้างต้นมาคูณกัน จะได้ตัวเลขที่ผิด เช่น

$$5.4\text{E-}13/1.7\text{E}13 = 3.2 \times 10^{-26}$$

$$1.7\text{E}13/5.4\text{E-}13 = 3.1 \times 10^{25} \quad (\text{ให้ } 0 \text{ คะแนน})$$

คำตอบข้อที่ 6 (10 คะแนน) (4 + 4.5 + 1.5 คะแนน)

6.1 0.75 + 0.25

6.3 1.00 + 1.50

6.5 0.25 + 0.50 + 1.25

6.2 1.00 + 0.50

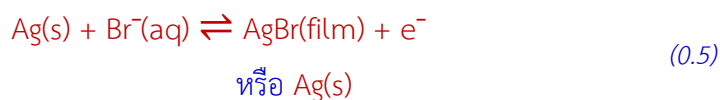
6.4 0.75 + 0.75

6.6 0.25 + 1.00 + 0.25

6.1 (1 คะแนน) फिल्मของ AgBr เกิดขึ้นที่ ☒ แอโนด ☐ แคโทด ☒ ขั้วบวก ☐ ขั้วลบ

(0.25) (0.25)

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยา



6.2 (1.5 คะแนน) เลขชี้กำลัง $x =$ 1/2 (0.25)

ความหนาแน่นกระแส = 2.5 mA cm⁻² (0.25)

วิธีคำนวณ

Levich equation: $j = 0.62 nF C D^{\frac{2}{3}} \nu^{-\frac{1}{6}} \omega^x$

$$j = 0.62 (1 \cdot 96485 \text{ C mol}^{-1}) (9.00 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3})$$

$$(2.10 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1})^{\frac{2}{3}} (8.90 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1})^{-\frac{1}{6}} (8.0 \text{ s}^{-1})^x$$

$$C = A \cdot s \quad (0.25) \quad \frac{2}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{2} \quad (0.25)$$

$$j = 0.90 \cdot (8.0)^x \frac{A \cdot s}{\text{mol}} \times \frac{\text{mol}}{1000 \text{ cm}^3} \times \left(\frac{\text{cm}^2}{s} \right)^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{1}{s} \right)^x$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 \quad (0.25)$$

unit analysis (0.25)

หน่วยวินาที (s) จะตัดกันได้พอดี ก็ต่อเมื่อ $x = 1/2$ ดังนั้น

$$j = 0.90 \cdot (8.0)^{\frac{1}{2}} \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2} \times \frac{s}{\frac{1}{s^2} \cdot \frac{1}{s^2}} = 2.5 \text{ mA cm}^{-2}$$

2.546166827

6.3 (2.5 คะแนน) ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยา (E_{rxn}) = 0.217 (0.25)

วิธีคำนวณ

ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยา (E_{rxn}) (0.25)

- ลากเส้นตรงทับจุดข้อมูลที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงแรก แล้วอ่านค่าจุดตัดแกน x
- ความละเอียดจะอนุโลมตามความถี่ของสเกล

6.5 (2 คะแนน) ความหนาแน่นของฟิล์ม = $\frac{6.81}{(1.58 \text{ หากใช้ } 6.40 \mu\text{m})} \text{ g cm}^{-3}$ (0.25)

วิธีคำนวณ

คำนวณพื้นที่ใต้กราฟเพื่อหาจำนวนประจุที่เกิดการถ่ายโอน ... cutoff = (337.5819 mV, 405.31 mA cm⁻²)

$$\text{Area} \approx \frac{1}{2} (405 \text{ mA cm}^{-2}) (340 - 217 \text{ mV}) \cdot \frac{(0.0234 \text{ cm}^2)}{(50.0 \text{ mV s}^{-1})} \approx 11.65671 \text{ mC}$$

area of triangle (0.5) conversion (0.5)

$$\approx 11.65671 \times 10^{-3} \text{ C} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{96485 \text{ C}} \approx 1.21 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

107.9+79.9 mol e⁻ >> mass (0.25)

ดังนั้น มวลของ AgBr ที่เกิดขึ้น $m = (1.21 \times 10^{-7} \text{ mol})(187.8 \text{ g mol}^{-1}) = 2.26 \times 10^{-5} \text{ g}$

ปริมาตรของฟิล์มที่เกิดขึ้น $V = (0.960 \times 0.0234 \text{ cm}^2)(1.48 \times 10^{-4} \text{ cm}) = 3.33 \times 10^{-6} \text{ cm}^3$

2.268881316 covered area >> volume (0.25)

ความหนาแน่นของฟิล์ม $d = \frac{2.26 \times 10^{-5} \text{ g}}{3.33 \times 10^{-6} \text{ cm}^3} = 6.81 \text{ g cm}^{-3}$ density definition (0.25)

3.331407248 6.810579276

6.6 (1.5 คะแนน) ทำเครื่องหมายเพื่อเลือกข้อความที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการเกิดฟิล์ม AgBr ได้ถูกต้อง

- ที่ความเข้มข้นของ Br⁻ เท่ากับ 9.00 mM

อัตราการเกิดปฏิกิริยาครั้งที่ เนื่องจาก ☐ การถ่ายโอนอิเล็กตรอนบนผิวชั่วเกิดได้ช้า (0.25)

☒ การเคลื่อนที่ของ Br⁻ มายังผิวชั่วเกิดได้ช้า

ถ้าอยากให้ฟิล์มถึงความหนาที่ต้องการไวขึ้น ต้องหมุนจานชั่วให้ ☒ เร็วขึ้น ☐ ช้าลง (0.25)

ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาจะมีค่า ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากับ ☒ มากกว่า E_{rxn} ในข้อ 6.3 (0.25)

- ที่ความเข้มข้นของ Br⁻ เท่ากับ 1.00 M เมื่อให้ความต่างศักย์เพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงที่ $\sigma = 150 \text{ mV s}^{-1}$

การถ่ายโอนอิเล็กตรอนบริเวณผิวชั่วเกิดได้ ☒ เร็วกว่า ☐ ช้ากว่า การเคลื่อนที่ของ Br⁻ มายังผิวชั่ว ☒ ↑

ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยามีค่า ☐ น้อยกว่า ☒ เท่ากับ ☐ มากกว่า E_{rxn} ในข้อ 6.3 (0.25)

ความชันของเส้นตรงในช่วงแรกของการเกิดฟิล์มจะมีค่า ☐ สูงขึ้น ☒ เท่าเดิม ☐ ต่ำลง (0.25)

ความหนาแน่นกระแสที่จุดสูงสุดจะมีค่า ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากับ ☒ มากกว่า ค่าที่แสดงในกราฟ (0.25)

คำตอบข้อที่ 7 (10 คะแนน) (0 + 10 + 0 คะแนน)

7.1 (2.5 คะแนน) พลังงานต่อกิโลกรัมที่ได้ = 46.6 MJ kg⁻¹ (0.5)

(ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว)

วิธีคำนวณ



- สลายพันธะ: $8(\text{C-H}) + 2(\text{C-C}) + 5(\text{O=O})$
 $= (8 \times 413) + (2 \times 347) + (5 \times 495) = 3304 + 694 + 2,475 = 6,473 \text{ kJ mol}^{-1}$
- สร้างพันธะ: $6(\text{C=O}) + 8(\text{O-H})$
 $= (6 \times 799) + (8 \times 467) = 4,794 + 3,736 = 8,530 \text{ kJ mol}^{-1}$
- พลังงานสุทธิ: $6,473 - 8,530 = -2,057 \text{ kJ mol}^{-1}$ (0.3)
- พลังงานต่อกิโลกรัม: $-2,057 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ mol}}{44.0 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = -46,750 \text{ kJ kg}^{-1}$ (0.2)



- สลายพันธะ: $10(\text{C-H}) + 3(\text{C-C}) + 13/2(\text{O=O})$
 $= (10 \times 413) + (3 \times 347) + (6.5 \times 495) = 4,130 + 1,041 + 3,216.5 = 8,388.5 \text{ kJ mol}^{-1}$
- สร้างพันธะ: $8(\text{C=O}) + 10(\text{O-H})$
 $= (8 \times 799) + (10 \times 467) = 6,392 + 4,670 = 11,062 \text{ kJ mol}^{-1}$
- พลังงานสุทธิ: $8,388.5 - 11,062 = -2,673.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ (0.3)
- พลังงานต่อกิโลกรัม: $-2,673.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ mol}}{58.0 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = -46,094.83 \text{ kJ kg}^{-1}$ (0.2)

พลังงานที่ได้จากการสันดาปสมบูรณ์ของ LPG (70% โพรเพน และ 30% บิวเทน)

$$\begin{aligned}
 &= 0.70 \times (-46,750) + 0.30 \times (-46,094.83) \\
 &= -46,553.45 \text{ kJ kg}^{-1} \\
 &= -4.66 \times 10^4 \text{ kJ kg}^{-1} \\
 &= -46.6 \text{ MJ kg}^{-1}
 \end{aligned}
 \quad (0.5)$$

7.2 (5 คะแนน)

7.2.1 ความดันสูงสุดภายในกระบอกสูบ = 52 atm (0.5)

(ตอบเป็นจำนวนเต็ม)

วิธีคำนวณ

$$m_{\text{propane}} = 0.100 \text{ g} \times 0.70 = 0.070 \text{ g}, \quad m_{\text{butane}} = 0.100 \text{ g} \times 0.30 = 0.030 \text{ g} \quad (0.25)$$

$$n_{\text{propane}} = 0.070/44.0 \approx 0.00159 \text{ mol}, \quad n_{\text{butane}} = 0.030/58.0 \approx 0.000517 \text{ mol} \quad (0.25)$$



ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สรวม 7 โมล ต่อเชื้อเพลิง 1 โมล



ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สรวม 9 โมล ต่อเชื้อเพลิง 1 โมล

$$n_{\text{product, total}} = 7n_{\text{propane}} + 9n_{\text{butane}} = 7(0.00159 \text{ mol}) + 9(0.000517) = 0.01578 \text{ mol} \quad (0.5)$$

$$P_{\text{max}} = \frac{nRT}{V} = \frac{(0.01578 \text{ mol})(0.08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(2000 \text{ K})}{(0.050 \text{ L})} \quad (0.5)$$

$$= 51.8 \text{ atm}$$

7.2.2 งานจากกระบวนการผันกลับไม่ได้ = -0.0456 kJ (ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว) (0.5)

งานจากกระบวนการ isothermal = -0.604 kJ (ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว) (0.5)

วิธีคำนวณ

$$W_{\text{irrev}} = -P_{\text{ext}} (V_2 - V_1) = -1.00 \text{ atm} \times (0.500 - 0.050) \text{ L} = -0.450 \text{ L atm} \quad (0.5)$$

$$= -0.450 \text{ L atm} \times \frac{101.325 \text{ J}}{1 \text{ L atm}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \quad (0.25)$$

$$= -0.0456 \text{ kJ}$$

$$W_{\text{isothermal}} = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (0.5)$$

$$= -(0.01578 \text{ mol})(0.08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(2000 \text{ K}) \ln \frac{0.500}{0.050}$$

$$= -5.96 \text{ L atm}$$

$$= -5.96 \text{ L atm} \times \frac{101.325 \text{ J}}{1 \text{ L atm}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \quad (0.25)$$

$$= -0.604 \text{ kJ}$$

7.3 (2.5 คะแนน) อุณหภูมิสุดท้ายภายในภาชนะ = 454 °C (0.5)

(ตอบเป็นจำนวนเต็ม)

วิธีคำนวณ

พลังงานที่ต้องใช้ในการหลอมเหลวน้ำแข็ง: (0.4)

$$E_{\text{fus}} = m\Delta H_{\text{fus}} = (12.5 \text{ kg})(334 \text{ kJ kg}^{-1}) = 4,175 \text{ kJ}$$

พลังงานที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ น้ำจาก 0°C ถึง 100°C: (0.4)

$$E_{\text{heat}} = mc\Delta T = (12.5 \text{ kg})(4.186 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1})(100-0 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 5,232.5 \text{ kJ}$$

พลังงานที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนน้ำให้เป็นไอ: (0.4)

$$E_{\text{vap}} = m\Delta H_{\text{vap}} = (12.5 \text{ kg})(2,260 \text{ kJ kg}^{-1}) = 28,250 \text{ kJ}$$

พลังงานที่เหลือ: (0.4)

$$E_{\text{remaining}} = 46,653.45 - 4,175 - 5,232.5 - 28,250 = 8,895.95 \text{ kJ}$$

อุณหภูมิสุดท้ายของไอน้ำ: (0.4)

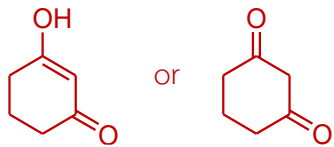
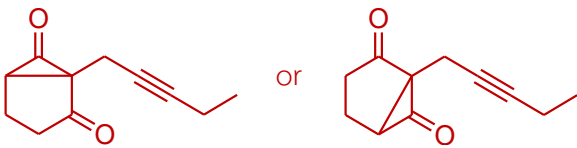
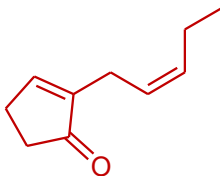
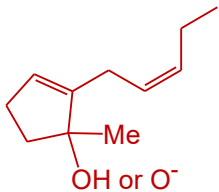
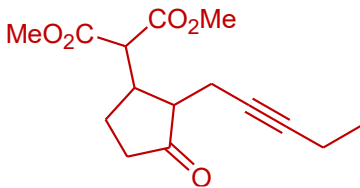
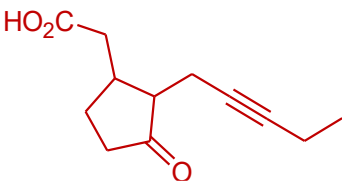
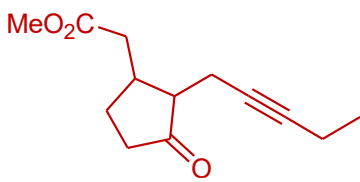
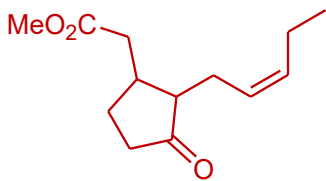
$$8,895.95 \text{ kJ} = mc\Delta T = (12.5 \text{ kg})(2.010 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1})\Delta T$$

$$\Delta T = (T_{\text{final}} - 100 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 354.07 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{final}} = 454 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Answer to Problem 8 (10 points) (0 + 10 + 0 คะแนน)

8.1 (7 points) Structures of Compounds and Intermediate A-H and Reagent X.

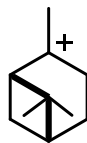
Compound A  (0.5 pt)	Reagent X  X = any leaving group (0.5 pt)
Intermediate B  (1 pt)	Compound C  (0.5 pt)
Compound D  (1 pt)	Compound E  (1 pt)
Compound F  (1 pt)	Compound G  (1 pt)
Compound H (Methyl jasmonate)  (0.5 pt)	

8.2 (3 points)

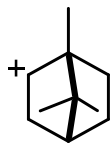
List of possible intermediates



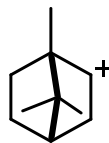
A



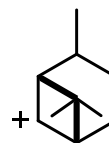
B



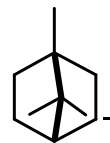
C



D



E



F



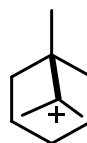
G



H



I



J

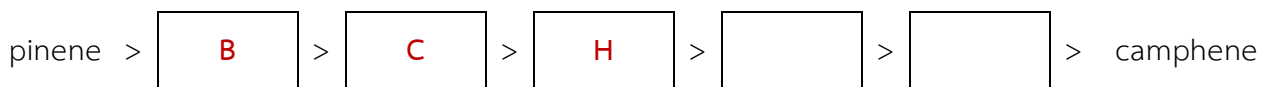


K



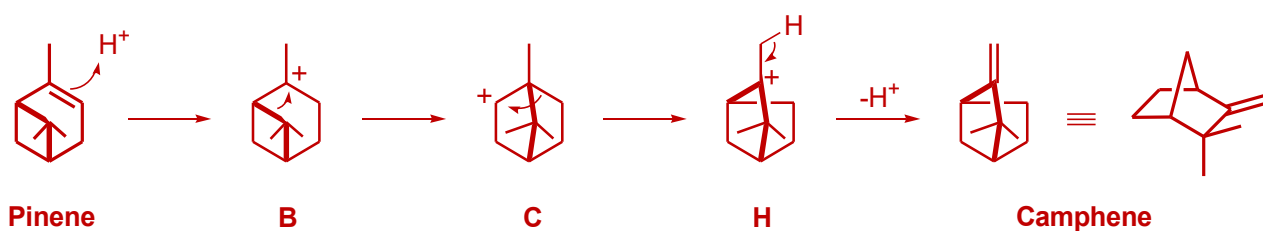
L

Intermediate involved (in order):



เลือก intermediate ถูกทั้งตัวเลือกและลำดับ (1 pt)

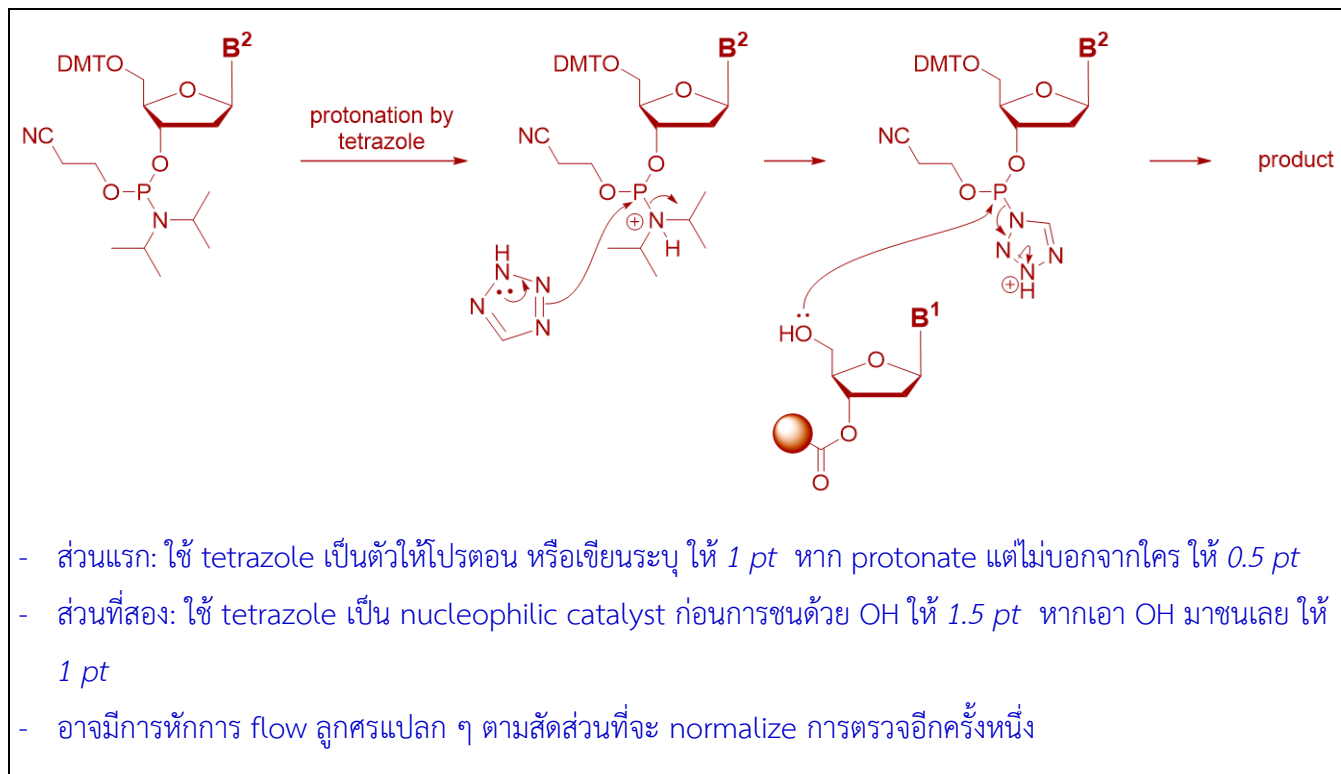
Draw the mechanism using the corresponding intermediates you selected.



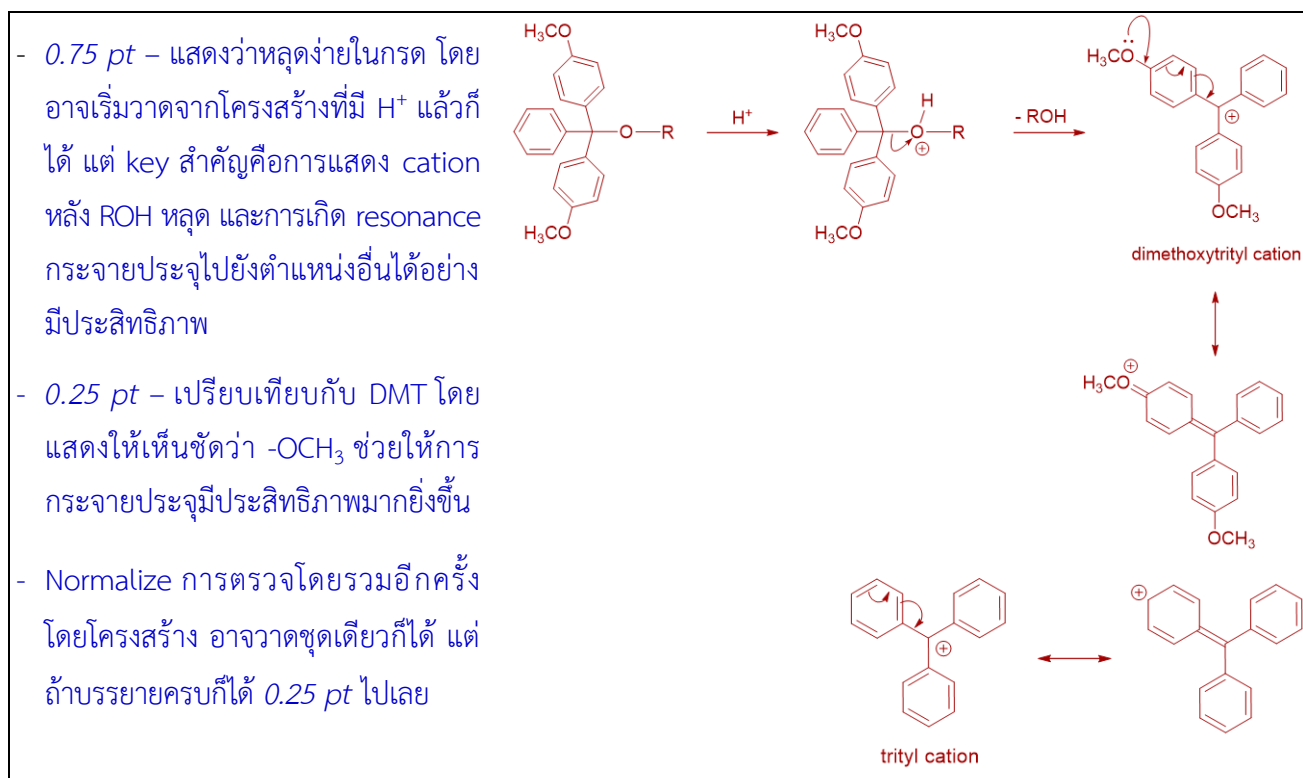
เขียนกลไกถูกต้อง step ละ 0.5 × 4 steps (2 pt)

Answer to Problem 9 (10 points) (7 + 3 + 0 คะแนน)

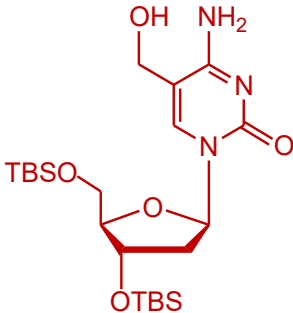
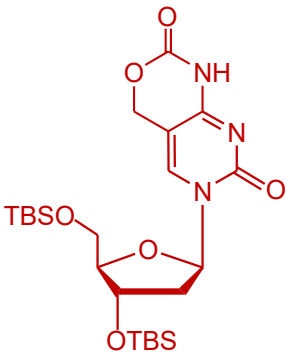
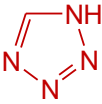
9.1 (2.5 points) Suggest a mechanism for step 1.

9.2 (1.5 points) Rate of acidic deprotection (add > or < in the box) : DMT > trityl (0.5 pt)

Explanation about why DMT is easily removed in acid, and if trityl is deprotected in a faster or slower rate than DMT.



9.3 (3.5 points) Provide the structures and/or identities of these compounds.

Compound A  (0.5 pt)	Compound B  (1 pt)	
Reagent I TBS-Cl, base (หรือ derivative อื่นที่ใช้งานได้ พิจารณาเป็นกรณีไป) (0.5 pt)	Reagent II HF or TBAF (หรือ derivative อื่นที่ใช้งานได้ พิจารณาเป็นกรณีไป) Is compound C required here? ☐ Yes ☒ No (0.5 pt)	Reagent II  (0.5 pt) Is compound C required here? ☒ Yes ☐ No (0.5 pt)

9.4 (2.5 points) Nucleobase A is

thymine

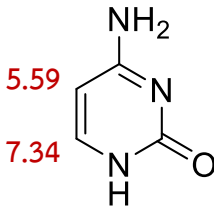
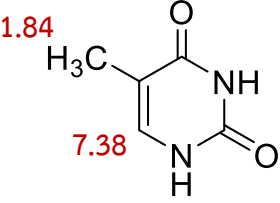
(0.25 pt)

Nucleobase B is

cytosine

(0.25 pt)

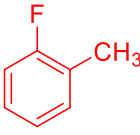
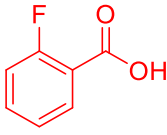
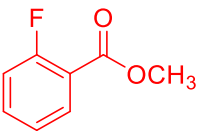
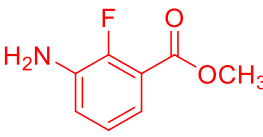
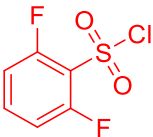
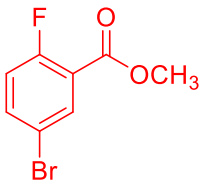
Write chemical shift values next to the protons of the structures shown below.

 cytosine (1 pt)	 thymine (1 pt)
---	---

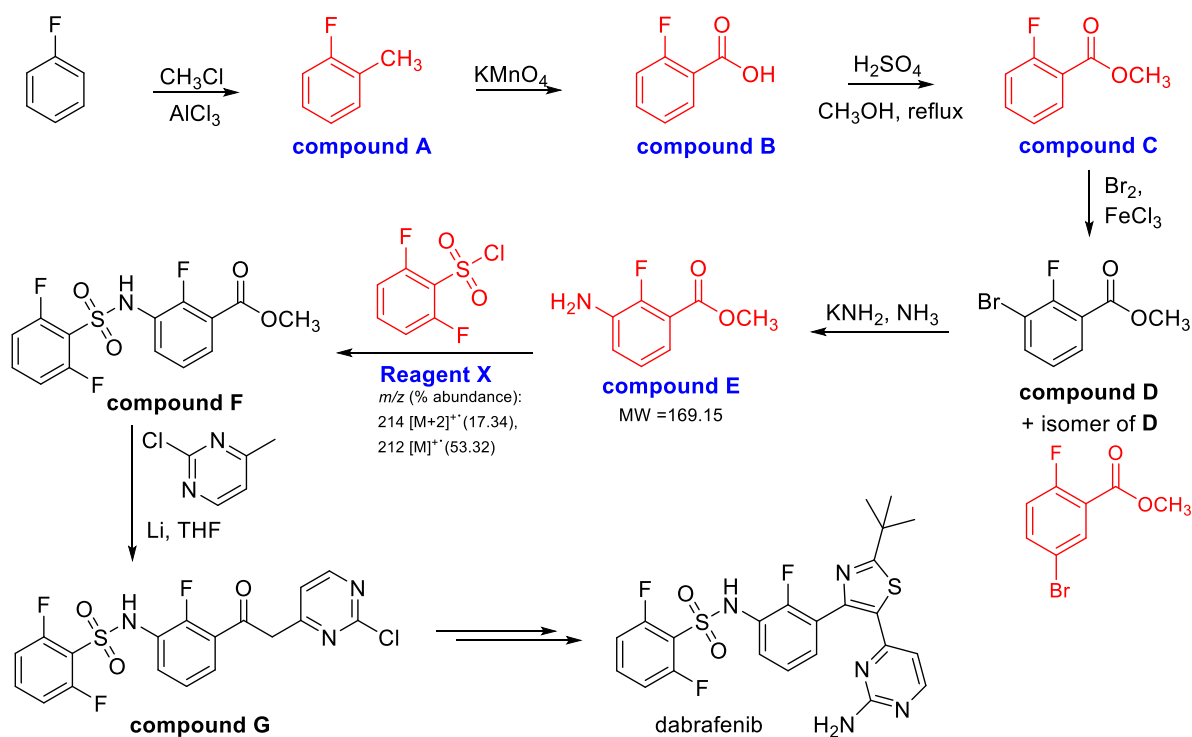
หมายเหตุ: hydrogen ทุกตำแหน่ง (ยกเว้น 1.84 ppm) ไม่ได้แสดงให้เห็นในกระดาษคำตอบ เนื่องจากต้องการให้โจทย์ซับซ้อนขึ้นอีกเล็กน้อย หากนักเรียนเขียนแสดง “H” ออกมาก่อน แล้วจึง label ตัวเลขที่ถูกต้อง ก็ถือว่าได้คะแนนเข้าเดียวกัน

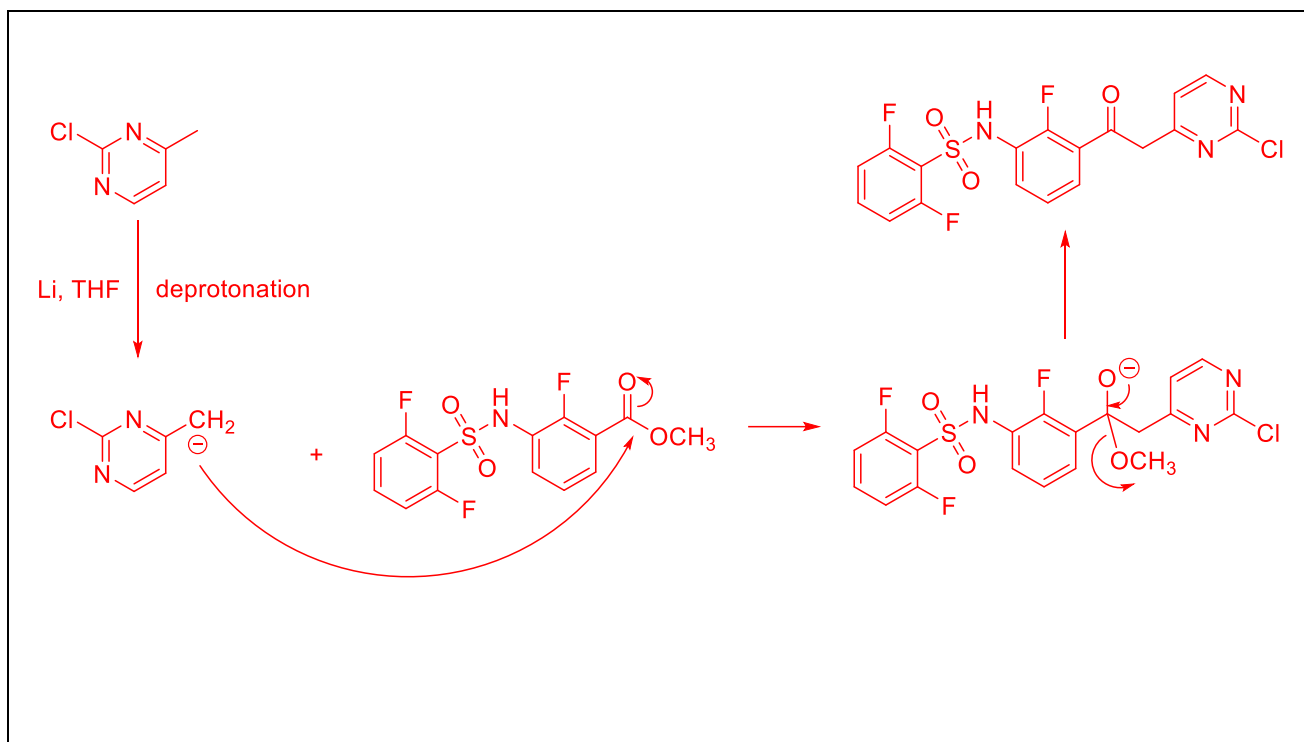
Answer to Problem 10 (10 points) (7 + 3 + 0 คะแนน)

10.1 (6 points) Draw the structures of Compounds A, B, C, E, Reagent X, and the isomer of D.

Compound A  (1 pt)	Compound B  (1 pt)
Compound C  (1 pt)	Compound E  (1 pt)
Reagent X  (1 pt)	Isomer of D  (1 pt)

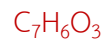
Full scheme solution



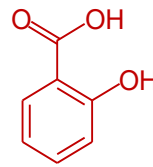
10.2 (2 points) Draw a mechanism of the formation of **Compound G**.10.3 (2 points) Correct and incorrect statements are indicated with ☒ and ☐, respectively.

- ☒ a. **Compound D** shows 8 signals in the ^{13}C NMR spectrum.
- ☒ b. A mass spectrum of **Compound D** shows the $[\text{M}^{+\bullet}]$ and $[\text{M}+2^{+\bullet}]$ peaks of a roughly equal intensity.
- ☐ c. In an IR spectrum of **Compound F**, there is a similar IR peak to that of **Compound B** around 1700 cm^{-1} . However, that of **F** is observed at a lower wavenumber.
- ☐ d. There are 5 types of non-equivalent protons shown in the ^1H NMR spectrum of the starting compound (fluorobenzene).
- ☒ e. If there is a mixture between **Compound B** and **Compound D**, they can be separated by liquid/liquid extraction.
- ☐ f. The ^1H signal for the $-\text{CH}_3$ group of **Compound F** appears further upfield than the ^1H signal for the $-\text{CH}_3$ groups of dabrafenib.
- ☐ g. **Compound E** would not dissolve well in an acidic solution while **Compound D** would.
- ☒ h. The ^1H signals for the $-\text{CH}_3$ groups of dabrafenib show the same multiplicity as that of **Compound D**.

คำตอบข้อที่ 11 (15 คะแนน) (5.5 + 5.5 + 4 คะแนน)

11.1 (2 คะแนน) สูตรโมเลกุลของ H_2A 

(1)

สูตรโครงสร้างของ H_2A 

(1,

o-/m-/p- ได้หมด)

วิธีคิด
$$\text{molar mass} = \frac{0.2112 \text{ g } H_2A}{15.30 \text{ mL NaOH}} \times \frac{1000 \text{ mL NaOH}}{0.100 \text{ mol NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol } H_2A} = 138 \text{ g HA/mol } H_2A$$

$$\begin{aligned} \text{mol C : mol H : mol O} &= \frac{60.9}{12.0} : \frac{4.3}{1.0} : \frac{100 - (60.9 + 4.3)}{16.0} \\ &= 5.08 : 4.3 : 2.18 \\ &= 2.33 : 1.97 : 1 \\ &= 7 : 6 : 3 \end{aligned}$$

สูตรเอมพิริคัลคือ $C_7H_6O_3$ ซึ่งมี molar mass 138.0 g/molดังนั้นสูตรโมเลกุลคือ $C_7H_6O_3$

11.2 (3 คะแนน)

pH =

3.77

(0.5)

วิธีคำนวณ

จากปฏิกิริยาระหว่าง H_2A กับ $NaOH (OH^-)$ 

เริ่มต้น (M)	$\frac{0.0240 \text{ M} \times 25.00 \text{ mL}}{25.00 + 50.00 \text{ mL}}$	$\frac{0.0100 \text{ M} \times 50.00 \text{ mL}}{25.00 + 50.00 \text{ mL}}$		(0.25)
--------------	---	---	--	--------

$$\begin{aligned} &= 8.00 \times 10^{-3} &= 6.67 \times 10^{-3} &0 \end{aligned}$$

เกิดปฏิกิริยา (M)	-6.67×10^{-3}	-6.67×10^{-3}	$+6.67 \times 10^{-3}$
-------------------	------------------------	------------------------	------------------------

คงเหลือ (M)	1.33×10^{-3}	0	6.67×10^{-3}	(0.75)
-------------	-----------------------	---	-----------------------	--------

หลังจากนั้นเกิดการแตกตัวตามสมดุลการแตกตัวของ H_2A 

เริ่มต้น (M)	1.33×10^{-3}	6.67×10^{-3}
--------------	-----------------------	-----------------------

เปลี่ยนแปลง (M)	$-x$	$+x$	$+x$
-----------------	------	------	------

สมดุล (M)	$1.33 \times 10^{-3} - x$	$6.67 \times 10^{-3} + x$	x
-----------	---------------------------	---------------------------	-----

$$K_{a1} = \frac{[HA^-][H_3O^+]}{[H_2A]} \quad (0.25)$$

$$x = 1.7 \times 10^{-4} \text{ M} = [H_3O^+] \quad (0.5)$$

ดังนั้น $pH = -\log (1.7 \times 10^{-4}) \quad (0.25)$

$$= 3.77$$

(ต้องแก้สมการกำลังสอง ประมาณตัด x ไม่ได้ ถ้าประมาณจะได้ pH = 3.70)

11.3 (1.5 คะแนน)	Acidic proton ลำดับที่	1	2	3
	ระบุอักษรของโปรตอน (a - o)			
	ช่องละ 1 ตัวอักษรเท่านั้น	o / g	g / o	k
		(0.5)	(0.5)	(0.5)

11.4 (0.5 คะแนน) รูปที่พบมากที่สุดคือ ☒ H_3L ☐ H_2L^- ☐ HL^{2-} ☐ L^{3-}

11.5 (1 คะแนน) สภาพละลายได้ของ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ = 2.0×10^{-18} M (1)

วิธีคิด $K_{\text{sp}} = [\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^-]^3 = 2.0 \times 10^{-39}$

K_{sp} มีค่าน้อยมาก $[\text{OH}^-]$ จาก $\text{Fe}(\text{OH})_3$ จึงน้อยมากเมื่อเทียบกับ $[\text{OH}^-]$ จากการแตกตัวของน้ำ (1.0×10^{-7} M)

$$s(1.0 \times 10^{-7})^3 = 2.0 \times 10^{-39}$$

$$s = 2.0 \times 10^{-18}$$

11.6 (3 คะแนน) $K_f = 1.5 \times 10^{15}$ (0.5)

(ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว)

วิธีคำนวณ

จาก $E_{\text{cell}} = E_{\text{right}} - E_{\text{left}}$

$$E_{\text{right}} = E_{\text{AgCl/Ag}}^\circ - \frac{0.0592}{1} \log[\text{Cl}^-] \quad (0.5)$$

$$= 0.222 - \frac{0.0592}{1} \log 0.100 = 0.281 \text{ V} \quad (0.25)$$

$$E_{\text{left}} = E_{\text{right}} - E_{\text{cell}} = 0.281 - 0.213 = 0.068 \text{ V} \quad (0.25)$$

$$E_{\text{left}} = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^\circ - \frac{0.0592}{1} \log \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]} \quad (0.5)$$

$$0.068 = 0.771 - \frac{0.0592}{1} \log \frac{1.00 \times 10^{-5}}{[\text{Fe}^{3+}]} \quad (0.25)$$

$$[\text{Fe}^{3+}] = 1.33 \times 10^{-17} \text{ M} \quad (0.25)$$

เขียนค่าคงที่สมดุลการเกิดสารเชิงซ้อนได้ดังนี้

$$K_f = \frac{[\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})^{3+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{H}_3\text{L}]} \quad (0.25)$$

$$K_f = \frac{(1.00 \times 10^{-4} - 1.33 \times 10^{-17})}{(1.33 \times 10^{-17})(5.00 \times 10^{-3} - 1.33 \times 10^{-17})} \quad (0.25)$$

$$K_f = 1.5 \times 10^{15}$$

11.7 (4 คะแนน)	$[\text{Fe}^{3+}]$ ในสารละลาย =	1.67×10^{-10}	M	(0.5)
	$[\text{Fe}^{3+}]$ ในเจล =	1.25×10^{-9}	M	(0.5)
	$[\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})^{3+}]$ ในเจล =	1.00×10^{-4}	M	(0.5)

(ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว)

วิธีคำนวณ

วิธีที่ 1สมการแสดงความเข้มข้นรวมของ Fe^{3+}

$$1.00 \times 10^{-4} = [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} + [\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}} + [\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})^{3+}]_{\text{gel}} \quad (0.5)$$

เปลี่ยนให้อยู่ในรูปตัวแปรเดียว โดยเขียนนิพจน์ค่าคงที่สมดุล K_1 และ K_2 (0.5)

$$K_1 = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}}}{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}} = 7.50 \quad \text{และ} \quad K_2 = \frac{[\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})^{3+}]_{\text{gel}}}{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}}[\text{H}_3\text{L}]_{\text{gel}}} = 2.00 \times 10^6$$

จะได้ $1.00 \times 10^{-4} = [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} + K_1[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} + K_2[\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}}[\text{H}_3\text{L}]_{\text{gel}}$

$$1.00 \times 10^{-4} = [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} + K_1[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} + K_1 K_2 [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} [\text{H}_3\text{L}]_{\text{gel}} \quad (0.5)$$

จัดรูปและแทนค่า

$$1.00 \times 10^{-4} = (1 + K_1 + K_1 K_2 [\text{H}_3\text{L}]_{\text{gel}}) [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}$$

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} = \frac{1.00 \times 10^{-4}}{1 + K_1 + K_1 K_2 [\text{H}_3\text{L}]_{\text{gel}}} \quad (0.25)$$

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} = \frac{1.00 \times 10^{-4}}{1 + 7.50 + (7.50)(2.00 \times 10^6)(4.00 \times 10^{-2})} \quad (0.25)$$

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} = 1.67 \times 10^{-10} \text{ M}$$

แทนค่า $[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}$ ใน K_1 และ K_2

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}} = K_1 [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} = (7.50)(1.67 \times 10^{-10}) = 1.25 \times 10^{-9} \text{ M} \quad (0.25)$$

$$[\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})^{3+}]_{\text{gel}} = K_2 [\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}} [\text{H}_3\text{L}]_{\text{gel}} \quad (0.25)$$

$$= (2.00 \times 10^6)(1.25 \times 10^{-9})(4.00 \times 10^{-2})$$

$$= 1.00 \times 10^{-4} \text{ M}$$

วิธีที่ 2สมการรวมของปฏิกิริยา 2 ขั้นคือ $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{L}(\text{gel}) \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})]^{3+}(\text{gel})$

$$K = K_1 K_2 = (7.50)(2.00 \times 10^6) = 1.50 \times 10^7 \quad (0.5)$$

เนื่องจากค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยารวมสูงมาก จึงสมมติให้ปฏิกิริยาข้างต้นเกิดได้สมบูรณ์ (0.5)

ดังนั้น $[\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})^{3+}]_{\text{gel}} = 1.00 \times 10^{-4} \text{ M}$

จาก $K_2 = \frac{[\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})^{3+}]_{\text{gel}}}{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}}[\text{H}_3\text{L}]_{\text{gel}}} = 2.00 \times 10^6$ (0.25+0.25)

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}} = \frac{[\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})^{3+}]_{\text{gel}}}{K_2[\text{H}_3\text{L}]_{\text{gel}}} = \frac{1.00 \times 10^{-4}}{(2.00 \times 10^6)(4.00 \times 10^{-2})} = 1.25 \times 10^{-9} \text{ M}$$

และ $K_1 = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}}}{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}} = 7.50$ (0.25+0.25)

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}}}{K_1} = \frac{1.25 \times 10^{-9}}{7.50} = 1.67 \times 10^{-10} \text{ M}$$

จะเห็นว่า $[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}, [\text{Fe}^{3+}]_{\text{gel}} \ll [\text{Fe}(\text{H}_3\text{L})^{3+}]_{\text{gel}}$ แสดงว่า ปฏิกิริยาข้างต้นเกิดได้สมบูรณ์ (0.5)

คำตอบข้อที่ 12 (15 คะแนน) (2.5 + 12.5 + 0 คะแนน)

12.1 (3.5 คะแนน) จากการทดลองของนักเรียน#1

12.1.1 สูตรเคมีของตะกอน คือ



(1)

12.1.2 ความเข้มข้นของซัลเฟตในน้ำตัวอย่าง T1

=

0.002580

mol/L

(0.5)

ความเข้มข้นของซัลเฟตในน้ำตัวอย่าง T1

=

248

mg/L

(0.5)

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{SO}_4^{2-} \text{ (mol/L)} &= \frac{0.3011 \text{ g BaSO}_4}{500.0 \text{ mL sample}} \times \frac{1 \text{ mol BaSO}_4}{233.4 \text{ g BaSO}_4} \times \frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol BaSO}_4} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 0.002580 \text{ mol/L } (2.580 \times 10^{-3} \text{ mol/L}) \text{ (0.00258012)} \\ \text{SO}_4^{2-} \text{ (mg/L)} &= \frac{0.002580 \text{ mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ L sample}} \times \frac{96.1 \text{ g SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol SO}_4^{2-}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \\ &= 248 \text{ mg/L } (247.938) \text{ ถ้าคำนวณต่อเนื่องมาจาก mol/L จะได้ 247.94953} \\ &\text{(แทนค่าด้วยตัวเลขที่มีเลขนัยสำคัญไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่ง -0.25)} \end{aligned}$$

12.2 (4 คะแนน) จากการทดลองของนักเรียน#2

12.2.1 สีของสารละลาย : ก่อนไทเทรต

blue

ที่จุดยุติ

wine red

(1)

ช่องละ 0.5 คะแนน แต่ถ้าตอบสีเดียวกัน 2 ช่อง ไม่ให้คะแนน

12.2.2 ความเข้มข้นของซัลเฟตในน้ำตัวอย่าง T2

=

289

mg/L

(0.5)

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{mol EDTA added} &= 35.00 \text{ mL EDTA} \times \frac{0.02100 \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} = 0.0007350 \text{ mol} \text{ (0.5)} \\ \text{mol EDTA remained} &= \text{mol MgSO}_4 \text{ used} \\ \text{mol EDTA reacted} &= \text{mol EDTA added} - \text{mol EDTA remained } (= \text{mol Ba}^{2+} = \text{mol SO}_4^{2-}) \\ \text{mol EDTA remained} &= 19.55 \text{ mL MgSO}_4 \times \frac{0.02220 \text{ mol MgSO}_4}{1000 \text{ mL MgSO}_4} \times \frac{1 \text{ mol EDTA}}{1 \text{ mol MgSO}_4} \\ &= 0.0004340 \text{ mol } (0.000434010) \\ \text{mol EDTA reacted} &= 0.0007350 \text{ mol} - 0.0004340 \text{ mol} = 0.0003010 \text{ mol SO}_4^{2-} \text{ (0.5)} \\ \text{SO}_4^{2-} \text{ (mg/L)} &= \frac{0.0003010 \text{ mol SO}_4^{2-}}{100.0 \text{ mL sample}} \times \frac{96.1 \text{ g SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol SO}_4^{2-}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 289 \text{ mg/L } (289.261) \text{ (0.5)} \\ &\text{(แทนค่าด้วยตัวเลขที่มีเลขนัยสำคัญไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่ง -0.25)} \end{aligned}$$

12.3 (5.5 คะแนน) จากการทดลองของนักเรียน#3

12.3.1 สูตรเคมีของตะกอน คือ

ZnS

(1)

12.3.2 ความเข้มข้นของซัลไฟด์ในน้ำทิ้ง B1

=

0.0000640
(6.40×10^{-5})

mol/L

(0.5)

ความเข้มข้นของซัลไฟด์ในน้ำทิ้ง B1

=

2.05

mg/L

(0.5)

วิธีคำนวณ

แนวคิด: ไม่จำเป็นต้องแสดงสมการต่อไปนี้อย่างชัดเจน แต่มีคะแนนเกี่ยวกับการดุลสมการรวมอยู่ในการคำนวณแล้ว

ตะกอน ZnS ละลายใน HCl ได้ S^{2-} $S^{2-} + I_2(\text{excess}) \rightarrow S + 2I^-$ $I_2(\text{remaining}) + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$

$$\text{mol } I_2 \text{ added} = 25.00 \text{ mL } I_2 \times \frac{0.01262 \text{ mol } I_2}{1000 \text{ mL } I_2} = 0.0003155 \text{ mol} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \text{mol } I_2 \text{ remained} &= 22.50 \text{ mL } S_2O_3^{2-} \times \frac{0.02520 \text{ mol } S_2O_3^{2-}}{1000 \text{ mL } S_2O_3^{2-}} \times \frac{1 \text{ mol } I_2}{2 \text{ mol } S_2O_3^{2-}} \\ &= 0.0002835 \text{ mol} \quad (0.000283500) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{mol } I_2 \text{ reacted} = 0.0003155 \text{ mol} - 0.0002835 \text{ mol} = 0.0000320 \text{ mol } I_2 \times \frac{1 \text{ mol } S^{2-}}{1 \text{ mol } I_2} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} S^{2-} (\text{mol/L}) &= \frac{0.0000320 \text{ mol } S^{2-}}{500.0 \text{ mL sample}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 6.40 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \quad (0.00006400) \end{aligned} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} S^{2-} (\text{mg/L}) &= \frac{0.0000320 \text{ mol } S^{2-}}{500.0 \text{ mL sample}} \times \frac{32.1 \text{ g } S^{2-}}{1 \text{ mol } S^{2-}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 2.05 \text{ mg/L} \quad (2.05440) \end{aligned} \quad (0.5)$$

(แทนค่าด้วยตัวเลขที่มีเลขนัยสำคัญไม่ถูกต้องที่ใดที่หนึ่ง -0.25)

12.4 (1.5 คะแนน) จากการทดลองของนักเรียน#4

ความเข้มข้นของซิลไฟด์ในน้ำทิ้ง B2	=	0.614	mg/L	(0.5)
-----------------------------------	---	-------	------	-------