

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 7

ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

วันศุกร์ที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

เวลา 8.30-13.30 น.

เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

คำชี้แจงการสอบภาคทฤษฎี

1. ข้อสอบภาคทฤษฎี คะแนนรวม 120 คะแนน คิดเป็น 60 % ของคะแนนในการแข่งขันทั้งหมด
2. ให้นักเรียนตรวจสอบเอกสารก่อนลงมือทำ ดังนี้
 - 2.1 ข้อสอบภาคทฤษฎี 1 ชุด จำนวน 20 หน้า (รวมปกและตารางธาตุ)
 - 2.2 กระดาษคำตอบภาคทฤษฎี 1 ชุด จำนวน 39 หน้า (รวมปก)
 - 2.3 เลขประจำตัวสอบในข้อสอบภาคทฤษฎีและกระดาษคำตอบภาคทฤษฎีทุกหน้า
3. ลงมือทำข้อสอบได้เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศให้ “ลงมือทำ” และเมื่อประกาศว่า “หมดเวลา” นักเรียนต้องหยุดทำข้อสอบทันที แล้วรวบรวมข้อสอบและกระดาษคำตอบใส่ซองเอกสาร วางไว้บนโต๊ะรองกรรมการคุมสอบเก็บข้อสอบก่อนจึงออกจากห้องสอบ
4. ให้เขียนตอบในกระดาษคำตอบด้วยปากกาสีน้ำเงินหรือดำเท่านั้น โดยเขียนให้ตรงกับข้อในกรอบที่กำหนดไว้ กรณีเขียนผิดให้ขีดฆ่าและเขียนใหม่ให้ชัดเจน ห้ามลบด้วยน้ำยาลบคำผิด การทศหรือขีดเขียนอย่างอื่นให้ทำในข้อสอบ
5. โจทย์คำนวณให้แสดงวิธีคิดตามที่โจทย์กำหนด กรณีคำตอบที่เป็นตัวเลขต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญหรือจำนวนทศนิยมตามที่โจทย์กำหนด
6. ในระหว่างการสอบ นักเรียนสามารถรับประทานอาหารว่างที่วางไว้บนโต๊ะได้
7. ห้ามยืมเครื่องเขียนหรือเครื่องคิดเลขผู้อื่นใช้โดยเด็ดขาด
8. ห้ามนักเรียนนำเอกสารใด ๆ เข้าหรือออกจากห้องสอบโดยเด็ดขาด
9. ห้ามคุยหรือปรึกษากันในช่วงเวลาสอบ หากฝ่าฝืนจะถือว่าทุจริตในการสอบ กรณีทุจริตใด ๆ ก็ตาม นักเรียนจะหมดสิทธิ์ในการแข่งขัน และจะถูกให้ออกจากห้องสอบทันที

กำหนดให้

เลขอาโวกาโดร (Avogadro's number)

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$$

ค่าคงที่ของแก๊ส (gas constant)

$$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 0.082 \text{ L} \cdot \text{atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 1.987 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$K = ^\circ\text{C} + 273$$

ค่าคงที่ของฟาราเดย์ (Faraday's constant)

$$F = 96,500 \text{ C/mol e}^-$$

ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's constant)

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

ความเร็วแสง

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

ปริมาตรต่อโมลของแก๊สอุดมคติ (molar volume of gas)

$$= 22.4 \text{ L ที่ STP}$$

สมการอาร์เรเนียส

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ mL}$$

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$$

คำตอบข้อที่ 1 (5.5 คะแนน)

1.1 X มีการจัดอิเล็กตรอนดังนี้



(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน) แสดงการคำนวณเพื่อสรุปว่า X เป็นธาตุใด

จากสูตรสารประกอบในข้อ ก. และข้ออื่น ๆ สรุปว่า X เป็นธาตุอโลหะและอยู่หมู่ VIA (เกิดไอออนลบ มีประจุ -2 และมีเลขออกซิเดชันสูงสุด +6)

(0.5 คะแนน)

สมมติให้มวลอะตอมของ X = m

ดังนั้น มวลโมเลกุลของ $\text{XO}_2 = m + 2(16)$

$$\frac{m}{m + 32} = \frac{50}{100}$$

$$m = 32$$

(0.5 คะแนน)

ธาตุหมู่ VIA ที่มีมวลอะตอม = 32 คือ กำมะถัน ดังนั้นจึงสรุปว่า X เป็น กำมะถัน (S)

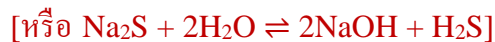
ถ้าตอบโดยแสดงวิธีมวลอะตอมเลย ได้ 1 คะแนน

1.2 สมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในข้อ ก จ และ ข (ตอบโดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางธาตุ) (2.5 คะแนน)

ก.



(1 คะแนน)



เขียนสมการไอออนิกก็ได้ ถ้าเขียนสอดคล้องกันทั้งสมการ

จ.



(0.5 คะแนน)



ข.



(1 คะแนน)

(ถ้าไม่ได้แทน X ด้วย S จะหักคะแนนครึ่งหนึ่ง)

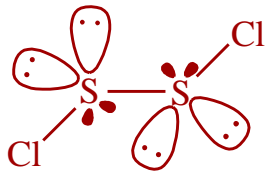
1.3 (1) สูตรลิวอิสของ X_2Cl_2 เป็นดังนี้



ถ้าตอบ S_2Cl_2 ไม่ให้คะแนน

(0.5 คะแนน)

โครงสร้างโมเลกุลของ X_2Cl_2 เป็นดังนี้



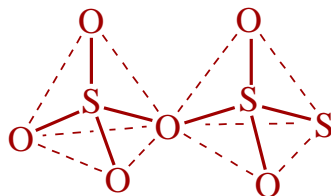
= คู่อิเล็กตรอน

(โมเลกุลไม่เป็นระนาบเดียวกัน)

(0.5 คะแนน)

รอบ S แต่ละอะตอมเป็นมุมงอเหมือน H_2S

(2) โครงสร้างของ $H_2X_2O_7$ เป็นดังนี้



เป็นรูปทรงสี่หน้า 2 รูปเชื่อมต่อกัน

(0.5 คะแนน)

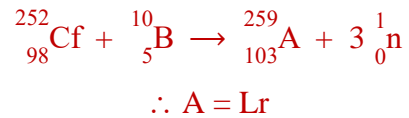
คำตอบข้อที่ 2 (5.5 คะแนน)

2.1 สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของ A คือ

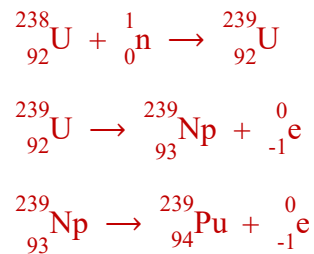


(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)



2.2 สมการนิวเคลียร์เป็นดังนี้



(1.5 คะแนน)

2.3 ครึ่งชีวิตของ ${}^{239}\text{U}$ =

23.4

นาที

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

เริ่มต้น แอกทิวิตี = A_0 เมื่อผ่านไป 117 นาที แอกทิวิตี = $A = \frac{1}{32} A_0$ หรือ $\frac{1}{(2)^5} A_0$

(0.5 คะแนน)

แสดงว่า $5t_{1/2} = 117$ $t_{1/2} = \frac{117}{5} = 23.4$ นาที

(0.5 คะแนน)

2.4 เกิด ^{239}Pu = 0.9442 g (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

10 วัน = 240 ชั่วโมง ถือว่า 5 ชั่วโมงแรก ^{239}Np ยังไม่สลายตัว

5 ชั่วโมงแรกเกิด Np 1.00 g นับเวลาที่ Np สลายตัว = 235 ชั่วโมง สมมุติเหลือ w g (0.25 คะแนน)

$$2.303 \log \frac{w_0}{w} = \lambda t = \frac{0.693t}{t_{1/2}} \quad \text{จะได้ } w = 5.575 \times 10^{-2} \text{ หรือ } 0.0558 \text{ g} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{นั่นคือ เกิด } ^{239}\text{Pu} = 1 - 0.0558 = 0.9442 \text{ g} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

หมายเหตุ สำหรับชาตุนักที่ไม่มีค่ามวลอะตอมที่ละเอียดมาให้ จะใช้ค่าเลขมวลแทนมวล

อะตอม

คำตอบข้อที่ 3 (5.5 คะแนน)

3.1 ลำดับค่าพลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนเป็นดังนี้
(จากมากไปหาน้อย)

$$\text{Cr} > \text{Mo} > \text{W}$$

(0.5 คะแนน)

เหตุผล (0.5 คะแนน)

ระดับพลังงานของ 1s ออร์บิทัลของ W อยู่ในระดับต่ำที่สุด เพราะมีโปรตอนมากที่สุด ดึงคู่อิเล็กตรอนได้ดีมาก จึงต้องใช้พลังงานมากในการดึงอิเล็กตรอนออก พลังงานส่วนเกินที่จะมาเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนจึงน้อยกว่า Mo และ Cr ตามลำดับ

3.2 จำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยว =

7

อิเล็กตรอน

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

Cr ในสถานะปกติจัดอิเล็กตรอนดังนี้ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$

(0.25 คะแนน)

เมื่ออิเล็กตรอนใน 1s ออร์บิทัลหลุดออกไป 1 ตัว ไอออนที่เกิดขึ้นในทันทีจะมีอิเล็กตรอน

เดี่ยวเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว (คือที่ 1s ออร์บิทัล) รวมเป็นอิเล็กตรอนเดี่ยว 7 ตัว

(0.25 คะแนน)

3.3

เลขโคออร์ดิเนชัน =

8

(0.5 คะแนน)

ความยาวตามขอบของหน่วยเซลล์ =

295.6

ppm

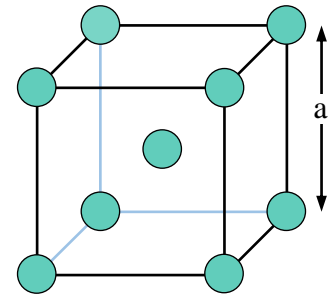
ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

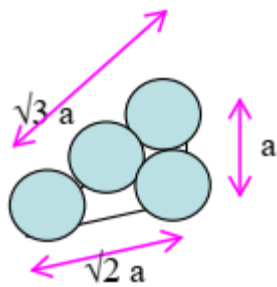
ดูจากหน่วยเซลล์ – อะตอมที่ศูนย์กลางจะมีอะตอมที่มุมล้อมอยู่ = 8 อะตอม

ให้ความยาวตามขอบของหน่วยเซลล์ = a รัศมีอะตอม = r_o

ความยาวตามแนวทแยงของลูกบาศก์ (อะตอมสัมผัสกัน) = $4 r_o$



(0.5 คะแนน)



(อะตอมตามแนวทแยงมุมสัมผัสกัน แต่อะตอมที่อยู่ตามแนวขอบไม่สัมผัสกัน)

$$4 r_o = \sqrt{3} a \quad (r_o = 128 \text{ pm})$$

$$a = \frac{4 r_o}{\sqrt{3}} = \frac{4 \times 128}{\sqrt{3}} = 295.6 \text{ pm}$$

(0.5 คะแนน)

3.4

ความหนาแน่น =

6.69

g/cm³

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

$$\text{ปริมาตรของหน่วยเซลล์} = a^3 = \left(\frac{4r_o}{\sqrt{3}}\right)^3 \quad (r_o = 128 \text{ pm})$$

$$\text{จำนวนอะตอมใน 1 หน่วยเซลล์} = \left(8 \times \frac{1}{8}\right) + 1 = 2 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{มวลต่อหน่วยเซลล์} = \frac{2 \times 52.0}{N_0} \quad (N_0 = 6.02 \times 10^{23})$$

$$\text{ความหนาแน่น } D = \frac{M}{V} = \frac{2 \times 52.0}{\left(\frac{4 \times 128 \times 10^{23}}{\sqrt{3}}\right)^3 \times 6.02 \times 10^{23}} = 6.69 \text{ g/cm}^3 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

คำตอบข้อที่ 4 (7 คะแนน)

คอลัมน์ ก			คอลัมน์ ข	
8	ซีนอน	8, 12	1. เกิดกรดออกโซที่มีออกซิเจน 3 อะตอมที่แตกตัวให้โปรตอนได้ 2 ตัว	<u>P</u> S
5	ลิเทียม	5, 15	2. เกิดสารประกอบเฮไลด์ที่เสถียรมีมุมพันธะ 109.5° ทุกมุม	<u>Si</u>
1	ฟอสฟอรัส	1, 6	3. โลหะที่อยู่ในคาบ n ที่อาจมีเลขควอนตัมโมเมนตัมเชิงมุม l ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 4	Rb <u>Sr</u> I Xe
11	ซัลเฟอร์	1, 11	4. ไอโซโทปของธาตุนี้ใช้ในการกำหนดมวลอะตอมของธาตุอื่น ๆ	(C)
3	สตรอนเชียม	3, 9	5. โลหะที่ทำปฏิกิริยากับแก๊สไนโตรเจนเกิดสารประกอบไนไตรด์ที่โลหะมีเลขออกซิเดชัน +1 ได้	<u>Li</u>
16	โบรอน	16	6. เกิดสารประกอบ binary oxide ที่มีเลขออกซิเดชัน +5	P <u>As</u> I
6	อาร์เซนิก	6	7. รูปธรรมชาติดังกล่าวเป็นโมเลกุลที่มี 1.2×10^{24} อะตอมใน 1 โมล	<u>O</u> Cl I
12	ไอโอดีน	6, 7, 12, 17	8. เกิดสารประกอบที่มีเลขออกซิเดชัน +4 ได้	Si <u>Xe</u>
15	รูบิเดียม	3, 15	9. อัตราส่วนของค่า $IE_1 : IE_2 : IE_3$ มีค่าประมาณ 1 : 1.9 : 8.2	<u>Ca</u> Sr
13	อลูมิเนียม	13	10. เป็นธาตุที่เกิดจากการสังเคราะห์ (artificial element)	(e.g., Am)
17	คลอรีน	7, 17	11. อัญรูปหนึ่งของธาตุนี้ในธรรมชาติเป็นของแข็ง โครงสร้างโมเลกุลเป็นวงที่มี 8 พันธะ	<u>S</u>
2	ซิลิกอน	2, 8, 16	12. ใช้ไฮบริดออร์บิทัล $sp^3 d^2$ เกิดสารประกอบหรือไอออนเตตระฟลูออไรด์ที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่ได้	I <u>Xe</u>
9	แคลเซียม	9	13. สารประกอบออกไซด์มีสมบัติเป็น amphoteric	<u>Al</u> As
7	ออกซิเจน	7	14. ไอออนที่มีประจุ $2+$ มีอิเล็กตรอนในออร์บิทัล d 5 ตัว	(Mn gr)
			15. ทำปฏิกิริยากับน้ำในอัตราส่วนโมล 1:1 ให้แก๊สไฮโดรเจนและไฮดรอกไซด์	Li <u>Rb</u>
			16. เกิดสารประกอบไฮไดรด์ที่มีสูตรโมเลกุลและรูปร่างแตกต่างกันได้เป็นจำนวนมาก	<u>B</u> Si
			17. เกิดกรดออกโซที่เรียกชื่อว่า hypo- และ per- ได้	<u>Cl</u> I

คำตอบข้อที่ 5 (6 คะแนน)

5.1 สูตรของสารประกอบโคออร์ดิเนชันของสาร

A



(1 คะแนน)

B



(1 คะแนน)

5.2 ชื่อสารประกอบโคออร์ดิเนชันของสาร B เป็นภาษาอังกฤษ

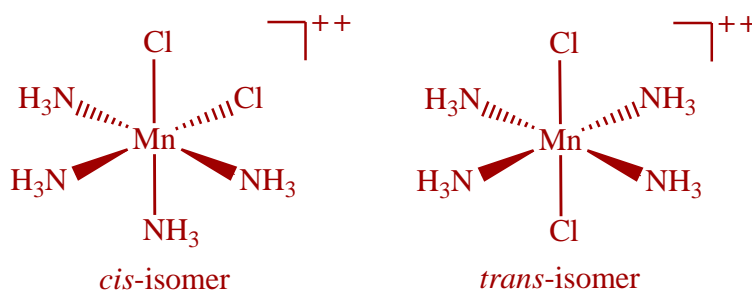
tetraamminedichloromanganese(III) chloride

สลับลิแกนด์ได้

ถ้าอ่านชื่อตาม B ที่ตอบใน 5.1 (แต่ผิด) ถูก ได้ 0.5 คะแนน

(1 คะแนน)

5.3 รูปแสดงโครงสร้างของไอโซเมอร์ที่เป็นไปได้ของไอออนบวกของสาร A

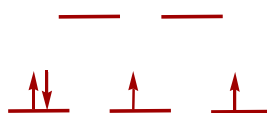


(2 คะแนน)

ไม่ระบุประจุ ไม่หักคะแนน

(ไอโซเมอร์ละ 1 คะแนน) ถ้าไม่ระบุ cis- / trans- หัก 0.5 คะแนน

5.4 แผนภาพแสดงระดับพลังงานของ d-orbital ของอะตอมกลางในสาร B



(0.5 คะแนน)

5.5 เปรียบเทียบสมบัติพาราแมกเนติกของสาร A และสาร B

A

>

B

(0.5 คะแนน)

แนวคิด d^3 , 3 unpaired

vs.

 d^4 , 2 unpaired electrons

คำตอบข้อที่ 6 (8 คะแนน)

6.1 สมการที่ดุลแล้วคือ

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน



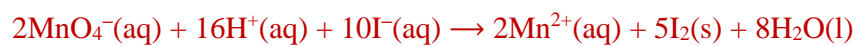
(0.5 คะแนน)

ปฏิกิริยรีดักชัน



(0.5 คะแนน)

ปฏิกิริยารวม

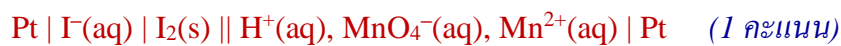
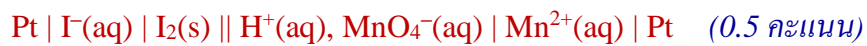


(0.5 คะแนน)

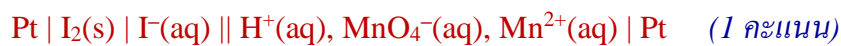
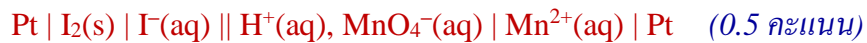
(ถ้าไม่ระบุสถานะ หักคะแนนครึ่งหนึ่ง)

6.2 แผนภาพเซลล์ คือ

หรือ



หรือ



(1 คะแนน)

(Pt ใช้ graphite หรือ C แทนได้ ไม่ใส่สถานะหักครึ่งหนึ่ง)

6.3

พลังงานเสรี =

-936.05

kJ

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$$

$$= -10 \times 96,500 \times 0.97$$

(0.5 คะแนน)

$$= -936,050 \text{ J}$$

(0.5 คะแนน)

$$= -936.05 \text{ kJ}$$

6.4

เอนโทรปี =

96.50

J/K

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta S^\circ &= nF \left(\frac{\partial E}{\partial T} \right)_P \\ &= 10 \times 96,500 \times 1.0 \times 10^{-4} \\ &= 96.50 \text{ J/K}\end{aligned}$$

6.5

เอนทัลปี =

-907.29

kJ

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ && (0.5 \text{ คะแนน}) \\ \Delta H^\circ &= \Delta G^\circ + T\Delta S^\circ \\ &= -936,050 + (298 \times 96.50) \\ &= -907,293 \text{ J} && (0.5 \text{ คะแนน}) \\ &= -907.29 \text{ kJ}\end{aligned}$$

6.6

ค่าคงที่สมดุล ($\ln K$) =

377.81

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= -nFE^\circ = -RT \ln K && (0.5 \text{ คะแนน}) \\ -936,050 &= -8.314 \times 298 \ln K && (0.5 \text{ คะแนน}) \\ \ln K &= 377.81\end{aligned}$$

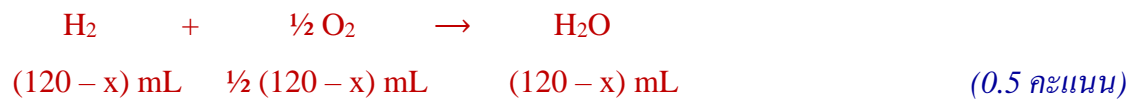
คำตอบข้อที่ 7 (5 คะแนน)

มี CH ₄ ในแก๊สผสม =	40	%	(0.5 คะแนน)
มี CO ₂ ในแก๊สผสม =	40	%	(0.5 คะแนน)
มี H ₂ ในแก๊สผสม =	20	%	(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (3.5 คะแนน)



$$\text{มี CO}_2 \text{ ในแก๊สผสม} = 200 - 120 = 80 \text{ mL} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$



$$\text{แก๊สทั้งหมด } (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \text{ ที่เหลือ}) = x + \{2x + (120 - x)\} + \{200 - 2x - \frac{1}{2}(120 - x)\} \text{ mL} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$



$$\{2x + (120 - x)\} + \{200 - 2x - \frac{1}{2}(120 - x)\} = 220 \text{ mL}$$

$$x = 80 \text{ mL} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$\text{มี CH}_4 \text{ ในแก๊สผสม} = x = 80 \text{ mL} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{มี H}_2 \text{ ในแก๊สผสม} = 120 - x = 120 - 80 = 40 \text{ mL}$$

$$\text{มี CH}_4 \text{ ในแก๊สผสม} = \frac{80}{200} \times 100 = 40 \%$$

$$\text{มี CH}_4 \text{ ในแก๊สผสม} = \frac{80}{200} \times 100 = 40 \% \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{มี H}_2 \text{ ในแก๊สผสม} = \frac{40}{200} \times 100 = 20 \%$$

คำตอบข้อที่ 8 (11.5 คะแนน)

8.1 สารตั้งต้นที่เหลือคือ



(0.5 คะแนน)

เหลือสารตั้งต้น

=

$$1.5 \times 10^{-6}$$

mol

(0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $a \times 10^n$ (ทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

วิธีคิด (1.75 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารละลาย } \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 &= \frac{0.0044 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{176.0 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 0.00025 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สารละลาย } \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 \text{ 3.00 mL มี } \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 &= 0.00025 \text{ mol/L} \times \frac{3.00}{1000} \text{ L} \\ &= 7.5 \times 10^{-7} \text{ mol} \end{aligned}$$

(0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารละลาย } \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 &= \frac{0.1644 \text{ g}}{500 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{329.1 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 0.00100 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สารละลาย } \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 \text{ 3.00 mL มี } \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 &= 0.00100 \text{ mol/L} \times \frac{3.00}{1000} \text{ L} \\ &= 3.00 \times 10^{-6} \text{ mol} \end{aligned}$$

(0.5 คะแนน)

จากสมการ สารละลาย $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 1 mol ใช้สารละลาย $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 2 mol

(0.25 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{สารละลาย } \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 \text{ } 7.5 \times 10^{-7} \text{ mol จะใช้สารละลาย } \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 &= 7.5 \times 10^{-7} \times 2 \text{ mol} \\ &= 1.5 \times 10^{-6} \text{ mol} \end{aligned}$$

(0.25 คะแนน)

$$\text{ดังนั้น เหลือสารละลาย } \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 = (3.0 \times 10^{-6} - 1.5 \times 10^{-6}) \text{ mol}$$

(0.25 คะแนน)

$$= 1.5 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

8.2

 $F_t =$

$$F_0 - 2(V_0 - V_t)$$

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)

	$C_6H_8O_6$	+	$2K_3Fe(CN)_6$	\rightarrow	ผลิตภัณฑ์	
เริ่มต้น	V_0		F_0			(0.25 คะแนน)
ใช้ไป	x		$2x$			(0.25 คะแนน)
เหลือ	$V_t = V_0 - x$		$F_t = F_0 - 2x$			(0.25 คะแนน)
ดังนั้น	$x = (V_0 - V_t)$					(0.25 คะแนน)
แทนค่า x ใน F_t ได้			$F_t = F_0 - 2(V_0 - V_t)$			

8.3 จำนวนโมลของ $K_3[Fe(CN)_6]$ =

$$2.6 \times 10^{-6}$$

mol

(0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $a \times 10^n$ (ทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

วิธีคิด (0.75 คะแนน)

ณ เวลานั้น	$V_t = 5.50 \times 10^{-7} \text{ mol}$					
แทนค่า F_0, V_0, V_t ลงในสมการ	$F_t = F_0 - 2(V_0 - V_t)$					(0.5 คะแนน)
	$= 3.00 \times 10^{-6} - 2(7.5 \times 10^{-7} - 5.5 \times 10^{-7})$					(0.25 คะแนน)
	$= 2.6 \times 10^{-6} \text{ mol}$					

8.4 $\frac{d[X]}{dt} =$ 0 (0.5 คะแนน)

8.5 จำนวนโมลของ $K_3[Fe(CN)_6]$ ที่เวลา $t = 10$ นาที = 2.3×10^{-6} mol (0.5 คะแนน)
ตอบในรูป $a \times 10^n$ (ทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

วิธีคิด (1 คะแนน)

จาก $A = \epsilon c l$

ได้ $A_0 = \epsilon c_0 l$ (0.25 คะแนน)

และ $A_t = \epsilon c_t l$ (0.25 คะแนน)

ดังนั้น $\frac{A_t}{A_0} = \frac{c_t}{c_0} = \frac{F_t}{F_0}$

หรือ $F_t = \left(\frac{A_t}{A_0}\right) F_0$ (0.25 คะแนน)

จากตาราง : $\begin{matrix} \text{ที่ } t = 10 \text{ นาที} & A_t = 0.39 \\ \text{ที่ } t = 0 \text{ นาที} & A_0 = 0.51 \end{matrix}$

จากข้อ 8.1 $F_0 = 3.0 \times 10^{-6}$

แทนค่า ได้ $F_t = \left(\frac{0.39}{0.51}\right) \times 3.0 \times 10^{-6}$ (0.25 คะแนน)
 $= 2.3 \times 10^{-6} \text{ mol}$

8.6 ค่าการดูดกลืนแสง (A_t) =

0.43

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (2.25 คะแนน)

จาก Beer and Lambert law : $A = \epsilon c l$ (1) (0.25 คะแนน)Slope = $\epsilon l = 1020$ (0.25 คะแนน)จาก (1) ได้ $A_f = \epsilon c_f l$ ดังนั้น $c_f = \frac{A_f}{1020}$ (0.25 คะแนน)จากตารางที่กำหนด $A_f = 0.26$ (0.25 คะแนน)ดังนั้น $c_f = \frac{0.26}{1020} = 2.55 \times 10^{-4}$ (0.25 คะแนน)จากตารางที่กำหนด $A_0 = 0.51$ (0.25 คะแนน) $k_{obs} = 2.60 \text{ L/mol}\cdot\text{s}$ (0.25 คะแนน) $t = 5 \text{ นาที} = 5 \times 60 = 300 \text{ s}$ แทนค่า A_f , A_0 , k_{obs} , c_f , t ลงในสมการ

$$A_t = \frac{A_f}{1 - \left(\frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) e^{-c_f k_{obs} t}}$$

$$A_t = \frac{0.26}{1 - \left(\frac{0.51 - 0.26}{0.51} \right) e^{-2.55 \times 10^{-4} \times 2.60 \times 300}} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$= \frac{0.26}{1 - 0.49 e^{-0.199}}$$

$$= \frac{0.26}{1 - (0.49 \times 0.82)}$$

$$= 0.43$$

8.7 ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) =

5.97

cal

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.75 คะแนน)

จากโจทย์

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

$$y = -3.006x + 11.8$$

(0.25 คะแนน)

แสดงว่า

$$\text{slope} = -3.006 = -\frac{E_a}{RT}$$

(0.25 คะแนน)

$$\begin{aligned} E_a &= 3.006 \times R = 3.006 \times 1.987 \text{ cal} \\ &= 5.97 \text{ cal} \end{aligned}$$

(0.25 คะแนน)

คำตอบข้อที่ 9 (5.5 คะแนน)

9.1 $\frac{\Delta[A^*]}{\Delta t} = \boxed{k_1[A]^2 - k_2[A^*][A] - k_3[A^*]} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$

9.2 ก. ที่ความดันปกติ $\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \boxed{\frac{k_3 k_1 [A]^2}{k_3 + k_2 [A]}} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$

วิธีคิด (1.5 คะแนน)

อัตราการเกิดของ A^* เท่ากับอัตราการหายของ A^*

ดังนั้น $\frac{\Delta[A^*]}{\Delta t} = 0 \quad \dots\dots(1) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$

จากข้อ 9.1 และสมการ (1) ได้

$$[A^*] = \frac{k_1[A]^2}{k_3 + k_2[A]} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = k_3[A^*] \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

แทนค่า $[A^*]$ ได้ $\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{k_3 k_1 [A]^2}{k_3 + k_2 [A]}$

เขียนเป็น differential ก็ได้

ข. ที่ความดันต่ำ $\frac{\Delta[C]}{\Delta t} =$

$$\frac{k_3 k_1 [A]^2}{k_3} = K[A]^2$$

(0.5 คะแนน)

อันดับของปฏิกิริยา คือ

สอง

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

จาก
$$\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{k_3 k_1 [A]^2}{k_3 + k_2 [A]}$$

ที่ความดันต่ำ $k_2 [A] \ll k_3$ จึงตัด $k_2 [A]$ ทิ้งได้

$$\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{k_3 k_1 [A]^2}{k_3} = K[A]^2 = \text{ปฏิกิริยาอันดับสอง}$$

ค. ที่ความดันสูง $\frac{\Delta[C]}{\Delta t} =$

$$\frac{k_3 k_1 [A]}{k_2} = K[A]$$

(0.5 คะแนน)

อันดับของปฏิกิริยา คือ

หนึ่ง

(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

จาก
$$\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{k_3 k_1 [A]^2}{k_3 + k_2 [A]}$$

ที่ความดันสูง $k_2 [A] \gg k_3$ จึงตัด k_3 ทิ้งได้

$$\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{k_3 k_1 [A]^2}{k_2 [A]}$$

$$\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{k_3 k_1 [A]}{k_2} = K[A] = \text{ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง}$$

คำตอบข้อที่ 10 (11.5 คะแนน)

10.1 จำนวนโมลแอมโมเนียจากสารตัวอย่าง = 4.830×10^{-3} mol (0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $a \times 10^n$ (ทศนิยม 3 ตำแหน่ง)

วิธีคิด (3 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ เริ่มต้น} &= 0.05000 \text{ L H}_2\text{SO}_4 \text{ soln} \times \frac{0.05000 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ L H}_2\text{SO}_4 \text{ soln}} \\ &= 2.500 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \end{aligned} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$



$$\begin{aligned} \text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ ที่เหลือ} &= 0.00340 \text{ L NaOH soln} \times \frac{0.05000 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L NaOH soln}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol NaOH}} \\ &= 8.500 \times 10^{-5} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \end{aligned} \quad \begin{array}{l} (0.5 \text{ คะแนน}) \\ (0.5 \text{ คะแนน}) \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ ที่ทำปฏิกิริยาพอดี} &= \text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ เริ่มต้น} - \text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ ที่เหลือ} \\ &= (2.500 \times 10^{-3}) - (8.500 \times 10^{-5}) \\ &= 2.415 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \end{aligned} \quad \begin{array}{l} (0.25 \text{ คะแนน}) \\ (0.25 \text{ คะแนน}) \\ (0.5 \text{ คะแนน}) \end{array}$$



$$\begin{aligned} \text{mol NH}_3 &= 2.415 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \\ &= 4.830 \times 10^{-3} \text{ mol NH}_3 \end{aligned} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

10.2 สูตรของตะกอนขาวคือ



(0.5 คะแนน)

จำนวนโมลคาร์บอนไดออกไซด์ =

$$7.245 \times 10^{-3}$$

mol

(0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $a \times 10^n$ (ทศนิยม 3
ตำแหน่ง)

วิธีคิด (1 คะแนน)



$$\text{molar mass BaCO}_3 = 137.3 + 12.0 + 3(16.0) = 197.3 \text{ g/mol}$$

(0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{mol CO}_2 &= 1.4294 \text{ g BaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol BaCO}_3}{197.3 \text{ g BaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol BaCO}_3} \\ &= 7.245 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

(0.5 คะแนน)

10.3 อัตราส่วนโมล C : H : N : O = 3 : 8 : 2 : 1

(0.5 คะแนน) (0.5 คะแนน) (0.5 คะแนน) (0.5 คะแนน)

วิธีคิด (1 คะแนน)



ดังนั้น $\text{mol C} = \text{mol BaCO}_3 = 7.245 \times 10^{-3} \text{ mol}$



ดังนั้น $\text{mol N} = \text{mol NH}_3 = 4.830 \times 10^{-3} \text{ mol}$

เนื่องจากจำนวนโมลไนโตรเจนเป็นสองเท่าของจำนวนโมลออกซิเจน ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{mol O} &= 4.830 \times 10^{-3} \text{ mol N} \times \frac{1 \text{ mol O}}{2 \text{ mol N}} && (0.5 \text{ คะแนน}) \\ &= 2.415 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol C} : \text{mol H} : \text{mol N} : \text{mol O} &= 7.245 \times 10^{-3} : \text{mol H} : 4.830 \times 10^{-3} : 2.415 \times 10^{-3} \\ &= 3 : x : 2 : 1 \end{aligned}$$

มวลต่อโมลของ $\text{C}_3\text{H}_x\text{N}_2\text{O} = 88.0 \text{ g/mol}$

$$3(12.0) + x(1.0) + 2(14.0) + 1(16.0) = 88.0 \text{ g/mol} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$x = 8$$

10.4 จำนวนไอโซเมอร์โครงสร้างแบบสมมาตร = 2 แบบ (0.5 คะแนน)

พิจารณาเมื่ออัตราส่วนของ $C H N$ และ O เป็น $C_3H_8N_2O$ เท่านั้น

มีโครงสร้างดังนี้ (1 คะแนน)



โครงสร้างละ 0.5 คะแนน

10.5 ร้อยละโดยมวลของสาร A ในสารตัวอย่าง = 85.0 (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคิด (1 คะแนน)



$$\begin{aligned} \% A &= 4.830 \times 10^{-3} \text{ mol } NH_3 \times \frac{1 \text{ mol } A}{2 \text{ mol } NH_3} \times \frac{88.0 \text{ g } A}{1 \text{ mol } A} \times \frac{1}{0.2500 \text{ g sample}} \times 100 \% \\ &= 85.0 \end{aligned}$$

คำตอบข้อที่ 11 (9.5 คะแนน)

11.1 pH ของน้ำฝนที่มี CO₂ ละลายอยู่ =

5.82

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (2.5 คะแนน)

Solubility of gas = Henry's constant \times partial pressure of gas ($s = k_H P$)

$$s = (2.3 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}) \times (3.04 \times 10^{-4} \text{ atm}) = 7.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$



$$\text{ความเข้มข้นของ H}_2\text{CO}_3 = 7.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$



K_{a2} มีค่าน้อยมาก ถือว่าการแตกตัวขั้นที่ 2 ของ H_2CO_3 ตัดทิ้งได้ (0.25 คะแนน)

$$K_{a1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4.3 \times 10^{-7} \quad -$$

$$K_{a1} = \frac{(x)(x)}{(7.0 \times 10^{-6} - x)} = 4.3 \times 10^{-7} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

ถ้า $x \ll 7.0 \times 10^{-6}$; $x = \sqrt{7.0 \times 10^{-6} \times 4.3 \times 10^{-7}} = 1.7 \times 10^{-7}$ ซึ่งใกล้เคียงกับ 7.0×10^{-6}

หรือ $C_0/K_{a1} = \frac{7.0 \times 10^{-6}}{4.3 \times 10^{-7}} = 16$ ซึ่งน้อยกว่า 1000 จึงตัด x ทิ้งไม่ได้ (0.25 คะแนน)

$$x^2 + 4.3 \times 10^{-7}x - 3.0 \times 10^{-12} = 0 \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$x = \frac{-4.3 \times 10^{-7} \pm \sqrt{(4.3 \times 10^{-7})^2 - 4(-3.0 \times 10^{-12})}}{2} = 1.53 \times 10^{-6}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.53 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (1.53 \times 10^{-6}) \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\text{pH} = 5.82$$

ใช้ successive approximation ก็ได้

11.2 ความเข้มข้นของ H_2CO_3	=	4.38×10^{-3}	mol/L	(0.5 คะแนน)
ความเข้มข้นของ HCO_3^-	=	1.18×10^{-4}	mol/L	(0.5 คะแนน)
ความเข้มข้นของ CO_3^{2-}	=	4.20×10^{-10}	mol/L	(0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $a \times 10^n$ (ทศนิยม 2
ตำแหน่ง)

วิธีคิด **(1.5 คะแนน)**

$\text{pH} = 4.80; [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4.80} = 1.58 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ (0.5 คะแนน)

$[\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] = 4.50 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ (1)

$$K_{a1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4.3 \times 10^{-7}$$

$[\text{HCO}_3^-] = \frac{K_{a1} [\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{(4.3 \times 10^{-7}) [\text{H}_2\text{CO}_3]}{(1.58 \times 10^{-5})} = 2.7 \times 10^{-2} [\text{H}_2\text{CO}_3]$ (2) (0.25 คะแนน)

$$K_{a2} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} = 5.6 \times 10^{-11}$$

$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{K_{a2} [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{(5.6 \times 10^{-11}) [\text{HCO}_3^-]}{(1.58 \times 10^{-5})} = 3.54 \times 10^{-6} [\text{HCO}_3^-]$ (0.25 คะแนน)

$[\text{CO}_3^{2-}] = 3.54 \times 10^{-6} \times (2.7 \times 10^{-2} [\text{H}_2\text{CO}_3]) = 9.6 \times 10^{-8} [\text{H}_2\text{CO}_3]$ (3) (0.25 คะแนน)

จาก (1), (2), (3);

$[\text{H}_2\text{CO}_3] + 2.7 \times 10^{-2} [\text{H}_2\text{CO}_3] + 9.6 \times 10^{-8} [\text{H}_2\text{CO}_3] = 4.50 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ (0.25 คะแนน)

$1.027 [\text{H}_2\text{CO}_3] = 4.50 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

$[\text{H}_2\text{CO}_3] = 4.38 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

$[\text{HCO}_3^-] = 2.7 \times 10^{-2} [\text{H}_2\text{CO}_3] = (2.7 \times 10^{-2})(4.38 \times 10^{-3}) = 1.18 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

$[\text{CO}_3^{2-}] = 9.6 \times 10^{-8} [\text{H}_2\text{CO}_3] = (9.6 \times 10^{-8})(4.38 \times 10^{-3}) = 4.20 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$

11.3 pH ของน้ำฝนที่มี SO₂ ละลายอยู่ =

4.52

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (3 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรน้ำฝน} &= \left(20.00 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}}\right) \times \left(2.6 \text{ km}^2 \times \frac{10^6 \text{ m}^2}{1 \text{ km}^2} \times \frac{10^4 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2}\right) \\ &= 5.2 \times 10^{10} \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 5.2 \times 10^7 \text{ L} \end{aligned}$$

(0.5 คะแนน)



$$\text{SO}_2 \quad 50.0 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{64.1 \text{ g SO}_2} = 781.03 \text{ mol}$$

(0.25 คะแนน)

$$\text{mol H}_2\text{SO}_4 = \text{mol SO}_2 = 781.03 \text{ mol}$$

$$\text{ความเข้มข้นของ H}_2\text{SO}_4 = \frac{781.03 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{5.2 \times 10^7 \text{ L}} = 1.50 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

(0.25 คะแนน)



$$K_{a2} = \frac{[\text{SO}_4^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HSO}_4^-]} = 1.2 \times 10^{-2}$$

$$K_{a2} = \frac{(x)(1.50 \times 10^{-5} + x)}{(1.50 \times 10^{-5} - x)} = 1.2 \times 10^{-2}$$

(0.5 คะแนน)

ถ้า $x \ll 1.50 \times 10^{-5}$; $x = 1.2 \times 10^{-2}$ ซึ่งไม่เป็นจริง

$$\text{หรือ } C_0/K_{a2} = \frac{1.50 \times 10^{-5}}{1.2 \times 10^{-2}} = 0.00125 \text{ ซึ่งน้อยกว่า } 1000 \text{ จึงตัด } x \text{ ทิ้งไม่ได้}$$

(0.25 คะแนน)

$$x^2 + 1.2 \times 10^{-2} x - 1.8 \times 10^{-7} = 0$$

(0.25 คะแนน)

$$x = \frac{-1.2 \times 10^{-2} \pm \sqrt{(1.2 \times 10^{-2})^2 - 4(-1.8 \times 10^{-7})}}{2} = 1.5 \times 10^{-5}$$

(0.5 คะแนน)

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.5 \times 10^{-5} + 1.5 \times 10^{-5} = 3.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

(0.25 คะแนน)

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (3.0 \times 10^{-5})$$

(0.25 คะแนน)

$$\text{pH} = 4.52$$

คำตอบข้อที่ 12 (11.5 คะแนน)

12.1 ต้องผ่านกระแสไฟฟ้าในสารละลายเป็นเวลา

53.37

นาที

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (2.5 คะแนน)

น้ำหนักของโลหะ Cu และ Ni ที่ขั้วคาร์บอน = 0.50 g

(0.5 คะแนน)

$$\text{คิดเป็นน้ำหนักของโลหะ Cu} = 0.50 \text{ g} \times \frac{60}{100} = 0.30 \text{ g}$$

$$\text{คิดเป็นจำนวนโมล Cu} = 0.30 \text{ g Cu} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{63.5 \text{ g Cu}} = 4.72 \times 10^{-3} \text{ mol Cu}$$

$$\text{คิดเป็นน้ำหนักของโลหะ Ni} = 0.50 \text{ g} \times \frac{40}{100} = 0.20 \text{ g}$$

$$\text{คิดเป็นจำนวนโมล Ni} = 0.20 \text{ g Ni} \times \frac{1 \text{ mol Ni}}{58.7 \text{ g Ni}} = 3.41 \times 10^{-3} \text{ mol Ni}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมล (Cu + Ni)} &= 4.72 \times 10^{-3} \text{ mol Cu} + 3.41 \times 10^{-3} \text{ mol Ni} \\ &= 8.13 \times 10^{-3} \text{ mol (Cu + Ni)} \end{aligned}$$

(0.25 คะแนน)

จากสมการ 2 mol e^- จะรีดิวซ์ 1 mol (Cu + Ni)

(0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมล e}^- &= 8.13 \times 10^{-3} \text{ mol (Cu + Ni)} \times \frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol (Cu + Ni)}} \\ &= 1.626 \times 10^{-2} \text{ mol e}^- \end{aligned}$$

ปริมาณของกระแสไฟฟ้า (Q) = จำนวน mol e^- \times ค่าคงที่ฟาราเดย์

(0.5 คะแนน)

$$\begin{aligned} &= 1.626 \times 10^{-2} \text{ mol e}^- \times 96,500 \text{ C/mol e}^- \\ &= 1,569.09 \text{ C} \end{aligned}$$

จาก $Q = It$ เมื่อประสิทธิภาพกระแสเท่ากับ 98 % จะได้ว่า $Q = It \times (98/100)$

(0.25 คะแนน)

$$t = \frac{Q}{I} \times \frac{100}{98} = \frac{1,569.09 \text{ C}}{0.50 \text{ C/s}} \times \frac{100}{98}$$

(0.25 คะแนน)

$$= 3,202 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

(0.25 คะแนน)

$$= 53.37 \text{ min}$$

12.2 ความเข้มข้นของ Cu^{2+} ที่เหลือในสารละลาย = 1.12×10^{-3} mol/L (0.5 คะแนน)

ความเข้มข้นของ Ni^{2+} ที่เหลือในสารละลาย = 1.87×10^{-2} mol/L (0.5 คะแนน)

ตอบในรูป $a \times 10^n$ (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคิด (1.5 คะแนน)

มวลต่อโมลของ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 249.6 \text{ g/mol}$

มวลต่อโมลของ $\text{NiSO}_4 = 154.8 \text{ g/mol}$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้น } \text{Cu}^{2+} &= \frac{5.00 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{249.6 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol Cu}^{2+}}{1 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} \\ &= 0.0200 \text{ mol/L} \end{aligned} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้น } \text{Ni}^{2+} &= \frac{5.00 \text{ g NiSO}_4}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol NiSO}_4}{154.8 \text{ g NiSO}_4} \times \frac{1 \text{ mol Ni}^{2+}}{1 \text{ mol NiSO}_4} \\ &= 0.0323 \text{ mol/L} \quad (0.0322997 \text{ mol/L}) \end{aligned} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

นำสารละลายมา 250 mL คิดจำนวนโมลของ Cu^{2+} และ Ni^{2+} ได้ดังนี้

$$\text{จำนวนโมล } \text{Cu}^{2+} = \frac{0.0200 \text{ mol Cu}^{2+}}{1 \text{ L}} \times 250 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 5.00 \times 10^{-3} \text{ mol Cu}^{2+} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมล } \text{Ni}^{2+} &= \frac{0.0323 \text{ mol Cu}^{2+}}{1 \text{ L}} \times 250 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 8.08 \times 10^{-3} \text{ mol Ni}^{2+} \\ &\quad (8.075 \times 10^{-3} \text{ mol Ni}^{2+}) \end{aligned} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

Ni^{2+})

คิดจำนวนโมลของ Cu^{2+} และ Ni^{2+} ที่เหลือจากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมล } \text{Cu}^{2+} \text{ ที่เหลือ} &= (5.00 \times 10^{-3} - 4.72 \times 10^{-3}) \text{ mol Cu}^{2+} \\ &= 2.80 \times 10^{-4} \text{ mol Cu}^{2+} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้น } \text{Cu}^{2+} \text{ ที่เหลือ} &= 2.80 \times 10^{-4} \text{ mol Cu}^{2+} \times \frac{1}{250 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \\ &= 1.12 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \end{aligned} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมล } \text{Ni}^{2+} \text{ ที่เหลือ} &= (8.08 \times 10^{-3} - 3.41 \times 10^{-3}) \text{ mol Ni}^{2+} \\ &= 4.67 \times 10^{-3} \text{ mol Ni}^{2+} \end{aligned}$$

$$\text{ความเข้มข้น } \text{Ni}^{2+} \text{ ที่เหลือ} = 4.67 \times 10^{-3} \text{ mol Ni}^{2+} \times \frac{1}{250 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$= 1.87 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$(1.868 \times 10^{-2} \text{ mol/L})$$

12.3 ตะกอนที่เกิดขึ้นก่อน คือ

CuS

(0.25 คะแนน)

ตะกอนที่เกิดขึ้นลำดับที่ 2 คือ

NiS

(0.25 คะแนน)

วิธีคิด (0.75 คะแนน)

$$\text{CuS จะตกตะกอนเมื่อ } [S^{2-}] = \frac{K_{sp}}{[Cu^{2+}]} = \frac{8.0 \times 10^{-37}}{1.12 \times 10^{-3}} = 7.14 \times 10^{-34} \text{ mol/L} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$(7.1428 \times 10^{-34} \text{ mol/L})$$

$$\text{NiS จะตกตะกอนเมื่อ } [S^{2-}] = \frac{K_{sp}}{[Ni^{2+}]} = \frac{3.0 \times 10^{-21}}{1.87 \times 10^{-2}} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ mol/L} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$(1.604 \times 10^{-19} \text{ mol/L})$$

$$[S^{2-}]_{CuS} < [S^{2-}]_{NiS} \text{ เพราะฉะนั้น CuS จะตกตะกอนก่อน} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

12.4 pH ต่ำสุดจากการคำนวณที่จะทำให้ไอออนชนิดแรกตกตะกอนได้
 =
 pH สูงสุดจากการคำนวณที่จะทำให้ไอออนอีกชนิดตกตะกอนได้
 =

-5.59

(0.5 คะแนน)

1.58

(0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีคิด (2.5 คะแนน)



$$K_{a1} = 1.1 \times 10^{-7}$$

(0.25 คะแนน)



$$K_{a2} = 1.0 \times 10^{-14}$$



$$K = K_{a1} \times K_{a2}$$

$$= 1.1 \times 10^{-7} \times 1.0 \times 10^{-14} = 1.1 \times 10^{-21}$$

$$\frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1.1 \times 10^{-21} \quad \text{แทนค่า } [\text{H}_2\text{S}] = 0.10 \text{ mol/L} \text{ จะได้}$$

(0.25 คะแนน)

$$\frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{0.10} = 1.1 \times 10^{-21}$$

$$[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}] = 1.1 \times 10^{-22}$$

(0.5 คะแนน)

$$[\text{H}^+]^2 = \frac{1.1 \times 10^{-22}}{[\text{S}^{2-}]}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{1.1 \times 10^{-22}}{[\text{S}^{2-}]}}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log \sqrt{\frac{1.1 \times 10^{-22}}{[\text{S}^{2-}]}}$$

คำนวณ $[\text{S}^{2-}]$ ที่ต่ำที่สุดที่ทำให้ Cu^{2+} ตกตะกอนเป็น CuS

(0.5 คะแนน)

$$[\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 8.0 \times 10^{-37}$$

$$1.12 \times 10^{-3} [\text{S}^{2-}] = 8.0 \times 10^{-37}$$

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{8.0 \times 10^{-37}}{1.12 \times 10^{-3}} = 7.14 \times 10^{-34} \text{ mol/L } (7.1428 \times 10^{-34} \text{ mol/L})$$

คำนวณ $[\text{S}^{2-}]$ ที่สูงที่สุดที่ไม่ทำให้ Ni^{2+} ตกตะกอนเป็น NiS

(0.5 คะแนน)

$$[\text{Ni}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 3.0 \times 10^{-21}$$

$$1.87 \times 10^{-2} [\text{S}^{2-}] = 3.0 \times 10^{-21}$$

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{3.0 \times 10^{-21}}{1.87 \times 10^{-2}} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ mol/L } (1.604 \times 10^{-19} \text{ mol/L})$$

pH ที่ทำให้ Cu^{2+} ตกตะกอนเป็น CuS โดยจะไม่ทำให้ Ni^{2+} ตกตะกอนเป็น NiS

(0.5 คะแนน)

$$\text{pH} = -\log \sqrt{\frac{1.1 \times 10^{-22}}{7.14 \times 10^{-34}}} \text{ ถึง } -\log \sqrt{\frac{1.1 \times 10^{-22}}{1.60 \times 10^{-19}}}$$

$$\text{pH} = -5.59 \text{ ถึง } 1.58 (5.5938 \text{ ถึง } 1.5814)$$

12.5 ปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่จุดยุติ = 23.38 mL (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

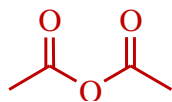
วิธีคิด (0.75 คะแนน)

ความเข้มข้นของ Ni^{2+} ที่เหลือในสารละลายเท่ากับ $1.87 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ (0.25 คะแนน)

$$\begin{aligned} V_{\text{EDTA}} &= \frac{1.87 \times 10^{-2} \text{ mol Ni}^{2+}}{1 \text{ L}} \times 25.00 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ mol EDTA}}{1 \text{ mol Ni}} \times \frac{1 \text{ L}}{0.0200 \text{ mol EDTA}} && (0.5 \text{ คะแนน}) \\ &= 23.375 \text{ mL} \end{aligned}$$

คำตอบข้อที่ 13 (8.5 คะแนน)

13.1 รีเอเจนต์ 1 คือ

 $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ หรือเขียนโครงสร้างเป็น

ถ้าตอบ acid bromide ให้ 0.25 คะแนน

(0.5 คะแนน)

13.2 รีเอเจนต์ 2 คือ

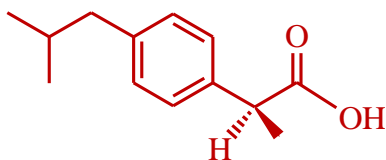
 $\text{ClCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ หรือ $\text{BrCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$

หรือเขียนโครงสร้างเป็น



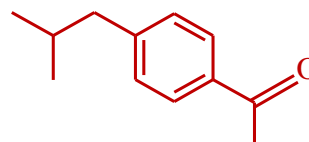
(1 คะแนน)

13.3 สเตอริโอไอโซเมอร์ของ (S)-ibuprofen คือ



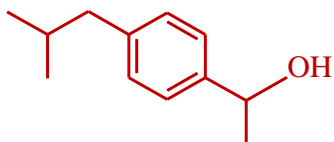
(1 คะแนน)

13.4 โครงสร้างของสาร A คือ



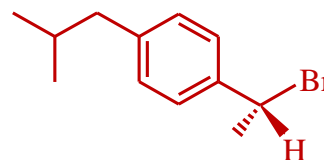
(0.5 คะแนน)

13.5 โครงสร้างของสาร B คือ



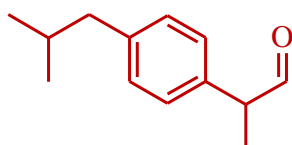
(0.5 คะแนน)

13.6 โครงสร้างของสาร C ที่มีสเตอริโอเคมีที่จะทำให้เกิด (S)-ibuprofen คือ



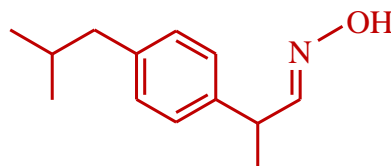
(1 คะแนน)

13.7 โครงสร้างของสาร D คือ



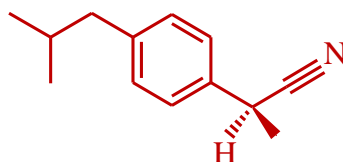
(0.5 คะแนน)

13.8 โครงสร้างของสาร E คือ



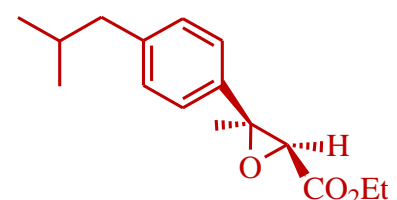
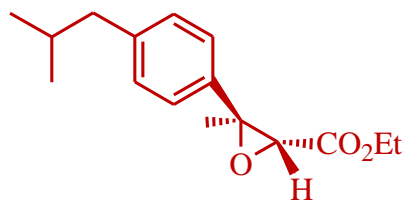
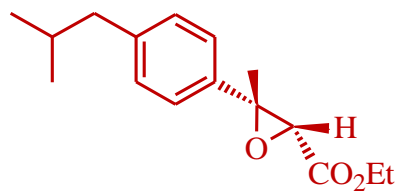
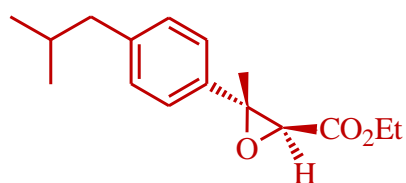
(0.5 คะแนน)

13.9 โครงสร้างของสาร **F** ที่มีสเตอริโอเคมีที่จะทำได้ (*S*)-ibuprofen คือ



(1 คะแนน)

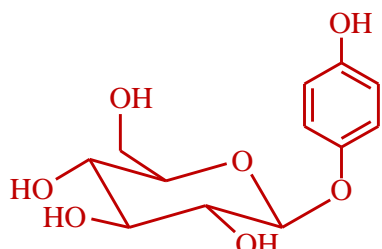
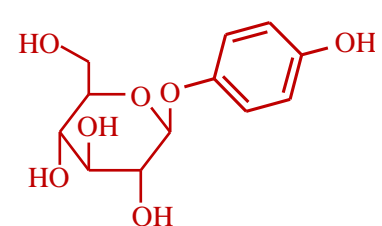
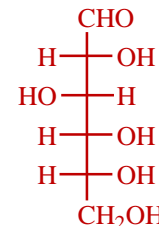
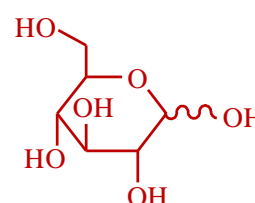
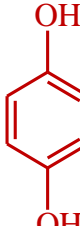
13.10 โครงสร้างของสเตอริโอไอโซเมอร์ทั้งหมดของสาร **II** เป็นดังนี้

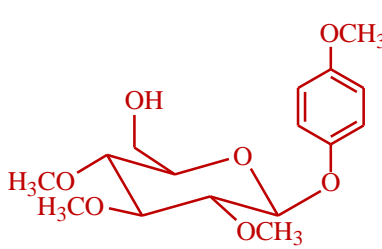
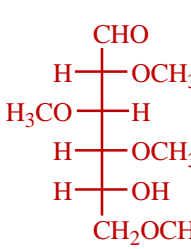
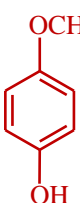


(2 คะแนน)

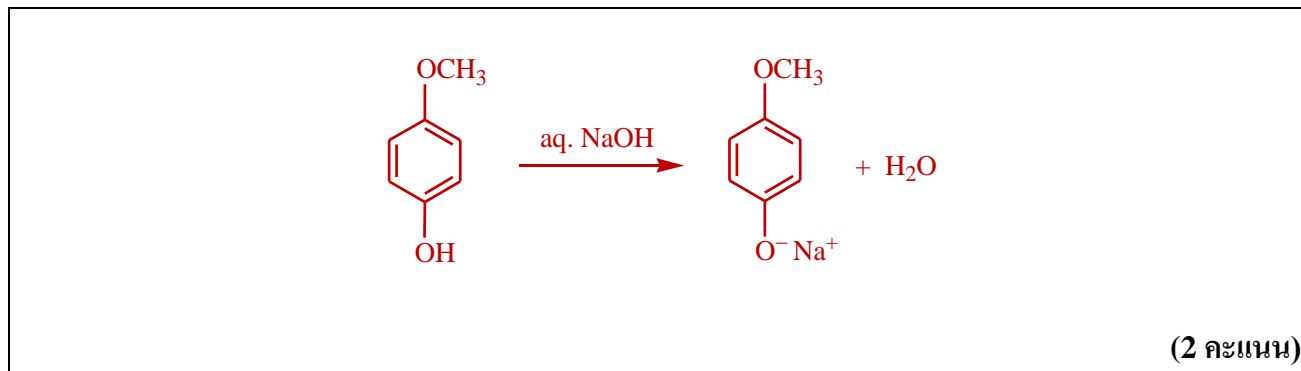
คำตอบข้อที่ 14 (9.5 คะแนน)

14.1 โครงสร้างของสาร X, A, B, C, D และ E ดังต่อไปนี้

สาร X คือ	สาร A คือ	สาร B คือ
 <p>หรือ</p>  <p>(1 คะแนน)</p>	 <p>หรือ</p>  <p>(2 คะแนน)</p>	 <p>(1 คะแนน)</p>

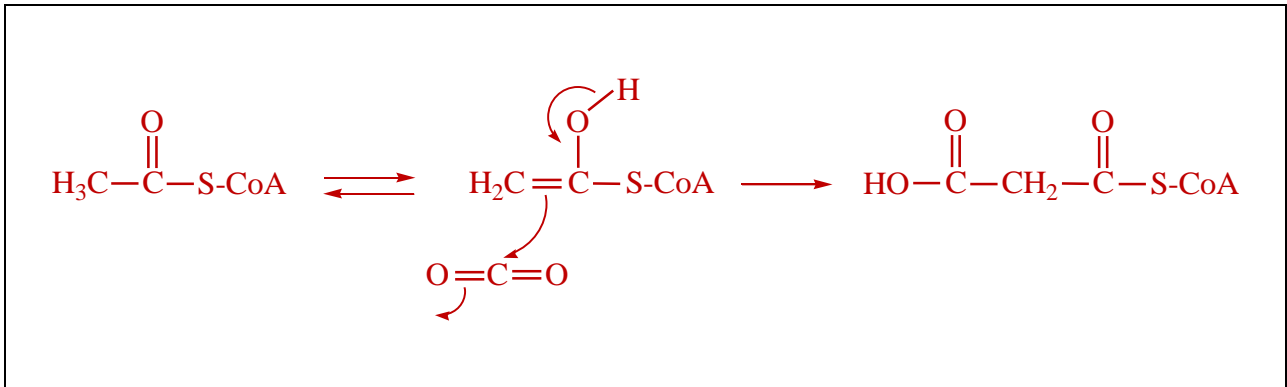
สาร C คือ	สาร D คือ	สาร E คือ
 <p>(1 คะแนน)</p>	 <p>(1.5 คะแนน)</p>	 <p>(1 คะแนน)</p>

14.2 สมการของปฏิกิริยาระหว่างสาร E กับสารละลาย NaOH

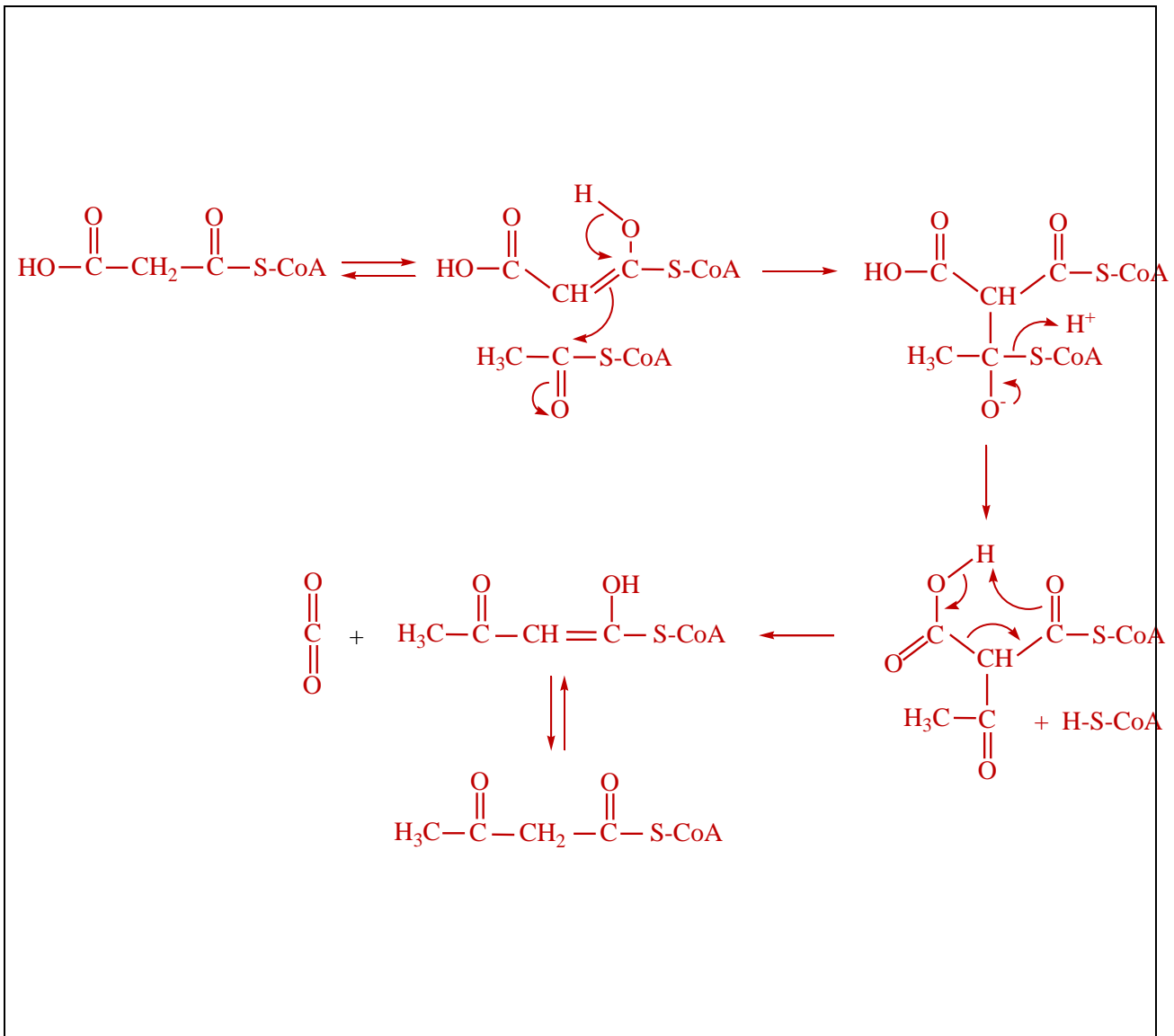


คำตอบข้อที่ 15 (10 คะแนน)

15.1 กลไกปฏิกิริยาการเกิดปฏิกิริยาในขั้นที่ 1 (2 คะแนน)



15.2 กลไกปฏิกิริยาการเกิดปฏิกิริยาในขั้นที่ 2 (3 คะแนน)



15.3 สารและหรือเอนไซม์ที่ใช้ (3 คะแนน)

ขั้นที่ 3 ใช้	NAD ⁺ และ hydrogenase	(1 คะแนน)
ขั้นที่ 4 ใช้	dehydrase	(1 คะแนน)
ขั้นที่ 5 ใช้	NAD ⁺ และ hydrogenase	(1 คะแนน)

15.2 โครงสร้างของสาร X และสาร Y (3 คะแนน)

สาร X คือ	สาร X คือ
$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{S-CoA} \\ \quad \quad \quad \diagup \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2 \end{array} $ <p style="text-align: right;">(1 คะแนน)</p>	$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{S-CoA} \\ \quad \quad \quad \diagup \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2 \end{array} $ <p style="text-align: right;">(1 คะแนน)</p>