

การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 17

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันอาทิตย์ที่ 19 ธันวาคม 2564

เวลา 09.00 – 14.00 น.

เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

เลขประจำตัวสอบ _____

คำตอบข้อที่ 1 (9 คะแนน)

วิธีคิดเบื้องต้น จากข้อมูลของธาตุ M และ D แสดงว่า 2 ธาตุนี้อยู่หมู่ IIA; D คือ Be และจากการคำนวณจะได้มวลอะตอมของ $M = 87.6$ ทำให้ทราบว่า M คือ Sr (ดูจากตารางธาตุ)

จากความสัมพันธ์ของธาตุต่าง ๆ ข้างต้น สรุปธาตุที่เหลือได้ดังนี้ $R = Al$, $T = Si$, $Z = B$, $X = Br$

1.1 (2 คะแนน) สมการไอออนิกสุทธิที่ดุลพร้อมระบุสถานะหากเกิดปฏิกิริยา หรือเหตุผลหากไม่เกิดปฏิกิริยา

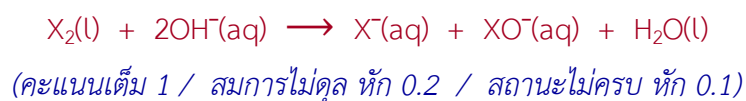
1.1.1	$M^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow MSO_4(s)$	
1.1.2	ไม่เกิดปฏิกิริยา เนื่องจาก ผลคูณความเข้มข้น $[M^{2+}][OH^-]^2$ ต่ำกว่าค่า K_{sp} จึงไม่มีตะกอน (ถ้าเขียนสมการ จะได้ด้านซ้ายและขวาเหมือนกัน)	• คะแนนเต็ม ข้อละ 0.5
1.1.3	$M^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow M(OH)_2(s)$ (กรณีนี้ ผลคูณความเข้มข้น $[M^{2+}][OH^-]^2$ สูงกว่าค่า K_{sp} จึงมีตะกอนเกิดขึ้น)	• สมการไม่ดุล หัก 0.1
1.1.4	$ZI_3(s) + 6H_2O(l) \longrightarrow Z(OH)_3(aq) + 3H_3O^+(aq) + 3I^-(aq)$	• สถานะไม่ ครบ หัก 0.1

1.2 (2 คะแนน)

species ที่เกิดปฏิกิริยา disproportionation คือ



สมการไอออนิกสุทธิที่ดุลพร้อมระบุสถานะ



ค่า $E^\circ =$

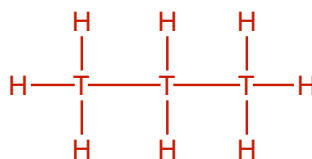
+1.52

V

(0.5)

1.3 (1 คะแนน)

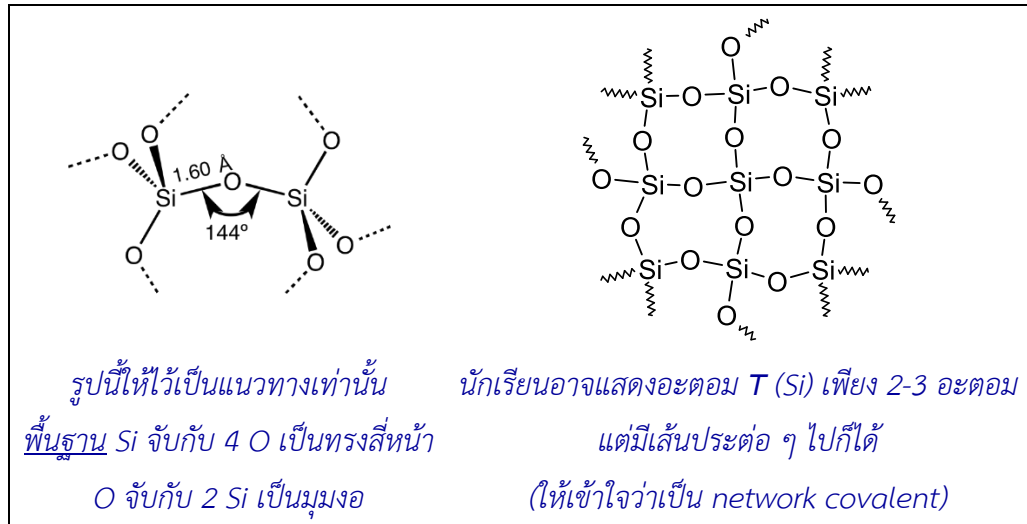
รูปโครงสร้าง



เลขประจำตัวสอบ _____

1.4 (1 คะแนน)

โครงสร้าง 3 มิติ



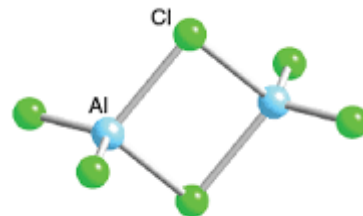
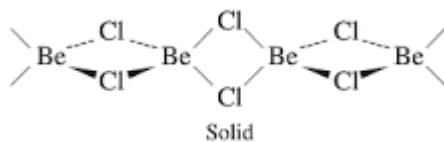
1.5 (1 คะแนน) ตัวอย่างความสัมพันธ์ตามแนวทแยงมุมระหว่างธาตุ D และ R

D คือ Be หมู่ IIA และ R คือ Al หมู่ IIIA

(1) ออกไซด์และไฮดรอกไซด์เป็น amphoteric

$\text{Be}(\text{OH})_2$ และ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ทำปฏิกิริยาได้ทั้งกับกรดและเบส แต่ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของธาตุอื่น ๆ ในหมู่ IIA เป็นเบส

(2) โครงสร้าง/พันธะของสารประกอบคลอไรด์เมื่อเป็นของแข็งมีลักษณะคล้ายกัน เป็นพันธะโคเวเลนต์ มี Cl-bridge



1.6 (1 คะแนน)

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของ M

$[\text{Kr}] 5s^2$ หรือ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^2$

1.7 (1 คะแนน)

ลำดับค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี

$M < D < Z < X$ หรือ $\text{Sr} < \text{Be} < \text{B} < \text{Br}$

คำตอบข้อที่ 2 (10 คะแนน)

2.1 (1.75 คะแนน) เพชรที่มีความหนาแน่นสูงสุด

มี C ในหน่วยเซลล์ =

8

อะตอม

(0.25)

วิธีคำนวณ

$$\left(\frac{1}{2} \times 6\right) + \left(\frac{1}{8} \times 8\right) + 4$$

(0.25)

ความยาวของหน่วยเซลล์ =

$$3.56 \times 10^{-8}$$

cm

(0.25)

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{Unit cell edge} &= \sqrt[3]{\left(\frac{1 \text{ cm}^3}{3.52 \text{ g}}\right) \left(\frac{12.0 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}}\right) \left(\frac{1 \text{ mol C}}{6.02 \times 10^{23} \text{ C atoms}}\right) (8 \text{ C atoms})} \\ &\quad (0.25) \quad (0.25) \quad (0.25) \quad (0.25) \\ &= 3.56 \times 10^{-8} \text{ cm} \end{aligned}$$

2.2 (1.25 คะแนน) เพชรที่มีความหนาแน่นต่ำสุด

มี C ในหน่วยเซลล์ =

6.81

อะตอมโดยเฉลี่ย

(0.25)

(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{C atoms/unit cell} &= \left(\frac{(3.56 \times 10^{-8} \text{ cm})^3}{1 \text{ unit cell}}\right) \left(\frac{3.01 \text{ g C}}{1 \text{ cm}^3}\right) \left(\frac{1 \text{ mol C}}{12.0 \text{ g C}}\right) \left(\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ C atoms}}{1 \text{ mol C}}\right) \\ &\quad (0.25) \quad (0.25) \quad (0.25) \quad (0.25) \\ &= 6.81 \end{aligned}$$

2.3 (2 คะแนน) ระบุตำแหน่งที่เป็นช่องเทพระฮีตรัลและช่องออกตะฮีตรัล

	<input type="checkbox"/> a	<input type="checkbox"/> b	<input type="checkbox"/> c	<input type="checkbox"/> d	<input type="checkbox"/> e	<input type="checkbox"/> f	
ช่องเทพระฮีตรัล	<input type="checkbox"/> g	<input type="checkbox"/> h	<input type="checkbox"/> i	<input type="checkbox"/> j	<input type="checkbox"/> k	<input checked="" type="checkbox"/> m	(0.5 ต้องถูกทั้งหมด)
	<input type="checkbox"/> n	<input type="checkbox"/> o	<input type="checkbox"/> p	<input type="checkbox"/> r	<input type="checkbox"/> s	<input type="checkbox"/> t	
	<input checked="" type="checkbox"/> a	<input type="checkbox"/> b	<input type="checkbox"/> c	<input type="checkbox"/> d	<input checked="" type="checkbox"/> e	<input type="checkbox"/> f	
ช่องออกตะฮีตรัล	<input type="checkbox"/> g	<input type="checkbox"/> h	<input type="checkbox"/> i	<input type="checkbox"/> j	<input type="checkbox"/> k	<input type="checkbox"/> m	(0.5 ต้องถูกทั้งหมด)
	<input type="checkbox"/> n	<input type="checkbox"/> o	<input checked="" type="checkbox"/> p	<input type="checkbox"/> r	<input type="checkbox"/> s	<input type="checkbox"/> t	

มี K ในช่องว่างในหน่วยเซลล์ = 12 อะตอม (0.25)

วิธีคำนวณ

Oh holes: $(\frac{1}{4} \times 12) + 1 = 4$; td holes: 8, total = 12 (0.5)

อัตราส่วนอย่างง่ายของ K : C₆₀ = 3 : 1 (0.25)

2.4 (1.5 คะแนน)

ความหนาแน่นของผลึก = 1.92 g/cm³ (0.25)

(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ

$$d = \frac{m}{V}$$

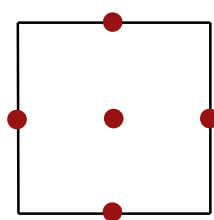
<------(0.5)-----> <------(0.5)----->

$$d = \frac{\left(240 \text{ atom C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}} \times \frac{12.0 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}}\right) + \left(12 \text{ atom K} \times \frac{1 \text{ mol C}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}} \times \frac{39.1 \text{ g K}}{1 \text{ mol K}}\right)}{(1425.3 \times 10^{-10} \text{ cm})^3}$$

<------(0.25)----->

$$= 1.92 \text{ g/cm}^3$$

2.5 (2.25 คะแนน) วาดรูปแสดงตำแหน่งจุดแลตทิซของ M ที่ระยะต่าง ๆ ตามแกน z

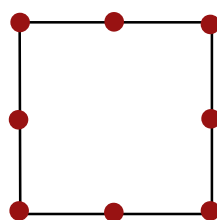


$z = 0$

(0.5)



$z = 1/4$

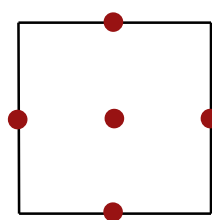


$z = 1/2$

(0.5)



$z = 3/4$



$z = 1$

(0.5)

ตอบเกินหัก 0.5/ช่อง

มี M ในหน่วยเซลล์ =

6

อะตอม

(0.25)

วิธีคำนวณ

$$\left(\frac{1}{2} \times 6\right) + \left(\frac{1}{4} \times 12\right)$$

(0.25)

อัตราส่วนอย่างง่ายของ M : C₆₀ =

3 : 1

(0.25)

2.6 (1.25 คะแนน)

รัศมีอะตอมของ M =

343

pm

(0.25)

(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

วิธีคำนวณ

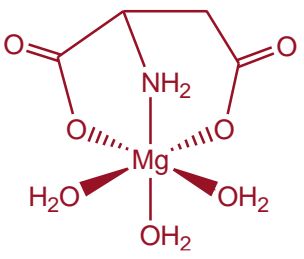
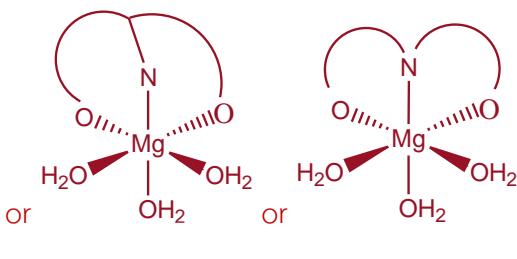
$$\frac{\left(2 \times \frac{4}{3} \pi \times (355 \text{ pm})^3\right) + \left(6 \times \frac{4}{3} \pi \times r^3\right)}{(1184.5 \text{ pm})^3} = \frac{83.58}{100}$$

(1)

$$r = 343 \text{ pm}$$

คำตอบข้อที่ 3 (10 คะแนน)

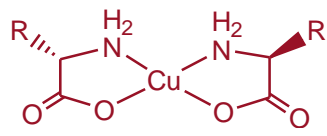
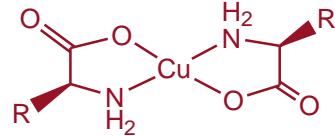
3.1 (3 คะแนน) สูตร ชื่อที่ระบุชนิดของไอโซเมอร์ (ถ้ามี) และรูปโครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมด

สูตร	$[\text{Mg}(\text{C}_4\text{H}_5\text{NO}_4)(\text{H}_2\text{O})_3]$ (0.5)	
ชื่อ	<i>fac-triaquaaspartatomagnesium</i> (1)	
รูปโครงสร้าง	 (0.5)	 (0.5)

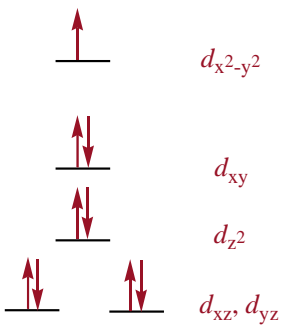
3.2 (1 คะแนน)

ใช้ L-phenylalanine 0.19 หรือ 0.186 g $450 \text{ mL} \times \frac{1.25 \times 10^{-3} \text{ mol Cu}^{2+}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{2 \text{ mol ađi}}{1 \text{ mol Cu}^{2+}} \times \frac{165.0 \text{ g ađi}}{1 \text{ mol ađi}} = 0.1856 \text{ g}$

3.3 (2 คะแนน) โครงสร้างและชนิดไอโซเมอร์ของสารเชิงซ้อนคัลเลต

โครงสร้าง		
ไอโซเมอร์ชนิด	<i>cis-</i>	<i>trans-</i>

3.4 (2 คะแนน) เต็มอิเล็กตรอน เขียนชนิดของ d-orbital และระบุรูปร่าง

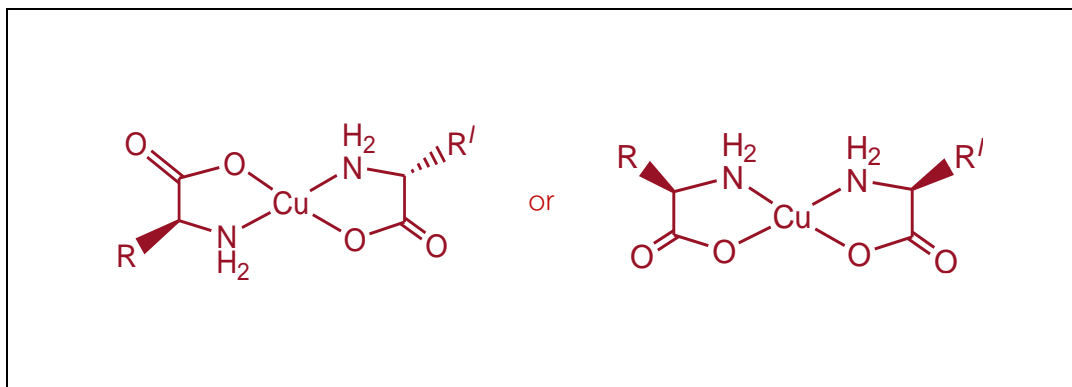
	รูปร่าง <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">square planar</div>
---	--

3.5 (1 คะแนน) ใส่เลข 1 (มากที่สุด) – 4 (น้อยที่สุด) เพื่อระบุลำดับการดูดซับกรดอะมิโนของคอลัมน์

4 aspartic acid 3 serine 1 leucine 2 valine

3.6 (1 คะแนน) โครงสร้างสารเชิงซ้อนของคอปเปอร์ กับ L-phenylalanine และ D-serine

โครงสร้าง



แนวคิด

- กรดแอสพาทิกที่ pH 10 มีประจุ 2- มี donor atoms 3 ตัว เกิดเป็นสารประกอบจึงต้องการน้ำอีก 3 ตัว เป็นไอโซเมอร์ชนิด fac- เพราะถูกบีบจากตำแหน่งของ donor atoms ในวงสี่เหลี่ยม
- amino acids มี donor atoms 2 ตัว เกิดสารประกอบแบบสี่เหลี่ยมกับคอปเปอร์ ต้องใช้กรดอะมิโน 2 เท่าของ Cu^{2+} เป็น diastereomer จึงมีไอโซเมอร์คือ cis- และ trans- ลิแกนด์เป็น L-isomer เรียงลำดับจาก N ไป C=O และ R แบบวนซ้าย

คำตอบข้อที่ 4 (10 คะแนน)

4.1 (2.5 คะแนน)

$$\text{อันดับของปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ } [\text{H}_2\text{O}_2] = \boxed{1} \quad (0.5)$$

$$\text{อันดับของปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ } [\text{I}^-] = \boxed{1} \quad (0.5)$$

แสดงแนวคิด ข้อสมมติ (assumption) และวิธีคำนวณ

เนื่องจาก $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 \ll [\text{I}^-]_0$ และ $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 \ll [\text{H}^+]_0$ ดังนั้นสามารถถือว่า $[\text{I}^-]$ และ $[\text{H}^+]$ มีค่าคงที่ (0.35)

ในขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินไป

$$\text{ทำให้สามารถเขียนกฎอัตราในรูป } \text{Rate} = k_{\text{obs1}} [\text{H}_2\text{O}_2]^m \quad (0.2)$$

เมื่อพิจารณากราฟซึ่งพล็อตระหว่าง $\ln[\text{H}_2\text{O}_2]$ และ time จะเห็นว่า ได้กราฟเส้นตรง ทำให้ (0.2)

สามารถสรุปได้ว่า $m = 1$ นั่นคือ อันดับของปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ $[\text{H}_2\text{O}_2] = 1$

ความชันของกราฟ (ซึ่งมีค่าเท่ากับ $-k_{\text{obs1}}$ (ไม่ใช่ $-\text{Rate}!!!$)) เปลี่ยนไปตาม $[\text{I}^-] \approx [\text{I}^-]_0$ แสดงว่า (0.55)

k_{obs1} ขึ้นกับ $[\text{I}^-]$

สมมติให้ $k_{\text{obs1}} = k_{\text{obs2}} [\text{I}^-]^n$ (ถ้าเขียน $\text{Rate} = k[\text{I}^-]^n$ ไม่ได้คะแนน)

แทนค่าจากผลการทดลอง $0.1204 = k_{\text{obs2}} (0.1000)^n$ (0.2)

$$0.3612 = k_{\text{obs2}} (0.3000)^n$$

$$0.4816 = k_{\text{obs2}} (0.4000)^n$$

$$\text{พิจารณาชุดข้อมูลที่ 1 และ 2} \quad \frac{0.3612}{0.1204} = \frac{k_{\text{obs2}} (0.3000)^n}{k_{\text{obs2}} (0.1000)^n}$$

$$3 = 3^n$$

นั่นคือ $n = 1$

(หากเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดที่ 3 ก็จะได้ข้อสรุปเดียวกัน)

เพราะฉะนั้น $k_{\text{obs1}} = k_{\text{obs2}} [\text{I}^-]$ ทำให้กฎอัตราอยู่ในรูป $\text{Rate} = k_{\text{obs2}} [\text{H}_2\text{O}_2] [\text{I}^-]$ โดย

อันดับของปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ $[\text{I}^-] = 1$

หมายเหตุ

สำหรับโจทย์ข้อนี้ นักเรียนจะต้องหาอันดับปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ H_2O_2 ให้ได้ก่อน ไม่สามารถข้ามมาหาอันดับปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ I^- ก่อน (ถ้าคิดว่าทำได้ แสดงว่า ยังเข้าใจ concept ผิด) ฟังระลึกว่า ความชันของกราฟมีค่าเท่ากับ $-k_{\text{obs1}}$ ไม่ใช่อัตราการเกิดปฏิกิริยา (rate) ดังนั้นถ้านักเรียนเขียนเพียงว่า “ค่าความชันแปรผันตรงกับ $[\text{I}^-]$ ปฏิกิริยานี้จึงเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเมื่อเทียบกับ I^- ” โดยไม่แสดงให้เห็นว่า ทราบว่าความชัน คือ $-k_{\text{obs1}}$ นักเรียนก็จะไม่ได้คะแนนในส่วนนั้น (0.55) เพราะเหตุผลไม่ถูกต้อง เป็นเพียงการเดาเท่านั้น

4.2 (2 คะแนน)

ค่าคงที่อัตรา =

1.204

(0.65)

หน่วย

 $M^{-1} \text{ min}^{-1}$

(0.65)

(ตอบ $0.02007 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ หรือ $2.007 \times 10^{-2} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ หรือ $72.24 \text{ M}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ได้ 0.65 คะแนน)

วิธีคำนวณ

จากกฎอัตรา $\text{Rate} = k_{\text{obs}2}[\text{H}_2\text{O}_2][\text{I}^-]$ โดย $k_{\text{obs}2}[\text{I}^-] = k_{\text{obs}1}$ ดังนั้น

$$k_{\text{obs}2} = \frac{k_{\text{obs}1}}{[\text{I}^-]} \quad (0.5)$$

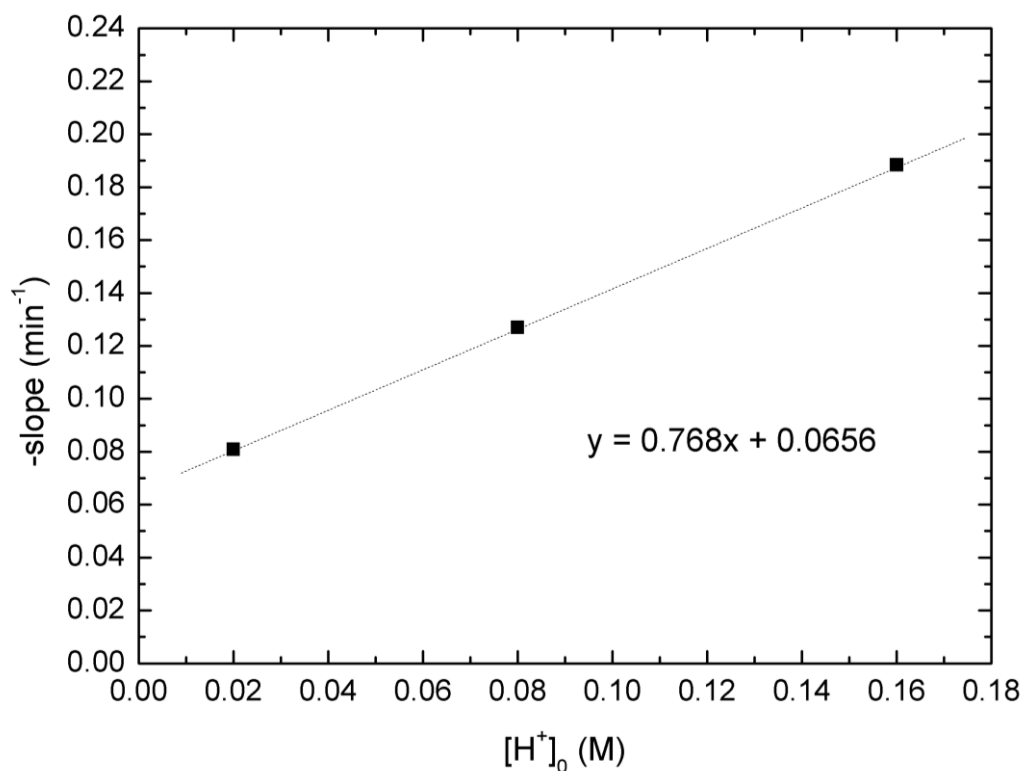
จากชุดข้อมูลที่ 1 จะได้ว่า

$$k_{\text{obs}2} = \frac{0.1204 \text{ min}^{-1}}{0.1000 \text{ M}} \quad (0.2)$$

$$= 0.1204 \text{ M min}^{-1}$$

(หากใช้ข้อมูลชุดที่ 2 หรือ 3 ก็จะได้คำตอบเดียวกัน)

หมายเหตุ หากนักเรียนนำค่า “-ความชัน” มาตอบเลย จะไม่ได้คะแนน เนื่องจากความชันจากการทดลองมีถึง 3 ค่าที่ต่างจากกัน ดังนั้น ย่อมไม่ใช่ค่าคงที่อัตราที่เหมาะสม และการนำค่าเหล่านั้น หรือค่าเฉลี่ย มาตอบย่อมไม่สมควรได้คะแนนเครดิต แม้จะใช้เหตุผลว่า ข้อ 4.1 นักเรียนสรุปว่า $\text{Rate} = k[\text{H}_2\text{O}_2]$ ก็ไม่ควรได้คะแนนข้อนี้

4.3 (3.5 คะแนน) กราฟระหว่าง -slope และ $[\text{H}^+]_0$ 

ไม่มีคะแนน

กฎอัตราคือ

Rate =

$$((9.60 \text{ M}^{-2} \text{ min}^{-1})[\text{H}^+] + 0.820 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1})[\text{H}_2\text{O}_2][\text{I}^-] \quad (1.5)$$

- หน่วยผลิตหักจุดละ 0.25 คะแนน

- ถ้าเขียนค่าคงที่เป็นตัวแปร และระบุค่าของตัวแปร ก็ได้คะแนนเต็มเช่นกัน

เช่น $\text{Rate} = (k_3[\text{H}^+] + k_4)[\text{H}_2\text{O}_2][\text{I}^-]$ โดย $k_3 = 9.60 \text{ M}^{-2} \text{ min}^{-1}$ และ $k_4 = 0.820 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1}$

วิธีคำนวณ

เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง $-\text{slope}$ และ $[\text{H}^+]_0$ จะเห็นได้ว่า เป็นกราฟเส้นตรงที่ไม่ผ่านจุดกำเนิด (0.6)แสดงว่า $k_{\text{obs1}} (-\text{slope})$ มีความสัมพันธ์กับ $[\text{H}^+]$ ในรูป $k_{\text{obs1}} = k_1[\text{H}^+] + k_2$ ดังนั้น $(0.08096 \text{ min}^{-1}) = k_1(0.0200 \text{ M}) + k_2$ ข้อมูลชุดที่ 4 (0.4)

$$(0.12704 \text{ min}^{-1}) = k_1(0.0800 \text{ M}) + k_2 \quad \text{ข้อมูลชุดที่ 5}$$

$$(0.18848 \text{ min}^{-1}) = k_1(0.1600 \text{ M}) + k_2 \quad \text{ข้อมูลชุดที่ 6}$$

แก้สมการ 2 ตัวแปรจากข้อมูลชุดที่ 4 และ 5 (หรือชุดที่ 4 และ 6 หรือชุดที่ 5 และ 6) จะได้ (0.4)

$$k_1 = 0.768 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1} \text{ และ } k_2 = 0.0656 \text{ min}^{-1}$$

เพราะฉะนั้น จะได้ว่า $k_{\text{obs1}} = (0.768 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1})[\text{H}^+] + 0.0656 \text{ min}^{-1}$ เนื่องจาก กฎอัตราอยู่ในรูป $\text{Rate} = k_{\text{obs2}}[\text{H}_2\text{O}_2][\text{I}^-]$ โดยที่ $k_{\text{obs2}}[\text{I}^-] = k_{\text{obs1}}$ (0.6)

$$\text{ดังนั้น } k_{\text{obs2}}[\text{I}^-] = k_{\text{obs1}} = (0.768 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1})[\text{H}^+] + 0.0656 \text{ min}^{-1}$$

สูตรถูก แต่หาร

$$\text{และจะได้ว่า } k_{\text{obs2}} = \frac{k_{\text{obs1}}}{[\text{I}^-]} = \frac{(0.768 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1})[\text{H}^+] + 0.0656 \text{ min}^{-1}}{0.0800 \text{ M}}$$

ผิดได้ 0.3

ถ้าตัวเลขผิดที่ขึ้น

$$= (9.60 \text{ M}^{-2} \text{ min}^{-1})[\text{H}^+] + 0.820 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

ก่อนหน้า แต่หาร

$$\text{ดังนั้น } \text{Rate} = ((9.60 \text{ M}^{-2} \text{ min}^{-1})[\text{H}^+] + 0.820 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1})[\text{H}_2\text{O}_2][\text{I}^-] \text{ หรือ}$$

ขั้นนี้ถูกได้ 0.6

$$\text{Rate} = (0.820 \text{ M}^{-1} \text{ min}^{-1} + (9.60 \text{ M}^{-2} \text{ min}^{-1})[\text{H}^+])[\text{H}_2\text{O}_2][\text{I}^-]$$

*** กรณีที่นักเรียนคำนวณคำตอบไม่ได้เลย (ทำได้เพียงพล็อตกราฟ) และสรุปกฎอัตราออกมา ได้ 0.5

$$\text{ในรูป } \text{Rate} = (k_3[\text{H}^+] + k_4)[\text{H}_2\text{O}_2][\text{I}^-]$$

4.4 (2 คะแนน) ความหมายของกฎอัตราในข้อ 4.3 ที่สอดคล้องกับผลการทดลองทั้งหมด ในเชิงกลไกของปฏิกิริยา

- ปฏิกิริยาเกิดผ่านกลไกของปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน (0.75)- กลไกที่ต่างกัน คือ กลไกหนึ่งขึ้นกับ $[\text{H}^+]$ อีกกลไกหนึ่งไม่ขึ้น $[\text{H}^+]$ (0.75)- การอธิบายความสมเหตุสมผล (เช่น กลไกหนึ่งขึ้นกับ $[\text{H}^+]$ โดยดูจาก $k_3[\text{H}^+][\text{H}_2\text{O}_2][\text{I}^-]$ และอีก
กลไกหนึ่งไม่ขึ้นกับ $[\text{H}^+]$ โดยดูจาก $k_4[\text{H}_2\text{O}_2][\text{I}^-]$) (0.5)* ถ้าตอบว่า “กลไกหนึ่งเป็นแบบไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และอีกกลไกหนึ่งเป็นแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา (ซึ่ง
ก็คือ H^+)” อาจจะเป็นการสรุปเกินจริง เพราะ H^+ ถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยาจึงไม่ใช่ตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ 0.4* ถ้าตอบว่า “เป็นปฏิกิริยาอันดับสอง” อย่างเดียว หรือ “เป็นปฏิกิริยาอันดับสาม” อย่างเดียว และ
อธิบายกลไกของปฏิกิริยาได้อย่างมีเหตุผล ได้ 0.75หมายเหตุ: สามารถแทน k_3 และ k_4 ด้วยสัญลักษณ์อื่นได้

ตัวอย่าง

การที่กฎอัตราอยู่ในรูป $Rate = (k_3[H^+] + k_4)[H_2O_2][\Gamma]$

สามารถเขียนใหม่ได้เป็น $Rate = k_3[H^+][H_2O_2][\Gamma] + k_4[H_2O_2][\Gamma]$ (0.75)

แสดงว่า ปฏิกิริยานี้น่าจะเกิดขึ้นผ่าน 2 กลไก

โดยที่ กลไกหนึ่งขึ้นกับ $[H^+]$ โดยดูจาก $k_3[H^+][H_2O_2][\Gamma]$ และอีกกลไกหนึ่งไม่ขึ้นกับ $[H^+]$ โดยดูจาก $k_4[H_2O_2][\Gamma]$ (1.25)

คำตอบข้อที่ 5 (4.5 คะแนน)

5.1 (1.5 คะแนน) เอนทัลปีของปฏิกิริยา ซึ่งคำนวณโดย

	ขั้นที่ 1 (ΔH_1)		ขั้นที่ 2 (ΔH_2)	ช่องละ (0.25)
(a) พลังงานพันธะ	-59	kJ mol^{-1}	-151	kJ mol^{-1}
(b) เอนทัลปีมาตรฐานการเกิด	-147	kJ mol^{-1}	-42	kJ mol^{-1}

(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

สาเหตุของความแตกต่าง

เช่น	- พลังงานพันธะที่ gas phase	... ไม่ตรงกับสถานะของปฏิกิริยา	(0.5)
	- สถานะมาตรฐานของค่าพลังงาน	... standard or not?	
	- พลังงานพันธะ ไม่ได้บอกว่าเป็นชนิดใด	... U vs H	
	- พลังงานพันธะเป็นค่าเฉลี่ยจากหลาย ๆ สปีชีส์		
	- พลังงานไฮเดรชัน (aq) หรือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (l)		

5.2 (2 คะแนน) การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี ($\Delta_r H^\circ$)	-189.32	kJ	ช่องละ (0.25)
การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี ($\Delta_r S^\circ$)	+57.2	J K^{-1}	
การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน ($\Delta_r U$)	-191.80	kJ	
งาน (w)	-2.48	kJ	

(ตอบด้วยเลขนัยสำคัญสูงสุดจากข้อมูล) sig fig ถูกต้องทั้งหมด (0.25)

วิธีคำนวณ

การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี ($\Delta_r H^\circ$)

expression (0.25)

$$\begin{aligned} \Delta_r H^\circ &= 2 \times \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) + \Delta_f H^\circ(\text{O}_2, \text{g}) - 2 \times \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}_2, \text{aq}) \\ &= 2(-285.83) + 0 - 2(-191.17) = -189.32 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี ($\Delta_r S^\circ$)

$$\begin{aligned} \Delta_r S^\circ &= 2 \times S^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) + S^\circ(\text{O}_2, \text{g}) - 2 \times S^\circ(\text{H}_2\text{O}_2, \text{aq}) \\ &= 2(69.91) + (205.14) - 2(143.9) = +57.16 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

การคำนวณงาน (w)

formula (0.25)

$$w = -P \Delta V = -R T \Delta n = -(8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) (298 \text{ K}) (+1 \text{ mol}) = -2477.6 \text{ J}$$

$$= -2.48 \text{ kJ}$$

การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน ($\Delta_r U$)

formula (0.25)

$$\Delta_r U = \Delta_r H - P \Delta V = (-189.32) + (-2.48) \text{ kJ mol}^{-1} = -191.80 \text{ kJ mol}^{-1}$$

5.3 (1 คะแนน) ทำเครื่องหมาย ✓ เฉพาะหน้าข้อความที่สรุปได้ถูกต้อง

Tick ถูก +0.25

max = 1 คะแนน; min = 0 คะแนน

Tick ผิด -0.25

- ☐ ค่าคงที่สมดุล (K) มีค่าน้อยกว่า 1
- ☐ ค่าคงที่สมดุล (K) มีค่าเท่ากับ 1
- ☒ ค่าคงที่สมดุล (K) มีค่ามากกว่า 1
- ☐ การสลายตัวจะเกิดได้เร็วขึ้น หากลดความดัน
- ☐ การสลายตัวจะเกิดได้เร็วขึ้น หากเพิ่มความดัน
- ☐ การสลายตัวจะเกิดได้เร็วขึ้น หากลดอุณหภูมิ
- ☐ การสลายตัวจะเกิดได้เร็วขึ้น หากเพิ่มอุณหภูมิ
- ☒ การสลายตัวจะเกิดได้มากขึ้น หากลดความดัน
- ☐ การสลายตัวจะเกิดได้มากขึ้น หากเพิ่มความดัน
- ☒ การสลายตัวจะเกิดได้มากขึ้น หากลดอุณหภูมิ
- ☐ การสลายตัวจะเกิดได้มากขึ้น หากเพิ่มอุณหภูมิ
- ☒ ค่าคงที่อัตราของขั้นที่ 1 (k_1) มีค่ามากกว่าขั้นที่ 2 (k_2)
- ☐ ค่าคงที่อัตราของขั้นที่ 1 (k_1) มีค่าน้อยกว่าขั้นที่ 2 (k_2)
- ☐ พลังงานก่อกัมมันต์ของขั้นที่ 1 ($E_{a,1}$) สูงกว่าขั้นที่ 2 ($E_{a,2}$)
- ☐ พลังงานก่อกัมมันต์ของขั้นที่ 1 ($E_{a,1}$) ต่ำกว่าขั้นที่ 2 ($E_{a,2}$)
- ☒ ปฏิกิริยาการสลายตัวของ H_2O_2 โดยมี I^- เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดเองได้ที่อุณหภูมิห้อง
- ☐ ปฏิกิริยาการสลายตัวของ H_2O_2 โดยมี I^- เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดเองไม่ได้ที่อุณหภูมิห้อง
- ☒ ปฏิกิริยาการสลายตัวของ H_2O_2 โดยไม่มี I^- เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดเองได้ที่อุณหภูมิห้อง
- ☐ ปฏิกิริยาการสลายตัวของ H_2O_2 โดยไม่มี I^- เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดเองไม่ได้ที่อุณหภูมิห้อง

เลขประจำตัวสอบ _____

คำอธิบายเพิ่มเติม**Thermodynamics – Chemical Equilibrium**

- $\Delta n_{\text{gas}} = +1$ $\Delta n > 0$... rxn forward when $P \downarrow$
- $\Delta_r H^\circ = -189.32 \text{ kJ mol}^{-1}$ $\Delta_r H^\circ < 0$... rxn forward when $T \downarrow$
- $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ = -206.4 \text{ kJ mol}^{-1}$ $\Delta_r G^\circ < 0$... thermodynamically feasible
 $K = \exp(-\Delta_r G^\circ/RT) = 1.51 \times 10^{36}$ $K > 1$

Kinetics

- รู้เพียง ขั้นแรก(เกิดช้า) และ ขั้นสอง(เกิดเร็ว) $k_1 < k_2$
 แม้ $[\text{IO}^-]$ (intermediate) จะต่ำก็ตาม
- ไม่สามารถสรุปถึง E_a ได้ เนื่องจาก $k = (\text{collision factor})(\text{orientation factor})(\text{energy factor})$
- ปฏิกิริยาเกิดใน solution ดังนั้น ความดันแทบจะไม่มีผลอะไร
- แม้โดยทั่วไป ปฏิกิริยาจะเกิดได้เร็วขึ้นเมื่อ $T \uparrow$ แต่เนื่องจากไม่ทราบว่า activation energy จะลดลง (Arrhenius) หรือเพิ่มขึ้นกันแน่ จึงไม่อาจสรุปได้จากข้อมูลที่กำหนด

วิธีคำนวณ ข้อ 5.1

(a) การคำนวณด้วยพลังงานพันธะ – ไม่ใช่สภาวะมาตรฐาน!

$$\begin{aligned} \text{ขั้นที่ 1} \quad \Delta H_1 &= + [D(\text{O}-\text{O}) + 2 \times D(\text{H}-\text{O})] - [D(\text{I}-\text{O}) + 2 \times D(\text{H}-\text{O})] \\ &= + 142 - 201 = -59 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ขั้นที่ 2} \quad \Delta H_2 &= + [D(\text{O}-\text{O}) + 2 \times D(\text{H}-\text{O}) + D(\text{I}-\text{O})] - [2 \times D(\text{H}-\text{O}) + D(\text{O}=\text{O})] \\ &= + 142 + 201 - 494 = -151 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{รวม} \quad \Delta_r H &\approx \Delta H_1 + \Delta H_2 = (-59) + (-151) \text{ kJ mol}^{-1} = -210 \text{ kJ mol}^{-1} \\ \text{หรือ} &\approx + [2 \times D(\text{O}-\text{O})] - [D(\text{O}=\text{O})] = 2(142) - 494 = -210 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

(b) การคำนวณด้วยเอนทัลปีมาตรฐานการเกิด

$$\begin{aligned} \text{ขั้นที่ 1} \quad \Delta H_1^\circ &= [\Delta_f H(\text{IO}^-) + \Delta_f H(\text{H}_2\text{O})] - [\Delta_f H(\text{H}_2\text{O}_2) + \Delta_f H(\text{I}^-)] \\ &= [(-107.5) + (-285.83)] - [(-191.17) + (-55.19)] = -146.97 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ขั้นที่ 2} \quad \Delta H_2^\circ &= [\Delta_f H(\text{I}^-) + \Delta_f H(\text{H}_2\text{O}) + \Delta_f H(\text{O}_2)] - [\Delta_f H(\text{H}_2\text{O}_2) + \Delta_f H(\text{IO}^-)] \\ &= [(-55.19) + (-285.83) + (0)] - [(-191.17) + (-107.5)] = -42.35 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{รวม} \quad \Delta_r H^\circ = \Delta H_1^\circ + \Delta H_2^\circ = (-147) + (-42) \text{ kJ mol}^{-1} = -189 \text{ kJ mol}^{-1}$$

คำตอบข้อที่ 6 (10 คะแนน)

6.1 (2.25 คะแนน) ความเร็วของอิเล็กตรอนที่เลี้ยวโค้ง = 2.69×10^7 m/s (0.25)

ความยาวคลื่นของเดอบรอยล์ = 2.70×10^{-11} m (0.25)

วิธีคำนวณ

จาก $E_{k, \text{เริ่มต้น}} - E_{k, \text{สุดท้าย}} = \frac{hc}{\lambda}$ (0.10)

จะได้

$$\frac{1}{2}(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(2.70 \times 10^7 \text{ m/s})^2 - E_{k, \text{สุดท้าย}} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1})(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(1.000 \times 10^3 \times 10^{-10} \text{ m})} \quad (1.00)$$

วงเล็บละ 0.20

$$\frac{1}{2}(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})\{(2.70 \times 10^7 \text{ m/s})^2 - v^2\} = 1.99 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$(2.70 \times 10^7 \text{ m/s})^2 - v^2 = 4.37 \times 10^{12} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$$

$$v^2 = 7.25 \times 10^{14} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$$

$$v = 2.69 \times 10^7 \text{ m/s}$$

และมีความยาวคลื่นเดอบรอยล์

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (0.05)$$

จะได้

$$\lambda = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1})}{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(2.69 \times 10^7 \text{ m/s})} \quad (0.60)$$

วงเล็บละ 0.20

$$= 2.70 \times 10^{-11} \text{ m}$$

6.2 (2.3 คะแนน) electron binding energy ของโลหะชนิดนี้ = 6.3×10^{-19} J (0.25)

โลหะนี้ควรเป็น Hf (0.25)

เลขควอนตัมทั้งสิ้นที่เป็นไปได้ทั้งหมด คือ n = 6 (0.10)

l = 0 (0.10)

m_l = 0 (0.10)

m_s = $+1/2, -1/2$ (0.20)

วิธีคำนวณ

จาก $\frac{hc}{\lambda} = B.E. + E_{k,electron}$ (0.10)

จะได้

$$\frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1})(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(1.000 \times 10^3 \times 10^{-10} \text{ m})} = B.E. + \frac{1}{2}(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(1.73 \times 10^6 \text{ m/s})^2$$
 (1.00)

**วงเล็บละ
0.20**

$$1.99 \times 10^{-18} \text{ J} = B.E. + 1.36 \times 10^{-17} \text{ J}$$

ดังนั้น

$$B.E. = 0.63 \times 10^{-18} \text{ J}$$
 (0.20)

หรือ

$$B.E. = 0.63 \times 10^{-18} \text{ J} \times \left(\frac{1 \text{ eV}}{1.60 \times 10^{-19} \text{ J}} \right) = 3.9 \text{ eV}$$

ให้คะแนนครึ่งหนึ่งถ้าเลือกโลหะโดยไม่มีเหตุผลหรือเดามาเขียนเลขควอนตัมต่อ

6.3 (2.45 คะแนน) ความไม่แน่นอนของตำแหน่งอิเล็กตรอน

$$\geq 2.1$$

nm

(0.1+0.25)

ความไม่แน่นอนของตำแหน่งอิเล็กตรอนคิดเป็นอย่างน้อย

$$20$$

เท่าของขนาดอะตอม

(0.25)

ความไม่แน่นอนของการวัดความเร็วอิเล็กตรอนเป็นอย่างน้อย

$$214$$

%

(0.25)

วิธีคำนวณ

จาก

$$(\Delta x)(\Delta p) \geq \frac{h}{4\pi}$$

จะได้

$$(\Delta x)(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}) \left(\frac{0.10}{100} \times 2.70 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \right) \geq \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}}{4\pi} \quad (0.60)$$

**วงเล็บละ

0.20**

$$\Delta x \geq 2.1 \times 10^{-9} \text{ m} \geq 2.1 \text{ nm}$$

ถ้าอะตอมไฮโดรเจนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 106 pm

(0.20)

ความไม่แน่นอนของตำแหน่งอิเล็กตรอนคิดเป็นอย่างน้อย $\frac{2.1 \times 10^{-9} \text{ m}}{106 \times 10^{-12} \text{ m}} = 20$ เท่า

ถ้าต้องการความไม่แน่นอนของตำแหน่งอิเล็กตรอนไม่เกิน 1.00 pm จะได้

(0.60)

$$(1.00 \times 10^{-12} \text{ m})(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(\Delta v) \geq \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})}{4\pi}$$

**วงเล็บละ

0.20**

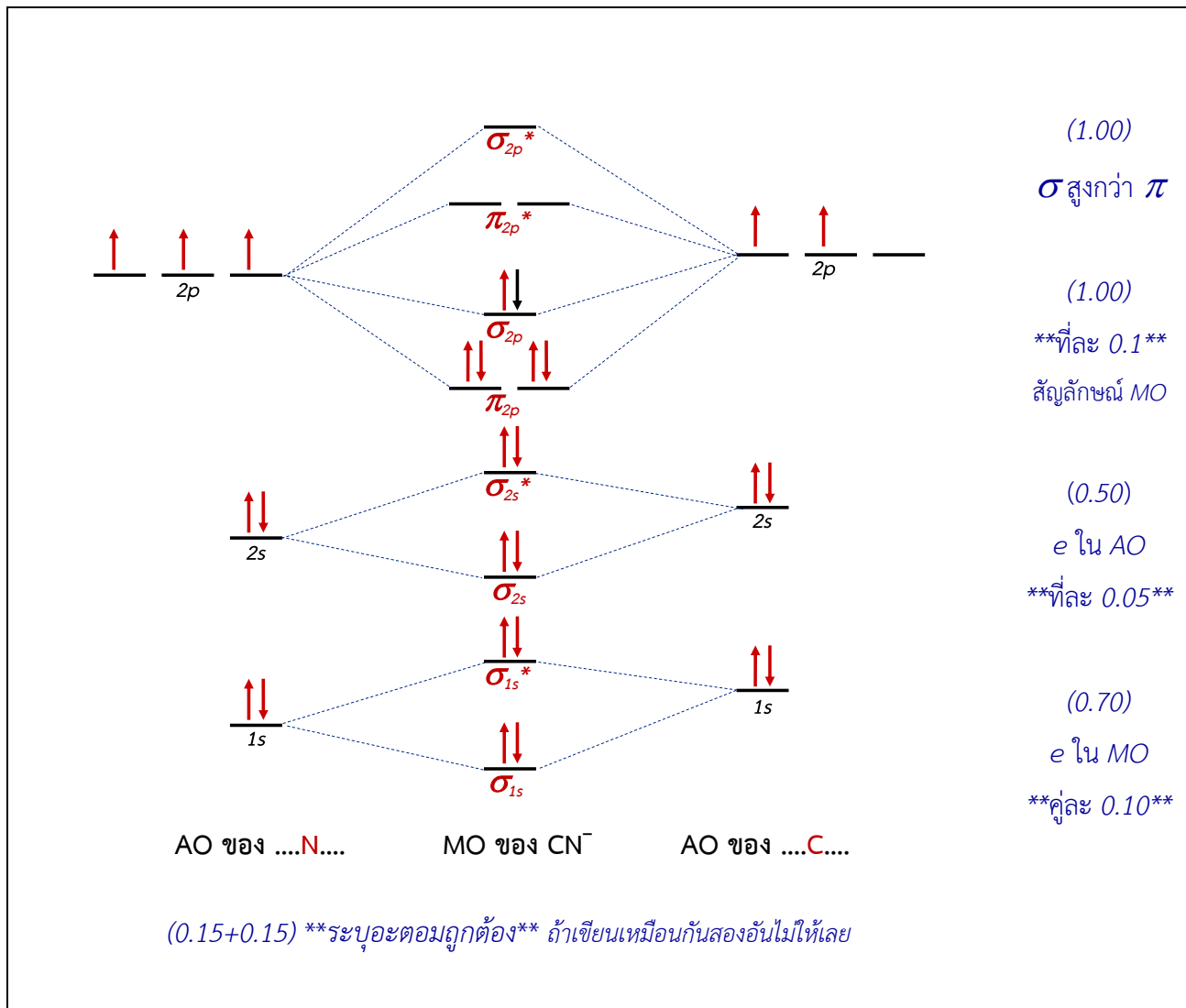
$$\Delta v \geq 5.79 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

ความไม่แน่นอนของการวัดความเร็วอิเล็กตรอนจะมากกว่าหรือเท่ากับ

(0.20)

$$\frac{5.79 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{2.70 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \times 100 = 214\%$$

6.4 (4 คะแนน) แผนภาพออร์บิทัลเชิงโมเลกุล (MO diagram) ที่สอดคล้องกับผลการทดลองดังกล่า



อันดับพันธะของ CN^- ในสถานะกระตุ้น เท่ากับ

2

(0.50)

คำตอบข้อที่ 7 (5.5 คะแนน)

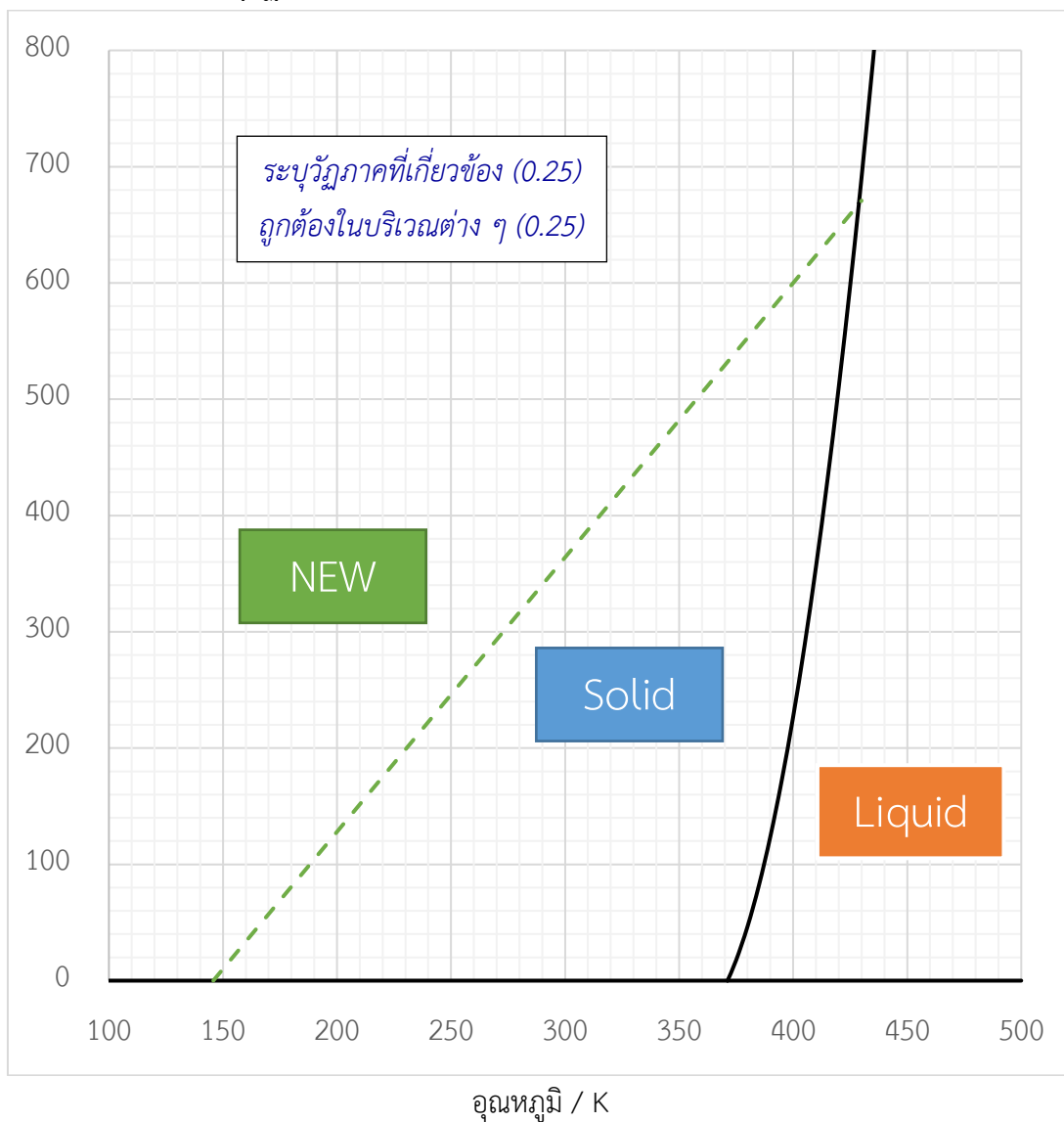
7.1 (1 คะแนน)

สมการที่เหมาะสมที่สุด คือ

<input type="checkbox"/>	$(P / \text{MPa}) = -701 + 3.65 (T / \text{K})$	$\frac{500 - 190}{337 - 250} = 3.65$	(0)
<input type="checkbox"/>	$(P / \text{MPa}) = -413 + 2.41 (T / \text{K})$	$P_h: \frac{400 - 190}{337 - 250} = 2.41$	(0.25)
<input checked="" type="checkbox"/>	$(P / \text{MPa}) = -344 + 2.36 (T / \text{K})$	$\frac{2.30 + 2.41}{2} = 2.36$	(0.5)
<input type="checkbox"/>	$(P / \text{MPa}) = -275 + 2.30 (T / \text{K})$	$P_L: \frac{500 - 300}{337 - 250} = 2.30$	(0)
<input type="checkbox"/>	$(P / \text{MPa}) = 12.6 + 1.15 (T / \text{K})$	$\frac{400 - 300}{337 - 250} = 1.15$	(0)

ความดัน / MPa

ระบุภูมิภาคที่เสถียรด้วย “Gas”, “Liquid”, “Solid” และ “NEW”

7.2 (1 คะแนน) จุดร่วมสามกับแก๊ส (T_{GS})

146	K
429	K

0	MPa
668	MPa

ช่องละ (0.25)

Allowed : $\pm 5 \text{ K}$
 $\pm 10 \text{ MPa}$ จุดร่วมสามกับของเหลว (T_{LS})

(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

เลขประจำตัวสอบ _____

7.3 (2 คะแนน) การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี (ΔS)

-23

 $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$

magnitude (2x0.25)

การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี (ΔH) ที่ 294 K

-6.7

 kJ mol^{-1}

sign ทั้งสอง (0.25)

(ตอบด้วยเลขนัยสำคัญที่ได้จากการทดลอง) sig fig ตัวใดตัวหนึ่งผิด หัก 0.25

วิธีคำนวณ

การเปลี่ยนแปลงปริมาตร (ΔV) = $(1050 - 1114) \text{ \AA}^3 = -64 \text{ \AA}^3$

$$\Delta V = \frac{\text{ขนาด (0.25)} \quad \text{แปลงเป็นโมล (0.25)}}{\text{หาร (0.25)}} = \frac{-64 \times 10^{-30} \text{ m}^3}{4 \text{ molecule}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule}}{1 \text{ mol}} = -9.6 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี (ΔS)

formula (0.25)

$$\Delta S = \frac{dP}{dT_{\text{slope}}} \times \Delta V = (2.36 \text{ MPa K}^{-1})(-9.6 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}) = -23 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี (ΔH): บนเส้นสมดุลวัฏภาค $\Delta G = 0$ formula (0.25)

$$\Delta H = T\Delta S = (294 \text{ K})(-23 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) = -6.7 \text{ kJ mol}^{-1}$$

7.4 (1.5 คะแนน) จุดหลอมเหลว ($T_{\text{NEW} \rightarrow \text{L}}$)

295

K

value (0.25)

เอนทัลปีการหลอมเหลว ($\Delta_{\text{NEW} \rightarrow \text{L}} H$)

38.5

 kJ mol^{-1}

value (0.25)

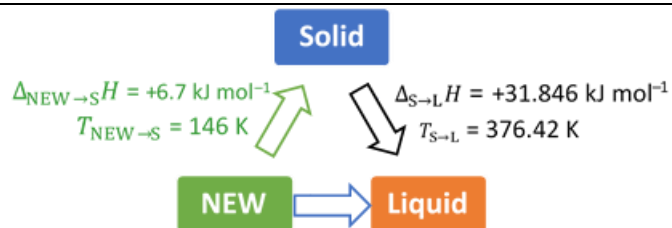
(ตอบด้วยเลขนัยสำคัญที่ได้จากการทดลอง) sig fig ตัวใดตัวหนึ่งผิด หัก 0.25

วิธีคำนวณ

Thermodynamic Cycle: (0.25)

เอนทัลปีการหลอมเหลว

กฎของเฮสส์ (Hess's Law)



$$(0.25) \quad \Delta_{\text{NEW} \rightarrow \text{L}} H = \Delta_{\text{NEW} \rightarrow \text{S}} H + \Delta_{\text{S} \rightarrow \text{L}} H = (+6.7 \text{ kJ mol}^{-1}) + (+31.846 \text{ kJ mol}^{-1}) = 38.5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

จุดหลอมเหลว

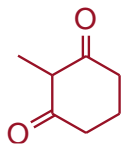
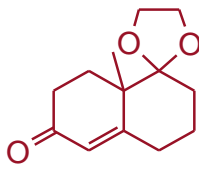
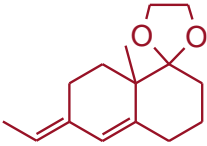
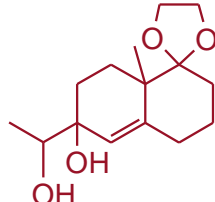
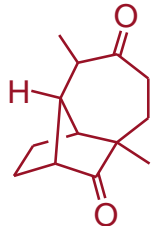
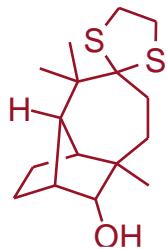
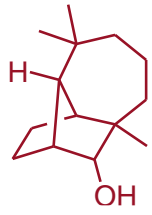
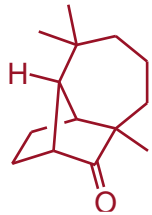
substitution (0.25)

$$T_{\text{NEW} \rightarrow \text{L}} = \frac{\Delta_{\text{NEW} \rightarrow \text{S}} H - \Delta_{\text{L} \rightarrow \text{S}} H}{\frac{\Delta_{\text{NEW} \rightarrow \text{S}} H}{T_{\text{NEW} \rightarrow \text{S}}} - \frac{\Delta_{\text{L} \rightarrow \text{S}} H}{T_{\text{L} \rightarrow \text{S}}}} = \frac{+38.5 \text{ kJ mol}^{-1}}{\frac{+6.7 \text{ kJ mol}^{-1}}{146 \text{ K}} + \frac{+31.846 \text{ kJ mol}^{-1}}{376.42 \text{ K}}} = 295 \text{ K}$$

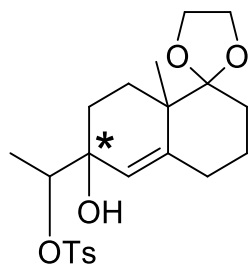
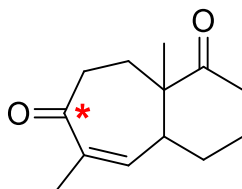
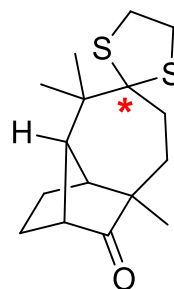
 T_{GS} (0.25)

คำตอบข้อที่ 8 (10 คะแนน)

8.1 (8 points) Draw the structures of compounds A – H.

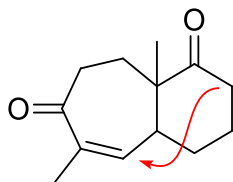
<p>A</p>  <p>1 คะแนน</p>	<p>B</p>  <p>1 คะแนน หากตอบถูกครบถ้วน</p>
<p>C</p>  <p>1 คะแนน หากตอบ Wittig product ถูกต้อง (ไม่พิจารณาเรื่อง geometrical isomers ที่เกิดจาก Wittig reaction) ไม่มี double penalty หากเป็น product จาก B</p>	<p>D</p>  <p>1 คะแนน หากตอบถูกต้อง 0.5 คะแนน หากได้ diol แต่ผิดตำแหน่ง 0 คะแนน หากตอบ tetraol ไม่มี double penalty หากเป็น product จาก C</p>
<p>E</p>  <p>1 คะแนน หากตอบถูกต้อง</p>	<p>F</p>  <p>1 คะแนน หากตอบเป็น alcohol (ไม่พิจารณา stereochemistry)</p>
<p>G</p>  <p>1 คะแนน หากตอบถูกต้อง ไม่มี double penalty หากเป็น product จาก F</p>	<p>H</p>  <p>1 คะแนน หากตอบถูกต้อง ไม่มี double penalty หากเป็น product จาก G</p>

8.2 (1 point) Place an asterisk (*) on a carbon in compounds **Y** and **Z** that is derived from the carbon marked with * in compound **X**.

**X****Y****Z**

ตอบถูกตำแหน่งละ 0.5 คะแนน ตอบผิดตำแหน่งละ 0 คะแนน

8.3 (1 point) Draw an arrow starting from a potential nucleophilic site to a potential electrophilic site to show the C–C bond formation in the Michael addition step in the conversion of compound **Y** to **E**.

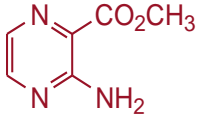
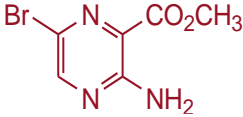
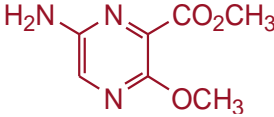
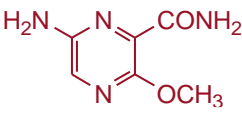
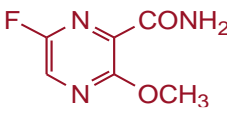
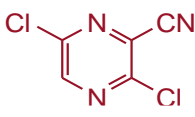
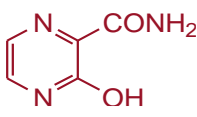
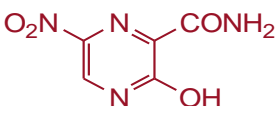
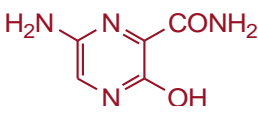


0.5 คะแนน สำหรับจุดเริ่มต้นถูก

0.5 คะแนน สำหรับปลายลูกศรถูก

คำตอบข้อที่ 9 (10 คะแนน)

9.1 (8 points) Draw the structures of compounds A – J.

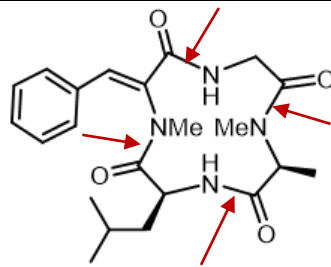
<p>A</p>  <p>(0.5 point)</p>	<p>B</p>  <p>(1 point)</p>	<p>C</p>  <p>(1 point)</p>
<p>D</p>  <p>(1 point)</p>	<p>E</p>  <p>(1 point)</p>	<p>F</p>  <p>(1 point)</p>
<p>G</p>  <p>(0.5 point)</p>	<p>H</p>  <p>(1 point)</p>	<p>J</p>  <p>(1 point)</p>

9.2 (2 points) What are the reagents and/or conditions W – Z?

<p>Reagent and/or conditions W</p> <p>HCl, NaNO₂, 0–5 °C อาจใช้กรดรูปแบบอื่น เช่น H⁺, H₂SO₄</p> <p>(0.5 point)</p>	<p>Reagent and/or conditions X</p> <p>CH₃OH</p> <p>(0.5 point)</p>
<p>Reagent and/or conditions Y</p> <p>HCl, NaNO₂, 0–5 °C อาจใช้กรดรูปแบบอื่น เช่น H⁺, H₂SO₄</p> <p>(0.5 point)</p>	<p>Reagent and/or conditions Z</p> <p>1) HBF₄ followed by 2) heat</p> <p>(0.5 point)</p>

คำตอบข้อที่ 10 (10 คะแนน)

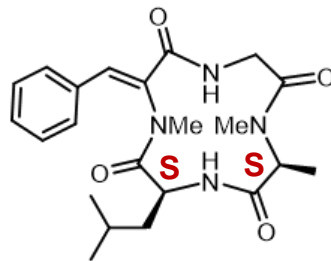
10.1 (1 point) Locate the position of peptide bond(s) by drawing an arrow pointing to each.



Tentoxin

(ตำแหน่งละ 0.25 คะแนน หาก label เกิน หักตำแหน่งละ 0.25 คะแนน ไม่ตัดลบ)

10.2 (1 point) Determine the absolute configuration of all stereogenic center(s) by writing *R* or *S* nearby each center.

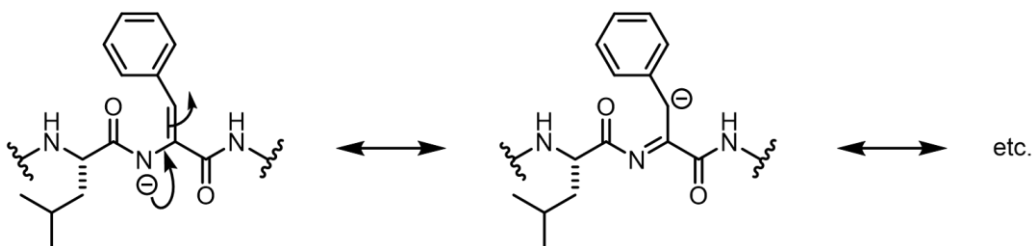


จุดละ 0.5 คะแนน label เกิน หักจุดละ 0.5 คะแนน (ไม่ตัดลบ)

10.3 (2 points) Explain, with drawing, why the methyl group was added to only this nitrogen, but not on other nitrogen atoms.

การเลือกตำแหน่งเข้าชนที่ nitrogen ดังแสดงนั้น เกิดขึ้นจากความเป็นกรดที่มากเป็นพิเศษของ N-H ที่ตำแหน่งดังกล่าว นั่นคือ เมื่อเกิดเป็น N^- แล้ว จะสามารถ delocalize กระจายประจุไปยังพันธะคู่ด้านข้างได้ด้วย นอกเหนือจากการ delocalize ไปยัง $C=O$ (ซึ่ง N-H อื่นก็ทำได้เช่นกัน)

- กล่าวถึง “ความเป็นกรดที่มากเป็นพิเศษ” หรือ “delocalization” หรือ แสดงด้วยการวาดโครงสร้าง resonance ที่มีการไหลของ electron ไปยังตำแหน่งข้างเคียง ได้ 1 คะแนน
- แสดงโครงสร้างการ delocalization ไปยัง benzylic position โดยจะหยุด electron ที่ตำแหน่งใดของระบบนี้ก็ได้ (แสดงโครงสร้างเพิ่มเติมจาก form ที่มี N^- อย่างน้อย 1 โครงสร้าง) ได้ 1 คะแนน

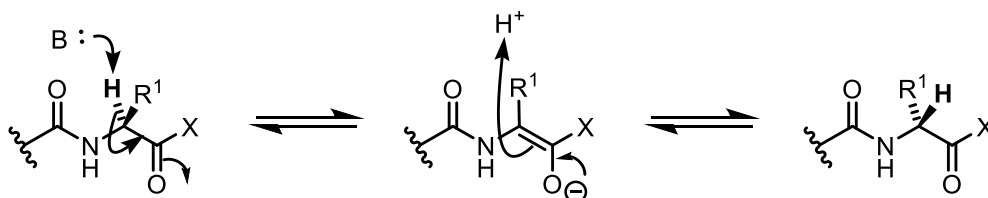


- กรณีอื่น ๆ จะ normalize ในการตรวจจริงอีกครั้ง

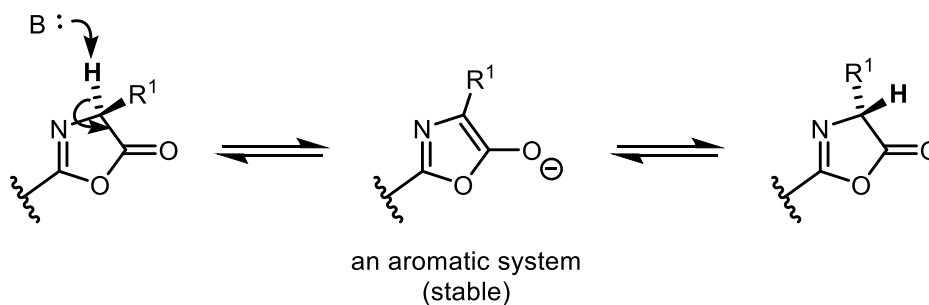
10.4 (2 points) Explain, with drawing, why oxazolone is more likely to epimerize than normal peptide units.

- แสดง basic ของการ epimerization โดยการโชว์การดึง proton เข้าออก แล้วเปลี่ยน configuration โดยสมการจะแสดงในภาวะกรดหรือเบสก็ได้ โดยแสดงบนโครงสร้าง peptide หรือ oxazolone ก็ได้ (เลือกตรวจอันที่ถูก) ได้ 1 คะแนน

เช่น



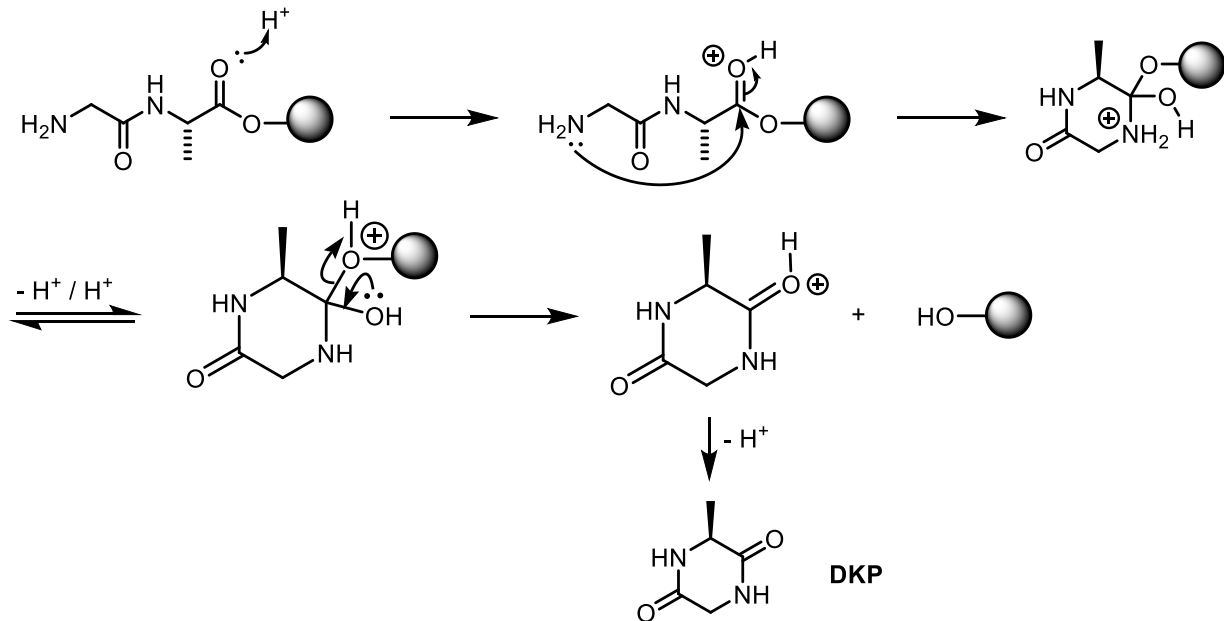
- วาดโครงสร้างและสมการประกอบในการ epimerization ของ oxazolone ได้อย่างถูกต้อง 0.5 คะแนน
- comment ถึงความเป็น aromatic ของ enolate ที่เกิดขึ้น ได้ 0.5 คะแนน



- กรณีอื่น ๆ จะ normalize ในการตรวจจริงอีกครั้ง

10.5 (2 points) Write a mechanism to show the formation of DKP.

- ขั้นแรก หากติด H^+ ที่อีก oxygen (ตัวที่เชื่อมกับ bead) จะหัก 0.5 คะแนน หากไม่แสดงการติด H^+ เลย คือ จับ nitrogen atom ขนเลย จะหัก 1 คะแนน
- หลังจากขั้นตอนการปิดวง การไม่แสดงการรับส่ง H^+ ให้ครบจะหักจุดละ 0.25 คะแนน (แต่ไม่จำเป็นต้องระบุ base หรือกรดที่จำเพาะ สามารถใช้ H^+ หรือ การหลุดออกของ H^+ ได้เลย และสามารถแสดงการหลุดหรือเติม H^+ บนลูกศรสมการดังตัวอย่างได้เลย ไม่จำเป็นต้องโยงลูกศรการไหลของ electron อย่างชัดเจน)
- กรณีพิเศษอื่น ๆ จะตรวจให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน

10.6 (2 points) Rank the order of R_f values by putting in a number (1 = highest R_f value; 3 = lowest R_f value) and give a reason for your answer (in the box below).

	Tentoxin	Derivative A	Derivative B
Rank of R_f value (1 point, no partial credit)	2	3	1

Reason for your answer

Paper chromatography จะให้ลำดับการเคลื่อนของสารตามสภาพขั้ว โดยสารที่มีขั้วต่ำจะเคลื่อนที่ไปได้ไกลกว่า (R_f มีค่าสูงกว่า) ดังนั้น derivative B ซึ่งมี leucine แทนที่ glycine จึงเคลื่อนที่ไปได้ไกลมากที่สุด เนื่องจาก leucine มีส่วนไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ที่สูงขึ้นกว่าเดิมที่มี glycine ในขณะที่การเปลี่ยนเป็น glutamic (derivative A) จะทำให้สภาพขั้วของโมเลกุลเพิ่มขึ้นอย่างมาก จึงเคลื่อนที่ได้น้อยที่สุด (R_f ต่ำสุด)

(1 point)

คำตอบข้อที่ 11 (10 คะแนน)

11.1 (4 คะแนน) ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา = 5.39×10^{75} (0.5)

(ตอบในรูป $X.XX \times 10^n$)

วิธีคำนวณ



คำนวณศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งปฏิกิริยานี้ได้จาก $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$

เขียนสมการเนินสต์ได้ว่า

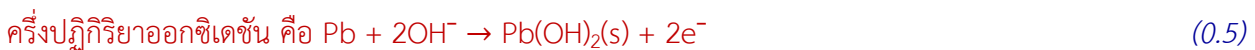
$$E_{cathode}^o = E_{O_2/H_2O}^o - \frac{0.0592}{4} \log \frac{1}{p_{O_2}[H^+]^4} \quad (0.25)$$

เปลี่ยน $[H^+]$ เป็น $[OH^-]$ โดยใช้ $K_w = [H^+][OH^-]$

$$E_{cathode}^o = E_{O_2/H_2O}^o - \frac{0.0592}{4} \log \frac{[OH^-]^4}{p_{O_2}(K_w)^4} \quad (0.5)$$

แทนค่าโดยใช้ภาวะมาตรฐาน ความเข้มข้นและความดันเท่ากับ 1 M และ 1 atm

$$E_{cathode}^o = 1.23 - \frac{0.0592}{4} \log \frac{1}{1(1.00 \times 10^{-14})^4} = 0.40 \text{ V} \quad (\text{แทนค่า } 0.25)$$



คำนวณศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งปฏิกิริยานี้ได้จาก $Pb \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2e^-$

เขียนสมการเนินสต์ได้ว่า

$$E_{anode}^o = E_{Pb^{2+}/Pb}^o - \frac{0.0592}{2} \log \frac{1}{[Pb^{2+}]} \quad (0.25)$$

เนื่องจาก $Pb(OH)_2$ มี $K_{sp} = [Pb^{2+}][OH^-]^2$ จึงนำไปใช้จัดรูปได้

$$E_{anode}^o = E_{Pb^{2+}/Pb}^o - \frac{0.0592}{2} \log \frac{[OH^-]^2}{K_{sp}} \quad (0.5)$$

แทนค่าโดยใช้ภาวะมาตรฐาน ความเข้มข้นเท่ากับ 1 M

$$E_{anode}^o = -0.13 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{1}{1.40 \times 10^{-20}} = -0.72 \text{ V} \quad (\text{แทนค่า } 0.25)$$

$$\text{คำนวณ } E_{cell}^o = E_{cathode}^o - E_{anode}^o = 0.40 - (-0.72) = 1.12 \text{ V} \quad (0.25)$$

$$\text{จาก } \Delta G^o = -nFE^o = -RT \ln K$$

$$K = \exp\left(\frac{nFE^o}{RT}\right) = \exp\left(\frac{(4)(96485)(1.12)}{(8.314)(298.15)}\right) \quad (\text{แทนค่า } 0.25)$$

$$K = 5.39 \times 10^{75}$$

11.2 (2.25 คะแนน) ความเข้มข้นของ Pb^{2+} =

0.00385

ppb

(0.5)

เลขนัยสำคัญผิดหัก 0.25

วิธีคำนวณ

สมการการละลายของ lead(II) phosphate คือ $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s}) \rightleftharpoons 3 \text{Pb}^{2+} + 2 \text{PO}_4^{3-}$

3s 2s

จะได้ $K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}]^3 [\text{PO}_4^{3-}]^2$ (0.5) $K_{\text{sp}} = (3s)^3 (2s)^2$ (0.25)

$$9.90 \times 10^{-55} = 108s^5$$

$$s = 6.20 \times 10^{-12} \text{ M}$$
 (0.25)

นั่นคือ $[\text{Pb}^{2+}] = 3s = 1.86 \times 10^{-11} \text{ M}$ (0.25)

เปลี่ยนให้อยู่ในหน่วย ppb

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{1.86 \times 10^{-11} \text{ mol Pb}^{2+}}{1 \text{ L}} \times \frac{207.2 \text{ g Pb}^{2+}}{1 \text{ mol Pb}^{2+}} \times \frac{10^6 \text{ } \mu\text{g Pb}^{2+}}{1 \text{ g Pb}^{2+}}$$

mol >> g (0.25)

>> ppb (0.25)

$$= 0.00385 \text{ ppb}$$

11.3 (0.5 คะแนน) ความเข้มข้นของ Pb^{2+} ☒ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ ไม่เปลี่ยนแปลง (0.5)

11.4 (0.75 คะแนน) สูตรเคมีของสารเชิงซ้อน คือ

 $[\text{PbL}_2]$

(0.75)

ประจุผิดหัก 0.25

ไม่มี [] หัก 0.25

คำอธิบายเพิ่มเติม : รูปทรง square planar บ่งชี้ว่า coordination number = 4 แต่เป็น bidentate ligand จึงต้องใช้ 2 โมเลกุลต่อ Pb^{2+} หนึ่งไอออน และเนื่องจากในภาวะเบส dithizone แตกตัวให้ประจุ 1- (พิจารณาจาก pK_a) จึงทำให้ประจุรวมของสารเชิงซ้อนเป็น 0

11.5 (2.5 คะแนน) ปริมาตรของ dithizone =

13

mL

(0.5)

เลขนัยสำคัญผิดหัก 0.25

วิธีคำนวณ

พิจารณา	Pb^{2+}	+	2L	\rightleftharpoons	$[\text{PbL}_2]$	(0.5)
---------	------------------	---	-------------	----------------------	------------------	-------

เริ่มต้น (M)	10×10^{-6}		\times		0	
--------------	---------------------	--	----------	--	---	--

เปลี่ยนแปลง (M)	-5×10^{-6}		-10×10^{-6}		$+5 \times 10^{-6}$	
-----------------	---------------------	--	----------------------	--	---------------------	--

สมดุล (M)	5×10^{-6}		$x - 10 \times 10^{-6}$		5×10^{-6}	
-----------	--------------------	--	-------------------------	--	--------------------	--

(0.5 หรือแสดงใน K)

จากค่าคงที่สมดุล

$$K = \frac{[\text{PbL}_2]}{[\text{Pb}^{2+}][\text{L}]^2} \quad (0.25)$$

$$7.00 \times 10^7 = \frac{5 \times 10^{-6}}{[5 \times 10^{-6}][x - 10 \times 10^{-6}]^2} \quad (\text{แทนค่า } 0.25)$$

$$x = 1.3 \times 10^{-4} \text{ M}$$

ปริมาตร dithizone ที่ต้องใช้

$$= \frac{1.3 \times 10^{-4} \text{ mol dithizone}}{1 \text{ L}} \times 10 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ mL}}{0.10 \text{ mol dithizone}} \quad (0.5)$$

$$= 13 \text{ mL}$$

คำตอบข้อที่ 12 (9 คะแนน)

12.1 (1 คะแนน) สเปกตรัมดูดกลืนของรูปกรด คือ ☐ A ☒ B ☐ C ☐ D (0.5)

สเปกตรัมดูดกลืนของรูปเบส คือ ☒ A ☐ B ☐ C ☐ D (0.5)

12.2 (2.25 คะแนน)

pH	2.0	5.0	10.0
ประจุของเพปไทด์ =	+1	0	-1
pH ที่เหมาะสมที่สุด คือ	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(3 × 0.25)

(0.5) ถ้าเลือกข้ออื่นด้วย 0

เหตุผล

ที่ pH 5.0...

- methyl orange มีสีเหลืองเพราะ $\text{pH} > \text{pK}_{\text{ind}}$ (0.5)

- พอลิเพปไทด์มี N-terminal ที่ถูก protonated ทำให้มีประจุบวก เกิดแรงดึงดูดกับ sulfonate group ที่แตกตัวและมีประจุลบ (0.5)

(ถ้าไม่ได้กล่าวถึงหมู่ฟังก์ชันที่แตกตัวเกิดประจุ จะได้ 0.25)

(กรณีคำตอบ pH อื่น ต้องอธิบายให้สอดคล้องกับ pH ที่เลือก มิเช่นนั้นจะไม่ได้คะแนน)

12.3 (2.75 คะแนน)

เป็นปฏิกิริยา

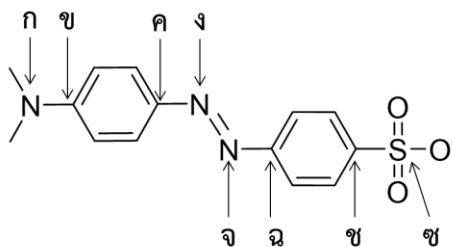


รีดักชัน



ออกซิเดชัน

(0.25)



อะตอม	ก (N)	ข (C)	ค (C)	ง (N)	จ (N)	ฉ (C)	ช (C)	ซ (S)
อะตอมที่มีสถานะออกซิเดชันเปลี่ยนแปลง	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
สถานะออกซิเดชัน <u>ก่อน</u>				-1	-1			
สถานะออกซิเดชัน <u>หลัง</u>				-3	-3			

เลือกอะตอมถูกช่องละ 0.25 ถ้าเลือกเกินหักช่องละ 0.25 (ไม่ติดลบ) //

หาสถานะออกซิเดชันช่องละ 0.5 ไม่ดูช่องอื่นที่ตอบเกินมา

เลขประจำตัวสอบ _____

12.4 (3 คะแนน) ร้อยละของ methyl orange ที่ลดลง =

33.6

(0.5)

(ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณ

หาปริมาณประจุไฟฟ้าที่ใช้ในการแยกสลายด้วยไฟฟ้าจากพื้นที่ใต้กราฟ (จะใช้วิธีเฉลี่ย กระแสไฟฟ้าก็ได้)

$$Q = \left((300)(25 - 0) + \left(\frac{1}{2}\right)(300)(90 - 25) \right) \text{ mA min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ A}}{1000 \text{ mA}} \times \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ A s}}$$

$$= 1035 \text{ C}$$

พื้นที่ใต้กราฟ

(0.5+0.5)

แปลงหน่วย (0.5)

หาจำนวนโมล methyl orange ที่เกิดปฏิกิริยา

 $C \gg \text{mol } e$

(0.25)

$$= 1035 \text{ C} \times \frac{1 \text{ mol } e^-}{96485 \text{ C}} \times \frac{1 \text{ mol methyl orange}}{4 \text{ mol } e^-} = 2.68 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

 $\gg \text{mol MO}$

(0.25)

หาจำนวนโมล methyl orange เริ่มต้น

$$= 10.0 \text{ L} \times \frac{0.797 \times 10^{-3} \text{ mol methyl orange}}{1 \text{ L}} = 7.97 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

(0.25)

$$\text{methyl orange ที่ลดลง} = \frac{2.68 \times 10^{-3} \text{ mol}}{7.97 \times 10^{-3} \text{ mol}} \times 100 \%$$

(0.25)

$$= 33.6 \%$$

คำตอบข้อที่ 13 (11 คะแนน)

13.1 (0.5 คะแนน) ค่า R_f ของสารที่ตำแหน่ง Z = 0.55 (0.5)

13.2 (0.5 คะแนน)

ค่า R_f ของสารที่ตำแหน่ง Y จะ

☐ คงที่ ☐ เพิ่มขึ้น ☒ ลดลง ☐ ทำนายไม่ได้ (0.25)

การแยกระหว่างสารที่ตำแหน่ง X และ Y จะ

☐ เหมือนเดิม ☐ แยกจากกันมากขึ้น ☒ แยกจากกันน้อยลง ☐ ทำนายไม่ได้ (0.25)

13.3 (0.25 คะแนน) สารละลาย aq1 อยู่ ☐ ชั้นบน ☒ ชั้นล่าง (0.25)

13.4 (0.25 คะแนน) TLC ไม่พบจุดสารที่ตำแหน่ง ☐ X ☐ Y ☒ Z (0.25)

13.5 (3.5 คะแนน) เลือกสารและระบุปริมาณที่ใช้

☐ H_3PO_4 ☒ $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ☒ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ☐ Na_3PO_4

	mL
5.75	g
2.22	g
	g

(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

ต้องเลือกสารถูกต้องสองชนิด (0.5) และระบุปริมาณถูกต้อง (0.25+0.25)

วิธีคำนวณ

เตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.50 ใกล้เคียงกับ $\text{pK}_{\text{a}2} = 7.20$ ($K_{\text{a}2} = 6.31 \times 10^{-8}$)จึงควรเลือกสารที่จะให้ species H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-}

จาก Henderson-Hasselbach equation

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{a}2} - \log \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} \quad \text{หรือ} \quad \text{pH} = \text{pK}_{\text{a}2} + \log \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} \quad (0.25)$$

$$6.50 = 7.20 - \log \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} \quad (0.25)$$

$$\log \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = 0.70$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = 5.01 \gg [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 5.01 [\text{HPO}_4^{2-}] \quad \text{หรือ} \quad [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 5.0 [\text{HPO}_4^{2-}] \quad (0.5)$$

$$\text{และ} \quad [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] = 0.10 \text{ M}$$

$$6.01 [\text{HPO}_4^{2-}] = 0.10 \text{ M} \quad \text{หรือ} \quad 6.0 [\text{HPO}_4^{2-}] = 0.10 \text{ M}$$

$$\text{จะได้} \quad [\text{HPO}_4^{2-}] = 0.0166 \text{ M (0.0167 M)} \quad \text{และ} \quad [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0.0834 \text{ M (0.0833 M)} \quad (0.5)$$

หากต้องการเตรียม 500 mL จะใช้

$$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = \frac{0.0166 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} \times 500 \text{ mL} \times \frac{268.0 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 2.22 \text{ g (2.2244 g/2.2378 g)} \quad (0.5)$$

$$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = \frac{0.0834 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} \times 500 \text{ mL} \times \frac{138.0 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 5.75 \text{ g (5.7546 g/5.7477 g)} \quad (0.5)$$

13.6 (1 คะแนน)

ความเข้มข้นของสารในขวด B1 =	1.20×10^{-2}	M	(0.5)
ความเข้มข้นของสารในขวด B2 =	4.80×10^{-4}	M	(0.5)

13.7 (5 คะแนน)

ปริมาณ aspirin ในยา =	243	mg/เม็ด	(1)
ปริมาณ caffeine ในยา =	61	mg/เม็ด	(1)
ปริมาณ paracetamol ในยา =	248	mg/เม็ด	(1)

(ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)

ปริมาณที่พบต้องถูกต้องและสอดคล้องกับชนิดสารเท่านั้น ใส่ปริมาณสลับที่กันไม่ให้คะแนน

วิธีคำนวณปริมาณ aspirin ในยา 1 เม็ด

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณ aspirin ในยา 1 เม็ด (คิดจากสารในขวด B1) / aspirin } C_9H_8O_4 (180.0 \text{ g/mol}) \\ &= \frac{1.20 \times 10^{-2} \text{ mol aspirin}}{1000 \text{ mL}} \times 250.00 \text{ mL flask B1} \times \frac{180.0 \text{ g}}{1 \text{ mol aspirin}} \quad (0.4) \\ & \times \frac{6.7600 \text{ g ยา 10 เม็ด}}{1.5022 \text{ g sample}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{\text{ยา 1 เม็ด}}{\text{ยา 10 เม็ด}} \quad (0.4) \\ &= 243 \text{ mg (243.0036 mg)} \end{aligned}$$

วิธีคำนวณปริมาณ caffeine ในยา 1 เม็ด (0.6)

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณ caffeine ในยา 1 เม็ด (คิดจากของแข็งที่ได้จากชั้น ethyl acetate การทดลองตอน B)} \\ &= 0.1356 \text{ g} \times \frac{6.7600 \text{ g ยา 10 เม็ด}}{1.5022 \text{ g sample}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{\text{ยา 1 เม็ด}}{\text{ยา 10 เม็ด}} \\ &= 61.0 \text{ mg (61.0209 mg)} \end{aligned}$$

วิธีคำนวณปริมาณ paracetamol ในยา 1 เม็ด (0.6)

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณ paracetamol ในยา 1 เม็ด (คิดจากของแข็งที่ได้จากชั้น aq2 การทดลองตอน B)} \\ &= 0.5511 \text{ g} \times \frac{6.7600 \text{ g ยา 10 เม็ด}}{1.5022 \text{ g sample}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{\text{ยา 1 เม็ด}}{\text{ยา 10 เม็ด}} \\ &= 248.0 \text{ mg (247.999 mg)} \end{aligned}$$