



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 19

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันอังคารที่ 23 พฤษภาคม 2566

เวลา 09.00 – 14.00 น.

เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

คำตอบข้อที่ 1 (15 คะแนน)

1.1 (2 คะแนน)

a =

2

b =

1

c =

2

d =

2

(1, ต้องถูกทั้งหมด)

ค่าคงที่สมดุล =

 1.15×10^{47}

(1)

$$\Delta G^\circ = -nFE_{\text{cell}}^\circ = -RT \ln K_{\text{eq}}$$

$$K_{\text{eq}} = \exp\left(\frac{nFE_{\text{cell}}^\circ}{RT}\right) = \exp\left(\frac{(4)(96485)(1.229 - 0.533)}{(8.314)(298.15)}\right) = 1.15 \times 10^{47}$$

1.2 (3 คะแนน)

มวลต่อโมลของ polyphenol oxidase =

 5.48×10^4

g/mol

(0.5)

จำนวน Cu^{2+} ต่อเอนไซม์หนึ่งโมเลกุล =

2

ไอออน

(0.5)

(ตอบเป็นจำนวนเต็ม)

วิธีคำนวณ

จากสมการความดันออสโมซิส $\pi = cRT$

$$c = \frac{\pi}{RT} \quad (0.25)$$

$$c = \frac{0.0679 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}}}{0.08206 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298.15 \text{ K}} \quad (0.5)$$

$$= 3.65 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \quad (0.25)$$

คำนวณมวลต่อโมล

$$\frac{\text{g enzyme}}{\text{mol enzyme}} = \frac{1.00 \times 10^{-3} \text{ g enzyme}}{5.00 \text{ mL soln}} \times \frac{1000 \text{ mL soln}}{3.65 \times 10^{-6} \text{ mol enzyme}} \quad (0.5)$$

$$= 5.4795 \times 10^4 \text{ g/mol}$$

คำนวณจำนวนไอออน Cu^{2+} ต่อโมเลกุลของเอนไซม์

$$\frac{\text{mol Cu}^{2+}}{\text{mol enzyme}} = \frac{0.46 \times 10^{-3} \text{ g Cu}^{2+}/\text{L}}{3.65 \times 10^{-6} \text{ mol enzyme/L}} \times \frac{1 \text{ mol Cu}^{2+}}{63.5 \text{ g Cu}^{2+}} \quad (0.5)$$

$$= 1.985 = 2$$

1.3 (4.5 คะแนน) ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา = 1.74×10^{13} (0.5)

วิธีคำนวณ

เขียนสมการเนิร์นสต์แสดงศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^{\circ} - \frac{0.0592}{2} \log \frac{[\text{Fe}^{2+}]^2 [\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]^2} \quad (0.75)$$

$$0.923 = (0.771 - 0.337) - \frac{0.0592}{2} \log \frac{(0.100)^2 [\text{Cu}^{2+}]}{(1.00)^2} \quad (0.75)$$

$$\log \frac{(0.100)^2 [\text{Cu}^{2+}]}{(1.00)^2} = -16.520$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = 3.02 \times 10^{-15} \text{ M} \quad (0.5)$$

จากสมดุลเคมี

	Cu^{2+}	+	EDTA^{4-}	\rightleftharpoons	$[\text{Cu-EDTA}]^{2-}$	
เริ่มต้น (M)	5.00×10^{-3}		0.100		0	
เปลี่ยนแปลง (M)	-x		-x		+x	
สมดุล (M)	3.02×10^{-15}		$0.100 - x$		x	(1)

จะเห็นว่าเหลือ $[\text{Cu}^{2+}]$ น้อยมาก นั่นคือประมาณให้ $x \approx 5.00 \times 10^{-3}$ (0.5)

$$K = \frac{[\text{Cu-EDTA}^{2-}]}{[\text{Cu}^{2+}][\text{EDTA}^{4-}]}$$

$$K = \frac{(5.00 \times 10^{-3})}{(3.02 \times 10^{-15})(0.100 - 5.00 \times 10^{-3})} \quad (0.5)$$

$$K = 1.7428 \times 10^{13}$$

1.4	(3.5 คะแนน)	มวล ascorbic acid	=	8.81	g	(0.5)
		มวล sodium ascorbate	=	29.7	g	(0.5)

วิธีคำนวณ

จาก Henderson-Hasselbach equation หรือเขียนนิพจน์แสดงค่า K_a (ให้ HA แทน ascorbic acid และ A^- แทน ascorbate)

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} \quad (0.25)$$

$$4.520 = -\log(9.06 \times 10^{-5}) + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$4.520 = 4.043 + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$\log \frac{[A^-]}{[HA]} = 0.477$$

$$\frac{[A^-]}{[HA]} = 3.00 \quad (0.5)$$

$$[A^-] = 3.00[HA]$$

และ $[A^-] + [HA] = 0.0100 \quad (0.25)$

$$4.00[HA] = 0.0100$$

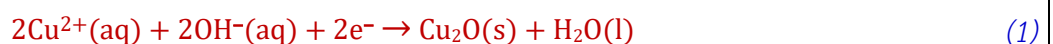
จะได้ $[HA] = 0.00250 \text{ M}$ และ $[A^-] = 0.00750 \text{ M} \quad (0.5)$

ดังนั้นจะต้องเตรียมสารละลาย 20.0 L โดยซึ่ง

$$\begin{aligned} \text{ascorbic acid} &= \frac{0.00250 \text{ mol HA}}{1 \text{ L soln}} \times \frac{176.12 \text{ g HA}}{1 \text{ mol HA}} \times 20.0 \text{ L} \\ &= 8.81 \text{ g} \end{aligned} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \text{sodium ascorbate} &= \frac{0.00750 \text{ mol NaA}}{1 \text{ L soln}} \times \frac{198.11 \text{ g NaA}}{1 \text{ mol NaA}} \times 20.0 \text{ L} \\ &= 29.7 \text{ g} \end{aligned} \quad (0.5)$$

1.5 (1 คะแนน) สมการที่ดุลของครึ่งปฏิกิริยาการเกิดตะกอนสีแดงอิฐ พร้อมระบุสถานะ



(ต้องระบุทุกสปีชีส์ถูกต้องจึงจะได้คะแนน หัก 0.25 คะแนนถ้าไม่ดุล หัก 0.25 คะแนนถ้าระบุสถานะผิดหรือไม่ระบุ)

1.6 (1 คะแนน) ปริมาณน้ำตาลในกล้วยตาก = 15.7 %w/w (1)

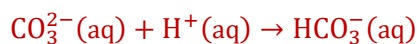
$$\frac{3.64 \times 10^{-3} \text{ mol hexose}}{1000 \text{ mL dil soln}} \times \frac{100.00 \text{ mL dil soln}}{10.00 \text{ mL soln}} \times \frac{250.00 \text{ mL soln}}{10.44 \text{ g banana}} \times \frac{180.16 \text{ g hexose}}{1 \text{ mol hexose}} \times 100\%$$

2.2 (6 คะแนน)

2.2.1 ขั้นตอนที่ 2 : การเปลี่ยนแปลงที่จุดยุติคือ จาก blue (น้ำเงิน) เป็น green (เขียว) (0.5)

สีต้องถูกต้องทั้งหมด

สมการไอออนิกสุทธิแสดงปฏิกิริยาของสารองค์ประกอบทุกชนิดที่เกิดปฏิกิริยาของการไทเทรตนี้



(0.5)



2.2.2 ขั้นตอนที่ 3 : อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม และสีที่จุดยุติ

อินดิเคเตอร์ ☐ A

☒ B

☒ C

☐ D

☐ E

สีที่จุดยุติ

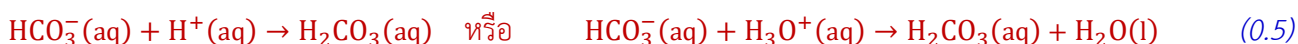
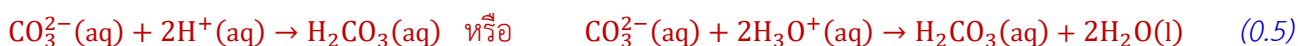
purple (ม่วง)

red (แดง)

(0.5)

ตอบ 1 ชนิด (B หรือ C) หรือทั้ง 2 ชนิดก็ได้ หักคะแนนสำหรับคำตอบที่ผิด

2.2.3 สมการไอออนิกสุทธิแสดงปฏิกิริยาของสารองค์ประกอบทุกชนิดที่เกิดปฏิกิริยาของการไทเทรตนี้



2.2.4 ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตในของผสม =

70.45

%w/w

(0.5)

ปริมาณโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตในของผสม =

28.7

%w/w

(0.5)

วิธีคำนวณ

$$\%w/w \text{ Na}_2\text{CO}_3 = \frac{13.50 \text{ mL HCl}}{25.00 \text{ mL sample soln}} \times \frac{0.1008 \text{ mol HCl}}{1000 \text{ mL HCl}} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol HCl}} \quad (0.5)$$

$$\times \frac{106.0 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} \times \frac{250.0 \text{ mL sample soln}}{2.0475 \text{ g sample}} \times 100 \quad (0.5)$$

$$= 70.45 \%w/w \quad (70.4492)$$

$$\%w/w \text{ NaHCO}_3 = \frac{\{33.95 - 2(13.50)\} \text{ mL HCl}}{25.00 \text{ mL sample soln}} \times \frac{0.1008 \text{ mol HCl}}{1000 \text{ mL HCl}} \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{1 \text{ mol HCl}} \quad (1)$$

$$\times \frac{84.0 \text{ g NaHCO}_3}{1 \text{ mol NaHCO}_3} \times \frac{250.0 \text{ mL sample soln}}{2.0475 \text{ g sample}} \times 100 \quad (0.5)$$

$$= 28.7 \%w/w \quad (28.7409)$$

2.3 (6 คะแนน)

2.3.1 ขั้นตอนที่ 3 : สมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อเติม NaOH คือ

2.3.2 ขั้นตอนที่ 3 : สมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อเติม BaCl₂ คือ

การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นคือ

เกิดตะกอน (สีขาวของ BaCO₃) (0.5)

2.3.3 ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตในของผสม =

68.91 %w/w (0.5)

ปริมาณโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตในของผสม =

30.5 %w/w (0.5)

วิธีคำนวณ

$$\text{total alkalinity} = 15.85 \text{ mL HCl} \times \frac{0.1060 \text{ mol HCl}}{1000 \text{ mL HCl}} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 \text{ \& NaHCO}_3}{1 \text{ mol HCl}} \quad (0.5)$$

$$= 0.0016801 \text{ mol} = (2 \times \text{mol Na}_2\text{CO}_3) + \text{mol NaHCO}_3$$

$$\text{mol NaOH ที่เติม} = 20.00 \text{ mL NaOH} \times \frac{0.1005 \text{ mol NaOH}}{1000 \text{ mL NaOH}} = 0.002010 \text{ mol} \quad (0.5)$$

$$\text{mol NaOH ที่เหลือ} = 15.50 \text{ mL HCl} \times \frac{0.1060 \text{ mol HCl}}{1000 \text{ mL HCl}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol HCl}} = 0.001643 \text{ mol} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \text{mol NaOH ที่ทำปฏิกิริยา} &= \text{mol NaOH ที่เติม} - \text{mol NaOH ที่เหลือ} = \text{mol NaHCO}_3 \\ &= 0.002010 - 0.001643 = 0.000367 \text{ mol} \end{aligned} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \%w/w \text{ NaHCO}_3 &= \frac{0.000367 \text{ mol NaHCO}_3}{10.00 \text{ mL sample soln}} \times \frac{84.0 \text{ g NaHCO}_3}{1 \text{ mol NaHCO}_3} \times \frac{100.00 \text{ mL sample soln}}{1.0099 \text{ g sample}} \times 100 \\ &= 30.5 \% \text{ (30.52579)} \end{aligned} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \text{mol Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{\text{total alkalinity} - \text{mol NaHCO}_3}{2} = \frac{0.0016801 - 0.000367}{2} = \frac{0.0013131}{2} \\ &= 0.00065655 \text{ mol} \end{aligned} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \%w/w \text{ Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{0.00065655 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{10.00 \text{ mL sample soln}} \times \frac{106.0 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} \times \frac{100.00 \text{ mL sample soln}}{1.0099 \text{ g sample}} \times 100 \\ &= 68.91 \% \text{ (68.91207)} \end{aligned} \quad (0.5)$$

2.4 (1 คะแนน)

ค่าจริงของปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตในของผสม = 69.48 %w/w (0.5)

วิธีคำนวณ (0.5)

$$\text{ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์} = \frac{\text{ค่าที่ได้} - \text{ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \times 100$$

นักเรียน#1 $1.4 = \frac{70.45 - x}{x} \times 100; \quad x = 69.48 \%w/w$

นักเรียน#2 $-0.82 = \frac{68.91 - x}{x} \times 100; \quad x = 69.48 \%w/w$

(แสดงวิธีคำนวณของนักเรียนคนใดคนหนึ่งก็ได้)

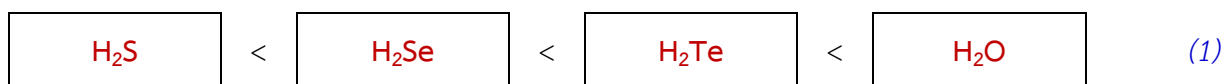
คำตอบข้อที่ 3 (10 คะแนน)

3.1 (1.5 คะแนน) ระบุธาตุหรือสารประกอบของ A B C D E และ F โดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางธาตุ

A	B	C	D	E	F
O	P	H ₃ PO ₃	P ₄ O ₁₀	Po	Bi

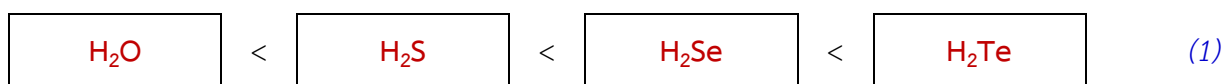
(0.25×6)

3.2 (4 คะแนน) เรียงลำดับสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารพร้อมระบุปัจจัยที่ทำให้เกิดแนวโน้มดังกล่าว

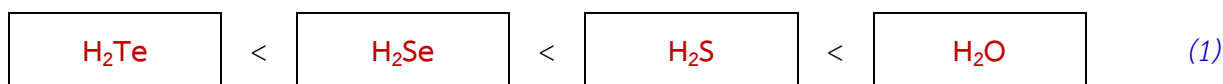
3.2.1 จุดเดือดของ H₂Xเพราะ ☒ พันธะไฮโดรเจน☐ รัศมีอะตอมของ X☒ มวลอะตอมของ X☐ ความแข็งแรงของพันธะ☐ จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

(0.25+0.25)

3.2.2 ความยาวพันธะ X-H

เพราะ ☐ พันธะไฮโดรเจน☒ รัศมีอะตอมของ X☐ มวลอะตอมของ X☐ ความแข็งแรงของพันธะ☐ จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

(0.25)

3.2.3 pK_{a1} ของ H₂Xเพราะ ☐ พันธะไฮโดรเจน☒ รัศมีอะตอมของ X☐ มวลอะตอมของ X☒ ความแข็งแรงของพันธะ☐ จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

(0.25)

ลำดับต้องถูกต้องทั้งหมดจึงจะได้ 1 คะแนน // ถ้าตอบเหตุผลเกิน หัก 0.25 คะแนน (ไม่ติดลบ)

3.3 (2 คะแนน) ระบุค่า x และ n ของโมเลกุลหรือไอออน TeF_n^x ที่มีรูปร่างต่าง ๆ

(0.5×4)

	T-shaped	trigonal planar	tetrahedral	trigonal bipyramidal
x	-1	+3	+2	+1
n	3	3	4	5

แต่ละรูปร่าง 0.5 คะแนน ต้องถูกต้องทั้ง x และ n

3.4 (2.5 คะแนน)

3.4.1 ชนิดของฟลูออรีน =

2

ชนิด

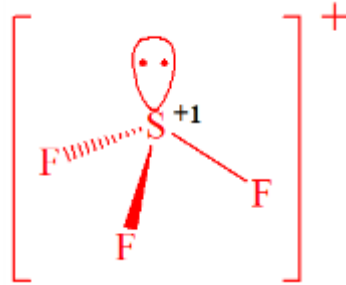
รูปร่างเป็น

trigonal pyramidal

(0.25)

(0.25)

โครงสร้างลิวอิสของ
ไอออนบวกที่ระบุ
formal charge
ของ S



โครงสร้าง 0.5 คะแนน

ต้องระบุประจุบวก (0.75)

formal charge 0.25 คะแนน

3.4.2 ชนิดของฟลูออรีน =

2

ชนิด

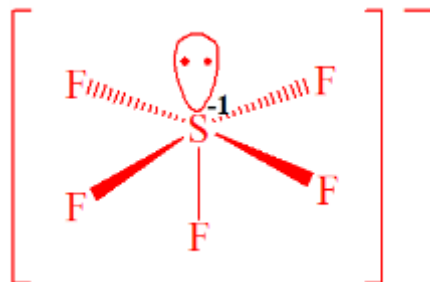
รูปร่างเป็น

square pyramidal

(0.25)

(0.25)

โครงสร้างลิวอิสของ
ไอออนลบที่ระบุ
formal charge
ของ S



โครงสร้าง 0.5 คะแนน

ต้องระบุประจุลบ (0.75)

formal charge 0.25 คะแนน

คำตอบข้อที่ 4 (10 คะแนน) ตอบคำถามโดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางธาตุ เขียนชื่อสารด้วยตัวอักษรอังกฤษ

4.1 (2 คะแนน) ทำเครื่องหมายกากบาท X ในระบบที่ไม่เกิด JTD

		d ¹	d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	d ⁶	d ⁷	d ⁸	d ⁹	
octahedral	high spin			X		X			X		(0.5)
	low spin			X			X		X		(0.5)
tetrahedral	high spin		X			X		X			(0.5)
	low spin		X		X			X			(0.5)

แถวละ 0.5 คะแนน ต้องถูกทั้งแถว

4.2 (1 คะแนน)

การจัดอิเล็กตรอนแบบย่อของ M

[Ar] 4s¹ 3d¹⁰

(1)

4.3 (0.5 คะแนน)

สารเชิงซ้อนที่อาจมี geometrical isomer คือ ☐ ไม่มี ☐ C ☒ E ☐ G

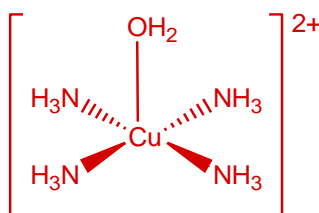
(0.5)

4.4 (2.5 คะแนน) สูตรของสารเชิงซ้อน E แผนภาพแสดงระดับพลังงานที่เติมอิเล็กตรอนและระบุชนิดของออร์บิทัล

สูตร	แผนภาพระดับพลังงาน
[Cu(NH ₃) ₄ (H ₂ O) ₂] ²⁺ (1)	<p>(1.5)</p> <p>(e⁻ 0.5 คะแนน orbital 1 คะแนน) วาดแบบหัดเข้าได้ แต่ออร์บิทัลต้องตรง</p>

4.5 (1 คะแนน)

โครงสร้าง
สารเชิงซ้อน
ในของแข็ง F
ที่แสดง JTD



พันธะน้ำต้องยาวกว่า

ถ้าไม่ยาวกว่าหัก (1)

0.5 คะแนน

4.6 (2 คะแนน) ชื่อและรูปร่างของสารเชิงซ้อน G

ชื่อ

tetrachloridocuprate(II)

(1)

รูปร่าง

flattened tetrahedral (เนื่องจากเกิด JTD ได้)

ให้คะแนนเมื่อตอบ Td ที่ไม่สมบูรณ์ หรือ distorted เพราะเกิด JTD
หากตอบแค่ Td ให้ 0.5 คะแนน

(1)

4.7 (1 คะแนน)

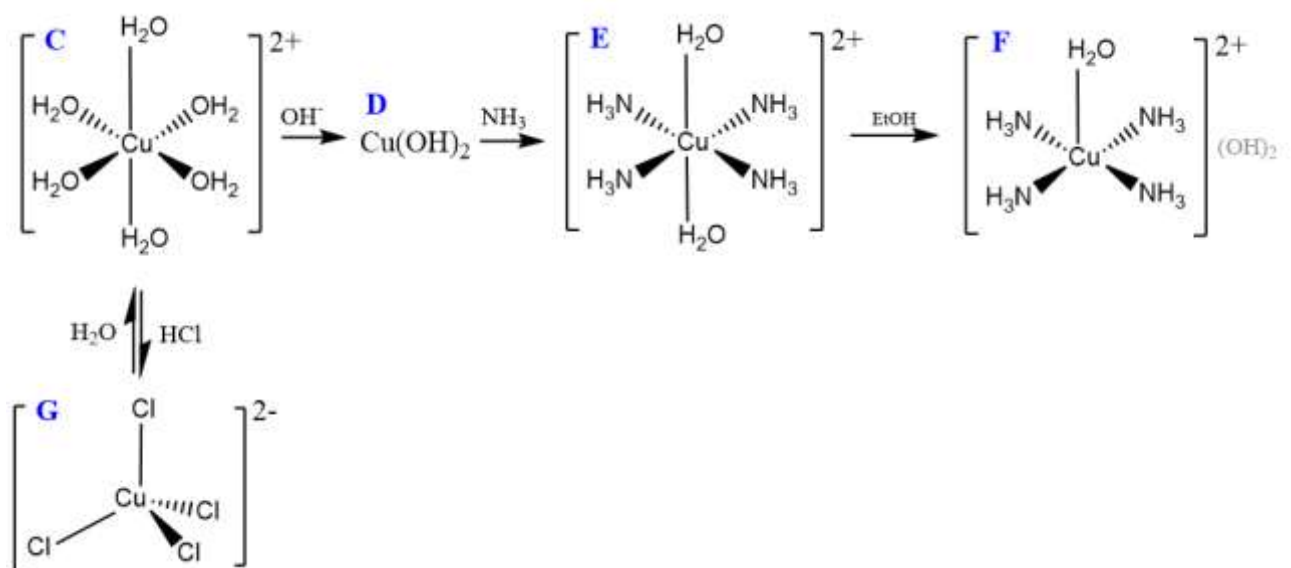
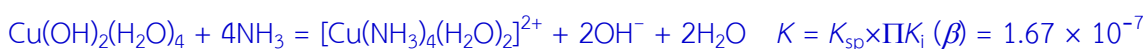
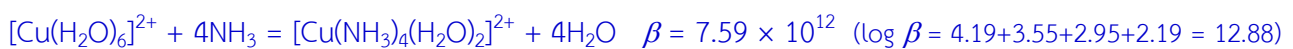
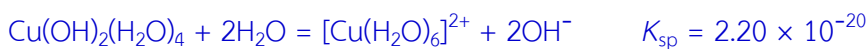
การเตรียม Schweizer's reagent มีค่าคงที่ =

$$1.67 \times 10^{-7}$$

(1)

$$K_{sp} \times \prod K_i (\beta) = (2.20 \times 10^{-20}) \times (7.59 \times 10^{12})$$

แนวคิด ตัวที่เกิด JTD ได้ มีอิเล็กตรอนใน t_{2g}/e_g หรือ e/t_2 ที่ไม่สมมาตร จากข้อ 4.1 M ที่เป็นไปได้จะเหลือแค่ d^1 หรือ d^9 เท่านั้น เนื่องจากเป็น M^{2+} (MSO_4) จึงควรเป็น Cu // C คือ $CuSO_4$ ในน้ำ $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$; D คือ ตะกอนไฮดรอกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ $Cu(OH)_2$; E มีค่า K_i 4 ค่า แสดงว่ามีแอมโมเนียเป็นลิแกนด์ 4 ตัว เมื่อเป็นของแข็ง F มีมวลลดลง (ลิแกนด์หายไป) และมีความยาวพันธะ 2 ค่า แสดงว่าเป็น square pyramid ดังนั้น E เป็น Oh และเกิด JTD แบบยืดออก F เป็น sq py; G chloride cpx ควรเป็น Td และเกิด JTD (Cl^- ตัวใหญ่ เกิด Oh ไม่ได้) // Schweizer's reagent คือ $[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2](OH)_2$ ส่วนของสารเชิงซ้อนเหมือน E หรือ $[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}$



คำตอบข้อที่ 5 (10 คะแนน)

5.1 (6 คะแนน)

5.1.1 สปีชีส์ที่เสถียรที่สุด

ในกรด คือ



ในเบส คือ



(0.5+0.5)

5.1.2 สปีชีส์ที่เกิดปฏิกิริยา disproportionation ได้ในสารละลายเบสคือ (คำตอบที่ไม่ถูกต้องจะถูกหักคะแนน)

☐ X☐ X^{2+} ☐ X^{3+} ☐ XO_2 ☐ $X(OH)_2$ ☐ $X(O)OH$ ☒ ไม่มี

(0.5)

เหตุผลประกอบ

เหตุผล 1 – เปรียบเทียบค่าศักย์รีดักชัน E° ของคู่ปฏิกิริยาด้านซ้ายและขวา สปีชีส์ที่เกิด disproportionation ได้ค่า

$$E^\circ_{\text{ซ้าย}} > E^\circ_{\text{ขวา}}$$

เหตุผล 2 – เปรียบเทียบความชันด้านซ้ายและขวา สปีชีส์ที่เกิด disproportionation ได้ $\text{slope}_{\text{ซ้าย}} > \text{slope}_{\text{ขวา}}$ เหตุผล 3 – ลากเส้นเชื่อมระหว่าง 2 สปีชีส์ใด ๆ ตัวที่อยู่เหนือเส้นเชื่อมนั้นจะเกิด disproportionation ได้

(0.5) อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องเหตุผลใดเหตุผลหนึ่ง

5.1.3 สมการที่ดุลของครึ่งปฏิกิริยาในสารละลายเบส



(1)

 $E^\circ =$ -0.66

V

(0.25)

(ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

วิธีคำนวณค่า E°

$$E^\circ = \text{slope ระหว่าง } X(O)OH \text{ และ } X$$

$$= (-1.966 - 0) / (3 - 0)$$

$$= -0.66 \text{ V}$$

(0.5)

5.1.4

 K_1 มีค่าเป็น

$$1.6 \times 10^{27}$$

เท่าของ K_2

(0.5)

(ตอบในรูป $a.b \times 10^n$)

วิธีคำนวณ

$X^{3+} + 3 \text{ bipy} \rightleftharpoons [X(\text{bipy})_3]^{3+}$	K_1	$\Delta G^\circ_1 = -RT \ln K_1$	(0.5)
$X^{2+} + 3 \text{ bipy} \rightleftharpoons [X(\text{bipy})_3]^{2+}$	K_2	$\Delta G^\circ_2 = -RT \ln K_2$	
$X^{3+} + e^- \rightleftharpoons X^{2+}$	$E^\circ = 1.356 - (-0.564)$ $= 1.920 \text{ V}$	$\Delta G^\circ_3 = -nFE^\circ$ $= -(1.920 \text{ V}) F$	(0.25) (0.5)
$[X(\text{bipy})_3]^{3+} + e^- \rightleftharpoons [X(\text{bipy})_3]^{2+}$	$E^\circ = 0.310 \text{ V}$	$\Delta G^\circ_4 = -(0.310 \text{ V}) F$	

Hess's law:

$$\Delta G^\circ_1 + \Delta G^\circ_4 - \Delta G^\circ_2 - \Delta G^\circ_3 = 0 \quad (0.5)$$

$$(-RT \ln K_1) + (-0.310 F) - (-RT \ln K_2) - (-1.920 F) = 0$$

$$(RT \ln K_1) - (RT \ln K_2) = (-0.310 + 1.920 \text{ V}) F$$

$$RT \ln \frac{K_1}{K_2} = (1.610 \text{ V}) F$$

$$\ln \frac{K_1}{K_2} = \frac{(1.610 \text{ V}) F}{RT}$$

แทนค่า $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $T = 298.15 \text{ K}$, $F = 96,485 \text{ C mol}^{-1}$

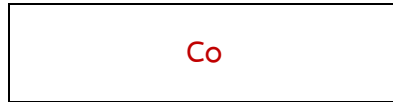
$$\ln \frac{K_1}{K_2} = \frac{(1.610 \text{ V})(96,485 \text{ C mol}^{-1})}{(8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(298.15 \text{ K})} = 62.67$$

$$\frac{K_1}{K_2} = e^{62.67} = 1.6445754 \times 10^{27} \sim 1.6 \times 10^{27}$$

5.2 (4 คะแนน)

5.2.1

ธาตุ X คือ



(0.25)

(ตอบโดยใช้สัญลักษณ์ตามตารางธาตุ)

วิธีคิด

โครงสร้างแบบ rock salt ที่ไอออนบวกและไอออนลบเรียงชิดติดกัน

$$\begin{aligned} \text{ความยาวด้านหน่วยเซลล์ (a)} &= 2(r^+ + r^-) = 2(73 + 140) \\ &= 426 \text{ pm} = 426 \times 10^{-10} \text{ cm} \end{aligned} \quad (0.5)$$

โครงสร้างแบบ rock salt ใน 1 หน่วยเซลล์มี X^{2+} และ O^{2-} อยู่ชนิดละ 4 ไอออน

ถ้ามวลอะตอมของธาตุ X = x

$$\text{หน่วยเซลล์มีมวล (m)} = 4(x + 16.0) / (6.022 \times 10^{23}) \text{ g}$$

$$\text{หน่วยเซลล์มีปริมาตร (V)} = a^3 = (426 \times 10^{-10} \text{ cm})^3 = 7.73 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

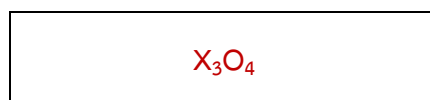
$$XO \text{ มีความหนาแน่น (d)} = 6.45 \text{ g cm}^{-3}$$

$$d = \frac{m}{V} = \frac{m}{a^3} = (4)(x+16.0) \left(\frac{1}{6.022 \times 10^{23}} \right) \left(\frac{1}{426 \times 10^{-10}} \right)^3 = 6.45 \quad (\text{วงเล็บละ } 0.25 \times 4 = 1 \text{ คะแนน})$$

$$x = 59.07 \quad (0.25)$$

มวลอะตอม $\sim 59 \Rightarrow$ ธาตุที่น่าจะเป็นไปได้ที่สุด คือ Co (58.9)

5.2.2 สูตรเอมพิริคัลของสารประกอบนี้ คือ



(1)

5.2.3 เลขโคออร์ดิเนชันของ Li คือ



ของ X คือ



(0.5+0.5)

คำตอบข้อที่ 6 (10 คะแนน)

6.1 (1 คะแนน)

$$\text{ประจุของ } u = \boxed{+2/3} e \quad (0.25) \quad \text{ประจุของ } d = \boxed{-1/3} e \quad (0.25)$$

วิธีคำนวณ

$$\text{ตั้งสมการ } 2u + d = 1 \text{ และ } u + 2d = 0 \quad (0.2)$$

$$\text{แก้สมการโดยนำสมการแรกไปคูณด้วย 2 ได้เป็น } 4u + 2d = 2 \quad (0.2)$$

$$\text{ดังนั้น } 3u = 2 \text{ ทำให้ } u = +2/3 (e) \text{ เพราะฉะนั้น } d = -1/3 (e) \quad (0.1)$$

$$6.2 \quad (0.5 \text{ คะแนน}) \quad \text{ประจุของ } \Delta^{++} = \boxed{+2} e \quad (0.5)$$

$$6.3 \quad (1.5 \text{ คะแนน}) \quad \text{มวลของโปรตอน} = \boxed{938.8} \text{ MeV}/c^2 \quad (0.25)$$

วิธีคำนวณ

สร้างแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย (conversion factor) โดยเริ่มต้นจาก

$$1 \text{ MeV} = 1.602 \times 10^{-13} \text{ J} = 1.602 \times 10^{-13} \text{ N m} = 1.602 \times 10^{-13} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ เพราะฉะนั้น} \quad (0.25)$$

$$1 \text{ MeV}/c^2 = \frac{1.602 \times 10^{-13} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}}{(2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2} = 1.782 \times 10^{-30} \text{ kg} \quad (0.25)$$

$$\text{ดังนั้น โปรตอนมีมวล} = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg} \times \frac{1 \text{ MeV}/c^2}{1.782 \times 10^{-30} \text{ kg}} = 938.8 \text{ MeV}/c^2 \quad (0.25)$$

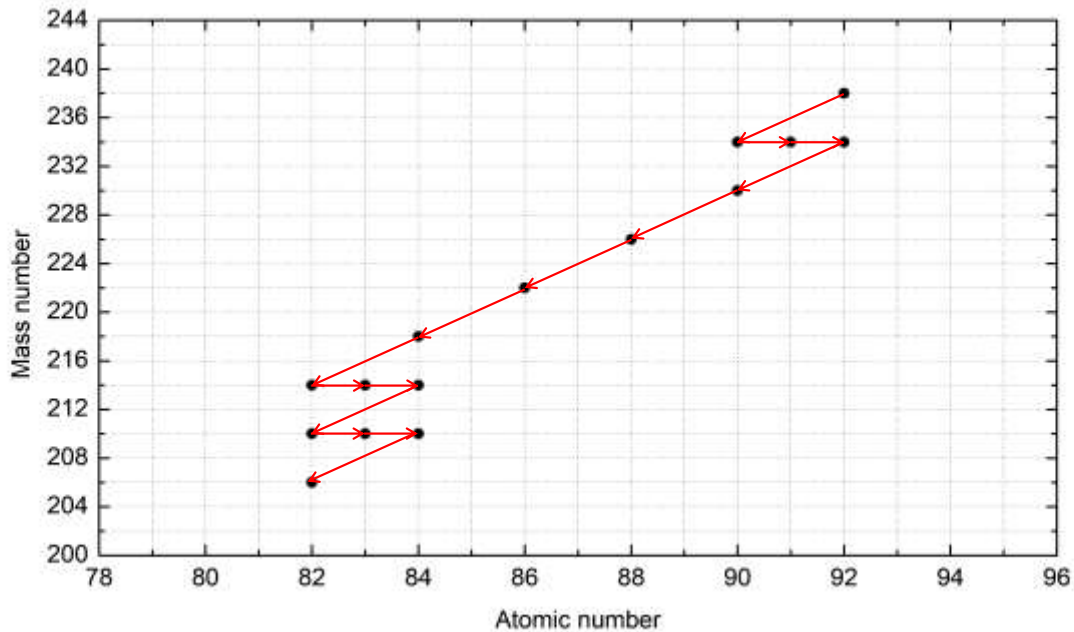
$$\text{พลังงานยึดเหนี่ยวของโปรตอน} = \boxed{929.7} \text{ MeV} \quad (0.25)$$

วิธีคำนวณ

$$\text{พลังงานยึดเหนี่ยวของโปรตอน} = \Delta mc^2 = ((938.8 - 2 \times 2.2 - 4.7) \text{ MeV}/c^2) \times c^2 = 929.7 \text{ MeV} \quad (0.25)$$

หมายเหตุ เมื่อเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้ข้างต้นกับพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (binding energy per nucleon) ที่ยึดเหนี่ยวให้นิวคลีออนอยู่ด้วยกันภายในนิวเคลียส (มีค่าสูงสุดประมาณ 9 MeV) จะเห็นได้ว่า พลังงานที่ยึดเหนี่ยวให้ควาร์กอยู่รวมกันเป็นอนุภาคโปรตอนมีค่าสูงกว่าเป็น 100 เท่า

6.4 (1.5 คะแนน)



- วาดลูกศรถูกต้อง คือ การสลายให้อนุภาคแอลฟาแทนด้วยลูกศรทแยงไปทางซ้ายล่าง และการสลายให้อนุภาคบีตาแทนด้วยลูกศรชี้ไปทางขวา 0.5 คะแนน
- รายละเอียดถูกต้องครบถ้วน 0.75 คะแนน (ถ้ารายละเอียดผิดหักจุดละ 0.25 คะแนน)

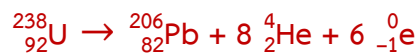
สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของนิวไคลด์ X คือ



(0.25)

6.5 (1.5 คะแนน)

สมการนิวเคลียร์รวม คือ



(0.5)

ครึ่งชีวิตของสมการนิวเคลียร์รวม =

$$4.5 \times 10^9$$

หน่วย

ปี

(0.5)

ข้อสมมติ (assumption) ในการตอบ

เป็นชั้นที่เกิดซ้ำที่สุด (หรือที่เรียกว่า ชั้นกำหนดอัตรา)

(0.5)

6.6 (1.5 คะแนน) ศิลาแลงนี้มีอายุ =

34

☐ พันล้านปี

☒ ล้านปี

☐ พันปี

(0.5)

(ตอบเป็นจำนวนเต็มตั้งแต่ 1-999)

วิธีคำนวณ

$$\text{จาก } \ln \frac{N_t}{N_0} = -\lambda t = -\left(\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\right) t = -\left(\frac{\ln 2}{4.5 \times 10^9 \text{ years}}\right) t \quad (0.25)$$

ถ้าทราบอัตราส่วนโดยอะตอมของ U-238 ในเวลาปัจจุบันเทียบกับในเวลาเริ่มต้น (ตอนที่หินเกิดขึ้น) จะสามารถคำนวณอายุของศิลาแลงได้

เนื่องจาก X ที่เกิดขึ้นมีที่มาจากสลายตัวของ U-238 ดังนั้น

จำนวนอะตอมของ U-238 ในเวลาเริ่มต้น (N_0)

$$= \text{จำนวนอะตอมของ U-238 ในเวลาปัจจุบัน } (N_t) + \text{จำนวนอะตอมของ X ในเวลาปัจจุบัน} \quad (0.25)$$

$$\text{เนื่องจาก } \frac{\text{จำนวนอะตอมของ X ในเวลาปัจจุบัน}}{\text{จำนวนอะตอมของ U-238 ในเวลาปัจจุบัน } (N_t)} = 0.0052 \quad (0.25)$$

ดังนั้น จำนวนอะตอมของ X ในเวลาปัจจุบัน = $0.0052N_t$

และ จำนวนอะตอมของ U-238 ในเวลาเริ่มต้น (N_0) = $N_t + 0.0052N_t = 1.0052N_t$

$$\text{เพราะฉะนั้น } \ln \frac{N_t}{N_0} = \ln \frac{N_t}{1.0052N_t} = \ln \frac{1}{1.0052} = -\left(\frac{\ln 2}{4.5 \times 10^9 \text{ years}}\right) t \quad (0.25)$$

$$t = \left(\frac{4.5 \times 10^9 \text{ years}}{\ln 2}\right) \ln(1.0052) = 3.4 \times 10^7 \text{ years}$$

(ถ้าใช้ค่าครึ่งชีวิต “ 1.0×10^6 ปี” จะได้ $t = (1.0E6)/\ln(2) * \ln(1.0052) = 7483 \text{ ปี} \approx 7,000 \text{ ปี}$)

* ในกรณีที่ข้อ 6.5 หากครึ่งชีวิตของสมการนิวเคลียร์รวมได้ แต่ข้อ 6.6 ค่า 1.0×10^6 ปี จะได้เฉพาะคะแนนวิธีคำนวณเท่านั้น

6.7 (1.5 คะแนน)

$t_{1/2, \text{ total}} =$

1

☒ พันล้านปี

☐ ล้านปี

☐ พันปี

(0.5)

(ตอบเป็นจำนวนเต็มตั้งแต่ 1-999)

วิธีคำนวณ

เนื่องการสลายตัวเกิดขึ้นได้ 2 เส้นทาง ดังนั้น $k_{\text{total}} = k_1 + k_2 \quad (0.5)$

$$\text{เพราะฉะนั้น } \frac{\ln 2}{t_{1/2, \text{ total}}} = \frac{\ln 2}{t_{1/2, 1}} + \frac{\ln 2}{t_{1/2, 2}}$$

$$\frac{1}{t_{1/2, \text{ total}}} = \frac{1}{t_{1/2, 1}} + \frac{1}{t_{1/2, 2}} = \frac{1}{1.40 \times 10^9 \text{ years}} + \frac{1}{1.17 \times 10^{10} \text{ years}} \quad (0.25)$$

$$t_{1/2, \text{ total}} = 1.25 \times 10^9 \text{ years} \approx 1 \times 10^9 \text{ years} \quad (0.25)$$

6.8 (1 คะแนน) เหตุที่ไม่เลือกใช้ K-Ca

Ca เป็นธาตุที่มักพบได้ในหิน (พื้นผิวโลก) นั่นคือปริมาณ Ca ที่วัดได้อาจมีที่มาจากหลายแหล่ง (ไม่ได้มาจากการสลายตัวของ K-40 เท่านั้น)

(1.0)

คำตอบข้อที่ 7 (10 คะแนน)

7.1 (3 คะแนน) อิเล็กตรอนมีอัตราเร็วเป็น 0.480 เท่าของอัตราเร็วแสง (0.5)

มีความยาวคลื่นของเดอบรอยล์ = 5.05×10^{-3} nm (0.5)

(ตอบในรูป $a.bc \times 10^n$)

วิธีคำนวณ

ความกว้างหน้าต่างเท่ากับ 5 สอก 1 คืบ 5 นิ้ว หรือ $2.5 + 0.25 + 0.125 = 2.875$ m (0.6)

อิเล็กตรอนใช้เวลา 20.0 ns ในการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามความกว้างหน้าต่าง

ดังนั้น อัตราเร็วของอิเล็กตรอน เท่ากับ $\frac{2.875 \text{ m}}{20.0 \times 10^{-9} \text{ s}} = 1.44 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (0.4)

ซึ่งคิดเป็น $\frac{1.44 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}} = 0.480$ เท่าของอัตราเร็วแสง (0.2)

ความยาวคลื่นของเดอบรอยล์ เท่ากับ

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})}{(9.109 \times 10^{-31} \text{ kg})(1.44 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})} \left(\frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} \right) \quad (0.8)$$

$$\lambda = 5.05 \times 10^{-3} \text{ nm}$$

7.2 (1.5 คะแนน) ความคลาดเคลื่อนของการวัดตำแหน่งคือ ≥ 0.40 nm (0.5)

เครื่องหมาย 0.1
ตัวเลข 0.4

วิธีคำนวณ

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

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

จะได้

$$(\Delta x)(9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}) \left(\frac{0.10}{100} \right) \times (1.44 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}) \geq \left(\frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}}{4\pi} \right) \quad (1.0)$$

วงเล็บละ 0.2

7.3 (2 คะแนน) โฟตอนดังกล่าวมีความยาวคลื่น = 459 nm (0.5)

วิธีคำนวณ

จาก $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$

จะได้ $(2.70 \text{ eV}) \left(\frac{1.602 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} \right) = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})(2.998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})}{\lambda}$ (0.5)
 วงเล็บละ 0.1

$\lambda = 4.59 \times 10^{-7} \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} \right) = 459 \text{ nm}$

อธิบายกระบวนการเกิดสีของทองคำ

- ทองคำดูดกลืนพลังงานแสงที่มีความยาวคลื่น 459 nm (0.25)
- สีทองของทองคำเกิดเมื่อทองคำวางอยู่ภายใต้แสงขาว (ความยาวคลื่น 360–720 nm) (0.25)
- แสงที่มีความยาวคลื่นอื่นนอกเหนือจาก 459 nm จะถูกทองคำสะท้อนออกไป (0.25)
- จากวงล้อสี สีเหลืองทอง (สีตรงข้ามของความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืน) จึงปรากฏแก่สายตา (0.25)

7.4 (1 คะแนน) อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจาก 5d orbital ไปยัง 6s orbital (0.5) (0.5)

7.5 (1 คะแนน) อะตอมทองคำมีอิเล็กตรอนเดี่ยว 1 ตัว (0.5)

โลหะทองคำมีสมบัติแม่เหล็กแบบ ☒ diamagnetic ☐ paramagnetic (0.5)

7.6 (1.5 คะแนน) พลังงานที่สอดคล้องเท่ากับ 2.38 eV (0.5)

วิธีคำนวณ

อนุภาคมีสีแดงความยาวคลื่น 720 nm นั่นคืออนุภาคดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 520 nm (0.5)

พลังงานที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนระดับพลังงานคิดได้จาก $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$

จะได้ $\Delta E = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})(2.998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})}{(520 \text{ nm}) \times \left(\frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} \right)}$ (0.5)
 วงเล็บละ 0.1

$\Delta E = 3.82 \times 10^{-19} \text{ J} \left(\frac{1 \text{ eV}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ J}} \right)$

$\Delta E = 2.38 \text{ eV}$

คำตอบข้อที่ 8 (10 คะแนน)

8.1 (2 คะแนน) พลังงานเสรีกิ๊บส์มาตรฐาน ($\Delta_r G^\circ$) มีค่าเท่ากับ

+2.8560

kJ mol⁻¹

(0.5)

วิธีคำนวณ

เครื่องหมายผิด -0.25 นัยสำคัญผิด -0.25



(-)

(0.5)

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_f H^\circ(\beta\text{-HgS}) - \Delta_f H^\circ(\alpha\text{-HgS}) = (-53.5552) - (-58.1576) \text{ kJ mol}^{-1} = +4.6024 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S^\circ = S^\circ(\beta\text{-HgS}) - S^\circ(\alpha\text{-HgS}) = 88.2824 - 82.4248 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = +5.8576 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ = (+4.6024 \text{ kJ mol}^{-1}) - (298.15 \text{ K})(5.8576 \times 10^{-3} \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1})$$

(0.5)

$$= +2.8560 \text{ kJ mol}^{-1}$$

1.74644344

สาเหตุของการคล้ำสี



น่าจะเกิด



ไม่น่าจะเกิด

จากการเปลี่ยนวิญญภาคของ HgS

(0.25)

เหตุผลประกอบ

(0.25)

เนื่องจากค่า $\Delta_r G(\alpha \rightarrow \beta) > 0$ กระบวนการเปลี่ยนวิญญภาคจึงไม่ thermodynamically feasible

8.2 (2.5 คะแนน) สีของตะกอนที่เกิดขึ้น คือ



สีดำ

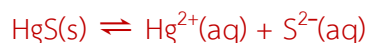


สีแดง

(0.5)

วิธีคำนวณ

เดาถูกโดยไม่แสดงวิธีคำนวณหรือคำนวณไม่ถูกต้อง ให้เพียง 0.25



(0.5)

 $\alpha\text{-HgS}$

$$\Delta_{\text{sol}} H^\circ = \Delta_f H^\circ(\text{Hg}^{2+}, \text{aq}) + \Delta_f H^\circ(\text{S}^{2-}, \text{aq}) - \Delta_f H^\circ(\text{HgS}, \alpha)$$

$$= 170.2 + 41.8 - (-58.1576) \text{ kJ mol}^{-1} = +270.2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sol}} S^\circ = S^\circ(\text{Hg}^{2+}, \text{aq}) + S^\circ(\text{S}^{2-}, \text{aq}) - S^\circ(\text{HgS}, \alpha)$$

$$= (-36.2) + 22.0 - (82.4248) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = -96.6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

H, S, G รวมกัน

$$\Delta_{\text{sol}} G^\circ = \Delta_{\text{sol}} H^\circ - T \Delta_{\text{sol}} S^\circ$$

(0.5)

$$= 270.2 \text{ kJ mol}^{-1} - (298.15 \text{ K})(-96.6 \times 10^{-3} \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) = +299.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$K_{\text{sp}} = \exp -[\Delta_{\text{sol}} G^\circ / RT]$$

(0.5)

$$= \exp -[(299.0 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1}) / (8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(298.15 \text{ K})] = 4.2 \times 10^{-53}$$

(0.25)

 $\beta\text{-HgS}$

$$\Delta_{\text{sol}} H^\circ = 170.2 + 41.8 - (-53.5552) \text{ kJ mol}^{-1} = +265.6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sol}} S^\circ = (-36.2) + 22.0 - (88.2824) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = -102.5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta_{\text{sol}} G^\circ = 265.6 \text{ kJ mol}^{-1} - (298.15 \text{ K})(-102.5 \times 10^{-3} \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) = +296.1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$K_{\text{sp}} = \exp -[(296.1 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1}) / (8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(298.15 \text{ K})] = 1.3 \times 10^{-52}$$

(0.25)

8.3 (2 คะแนน) ตะกอนจะเกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

0

ms

(0.25)

(ตอบเป็นจำนวนเต็ม)

สมมติฐานที่ใช้

1. สมมติให้ H_2S ที่พ่นลงไป แยกตัวอยู่ในรูปของ S^{2-} ทั้งหมด
2. ปฏิกิริยาการตกตะกอนของ Hg^{2+} กับ S^{2-} เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว
Diffusion control > Activation control
- 3.

(2×0.25)

วิธีคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของ } \text{Hg}^{2+} \text{ ในสารละลาย} = \frac{0.10 \times 10^{-6} \text{ g}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{324.6 \text{ g}} = 3.1 \times 10^{-10} \text{ M}$$

(0.5)

จะเกิดตะกอนขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ $[\text{Hg}^{2+}][\text{S}^{2-}] = K_{\text{sp}} \approx 1.6 \times 10^{-52}$

ดังนั้น $[\text{S}^{2-}] \approx 5.2 \times 10^{-43} \text{ M}$

(0.25)

$$\text{อัตราการเพิ่มขึ้นของ } [\text{S}^{2-}] = \frac{1.7 \times 10^{-6} \text{ g hr}^{-1}}{5.0 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{34.1 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 2.8 \times 10^{-12} \text{ M s}^{-1}$$

(0.5)

ดังนั้น ตะกอนดำของ HgS เกิดขึ้นทันที $(= 5.2 \times 10^{-43} \text{ M} / 2.8 \times 10^{-12} \text{ M s}^{-1} = 1.9 \times 10^{-31} \text{ s})$

8.4 (1.5 คะแนน) ทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง

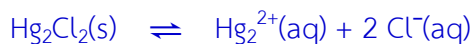
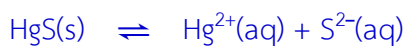
(tick ถูก/ผิด +/-0.5 คะแนน)

- ☒ เมื่อปฏิกิริยา disproportionation เข้าสู่สมดุลแล้ว จะมี Hg_2^{2+} อยู่ในน้ำมากกว่า
- ☐ เมื่อปฏิกิริยา disproportionation เข้าสู่สมดุลแล้ว จะมี Hg^{2+} อยู่ในน้ำมากกว่า
- ☒ การเติม S^{2-} ทำให้เกิด disproportionation โดยสมบูรณ์ได้
- ☐ การเติม S^{2-} ไม่ทำให้เกิด disproportionation
- ☐ การเติม Cl^- ทำให้เกิด disproportionation โดยสมบูรณ์ได้
- ☒ การเติม Cl^- ไม่ทำให้เกิด disproportionation
- ☒ หากตั้งต้นด้วย S^{2-} และ Cl^- ปริมาณเท่ากัน จะเกิด disproportionation มากขึ้นเพื่อเข้าสู่สมดุล
- ☐ หากตั้งต้นด้วย S^{2-} และ Cl^- ปริมาณเท่ากัน จะเกิด disproportionation น้อยลงเพื่อเข้าสู่สมดุล

(0.5)

(0.5)

(0.5)



$$E^\circ_{\text{dis}} = -0.0655 \text{ V}; \Delta_{\text{dis}}G^\circ = +12.6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$K_{\text{dis}} = [\text{Hg}^{2+}]/[\text{Hg}_2^{2+}] = 6.20 \times 10^{-3}$$

$$K_{\text{sp}}(\text{HgS}) = [\text{Hg}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 4.2 \times 10^{-53}$$

$$K_{\text{sp}}(\text{Hg}_2\text{Cl}_2) = [\text{Hg}_2^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = 1.1 \times 10^{-18}$$

$$K = \frac{K_{\text{dis}} \cdot K_{\text{sp}}(\text{Hg}_2\text{Cl}_2)}{K_{\text{sp}}(\text{HgS})} = \frac{[\text{Cl}^-]^2}{[\text{S}^{2-}]}$$

$$= \frac{(6.20 \times 10^{-3})(1.1 \times 10^{-18})}{(4.2 \times 10^{-53})} = 1.6 \times 10^{32}$$

8.5 (1 คะแนน) คำอธิบายที่ทำให้เชื่อว่า mercurous ion ปรากฏในรูปอะตอมคู่ตามธรรมชาติ

โครงสร้างอิเล็กตรอนของ $_{80}\text{Hg}$ คือ $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2$

(electron configuration 0.5)

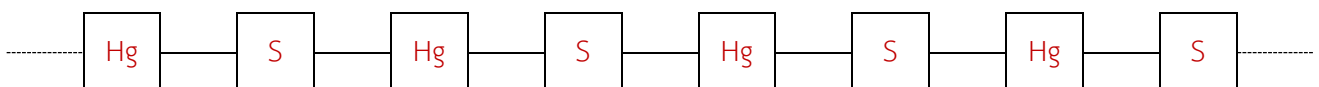
หาก mercury(I) เป็น univalent ในลักษณะของ Hg^+ จะมี unpaired electron ที่ 6s-orbital Hg^+ สองไอออนจึงต้องใช้ 6s electron ในการสร้างพันธะ $\text{Hg}-\text{Hg}$ ทำให้อิเล็กตรอนเข้าคู่สปีน

(0.5)

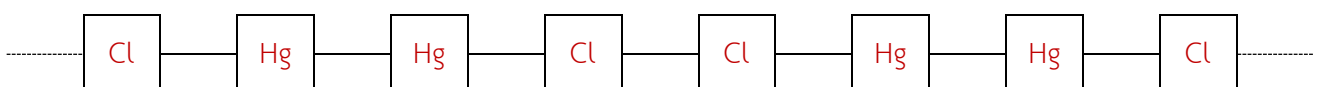
8.6 (1 คะแนน) ลำดับของอะตอมในสายโซ่

สายโซ่ของผลึก $\alpha\text{-HgS}$

(0.5)

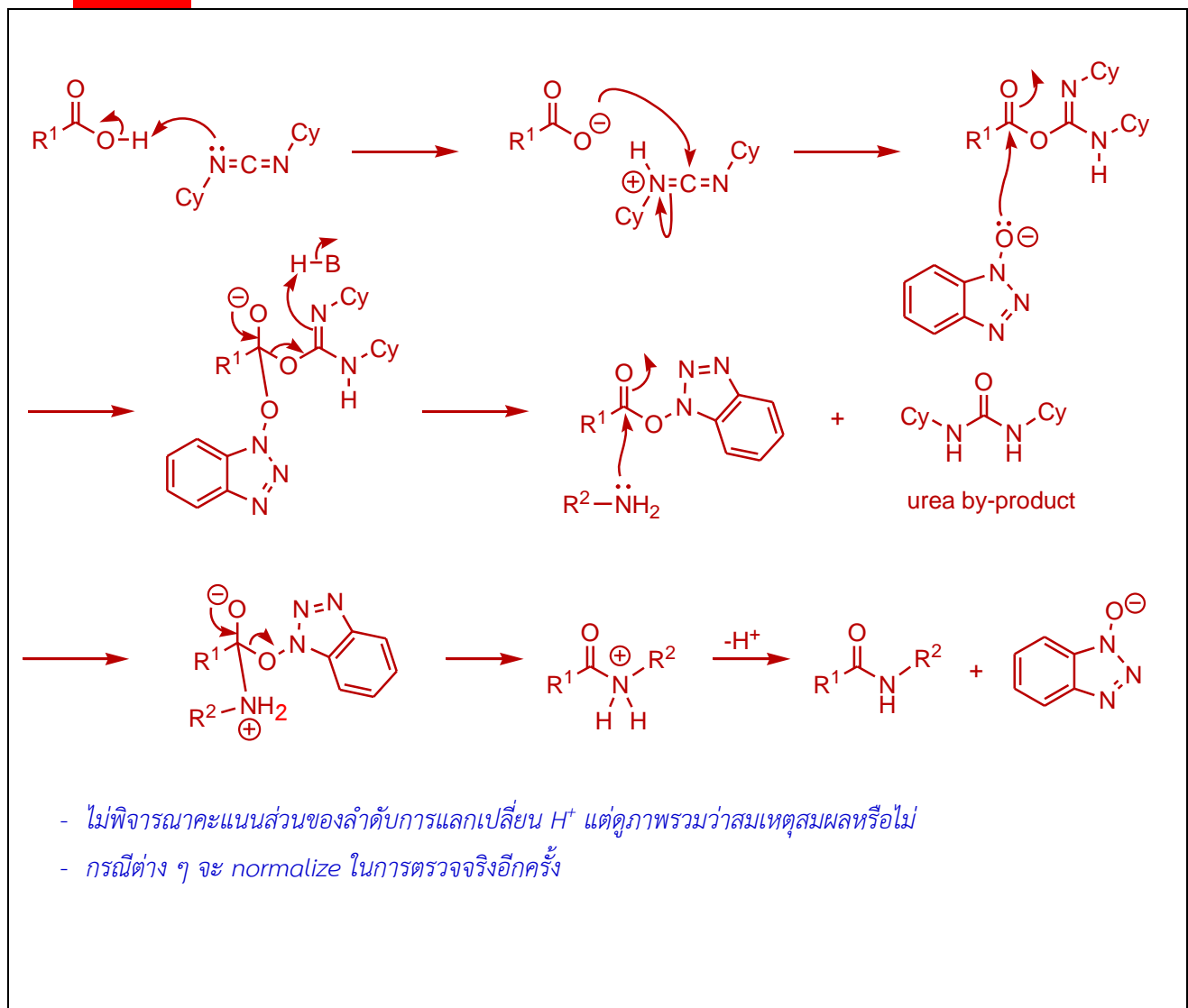
สายโซ่ของผลึก Hg_2Cl_2

(0.5)



Answer to Problem 9 (9 points)

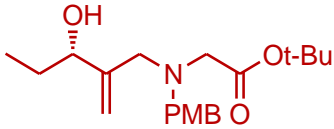
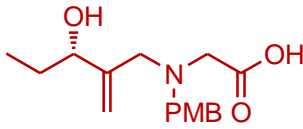
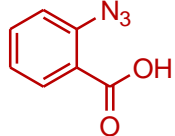
9.1 (2 points) Draw a mechanism of the carbodiimide reaction with HOBt participation.



9.2 (3 points) Provide the structures for A and B.

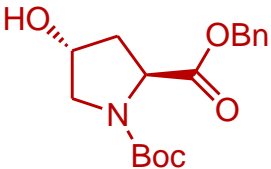
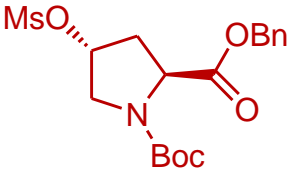
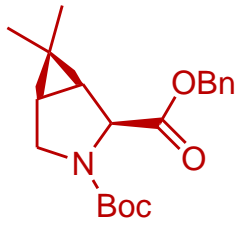
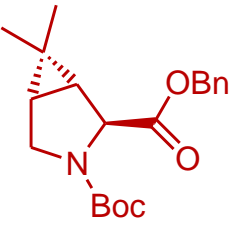
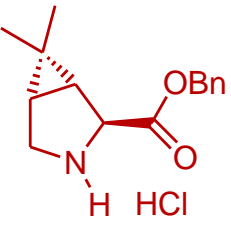
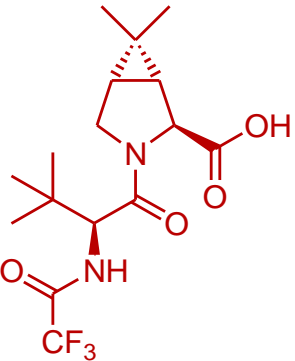
Structure of A (1.5 points)	Structure of B (1.5 points)
<p>- ถ้าแสดงเป็น $-COO^-$ ไม่หักคะแนน</p> <p>- ถ้าทำแค่ขั้นแรกถูกต้อง ให้ 0.5 คะแนน</p>	<p>- ถ้าแสดงเป็น $-COO^-$ ไม่หักคะแนน</p>

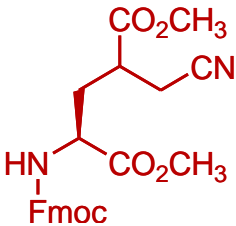
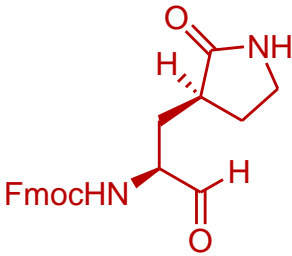
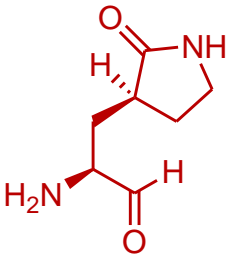
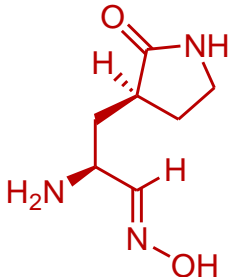
9.3 (4 points) Provide the identities of C-F.

<p>Structure of C (1 point)</p> 	<p>Structure of D (1 point)</p> 
<p>Reagent E (1 point)</p> <p>DCC และ HOBt</p> <ul style="list-style-type: none"> - ตอบ DCC อย่างเดียว ได้ 0.5 คะแนน - หากตอบ coupling agent อื่นที่เหมาะสม ได้คะแนนเทียบเท่า DCC เช่น DIC, EDC 	<p>Structure of F (1 point)</p> 

Answer to Problem 10 (10 points)

10.1 (9 points) Draw the structures of Compounds A – I.

<p>Compound A (1 point)</p> 	<p>Compound B (1 point)</p> 
<p>Compound C1 (0.5 point)</p>  <ul style="list-style-type: none"> - โครงสร้างสลับกับ C2 ได้ - ถ้า <i>relative stereochemistry</i> ของ cyclopropane ผิด หรือไม่ระบุ <i>stereochemistry</i> เลย หักจุดละ 0.2 คะแนน 	<p>Compound C2 (0.5 point)</p>  <ul style="list-style-type: none"> - โครงสร้างสลับกับ C1 ได้ - ถ้า <i>relative stereochemistry</i> ของ cyclopropane ผิด หรือไม่ระบุ <i>stereochemistry</i> เลย หักจุดละ 0.2 คะแนน
<p>Compound D (1 point)</p>  <ul style="list-style-type: none"> - หาก <i>stereochemistry</i> ที่ได้จากส่วนสารตั้งต้นผิด หัก 0.5 - ไม่ว่าจะเลือกใช้ C1 หรือ C2 ที่ตอบในข้อก่อนหน้า และทำ deprotection เอา Boc group ออก จะได้คะแนนเต็ม - ไม่หัก <i>stereochem</i> ตรง cyclopropane หากผิดซ้ำอีก 	<p>Compound E (1 point)</p>  <ul style="list-style-type: none"> - หาก <i>stereochemistry</i> ที่ได้จากส่วนสารตั้งต้นผิด หัก 0.5 - หาก <i>stereochemistry</i> ตรง cyclopropane ไม่ตรงกับคำตอบใน compound D หักตำแหน่งละ 0.2

<p>Compound F (1 point)</p> 	<p>Compound G (1 point)</p> 
<p>Compound H (1 point)</p> 	<p>Compound I (1 point)</p> 

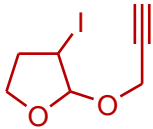
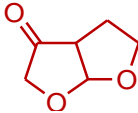
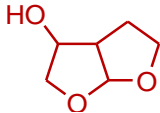
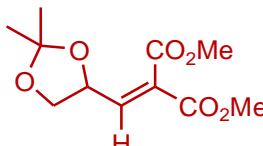
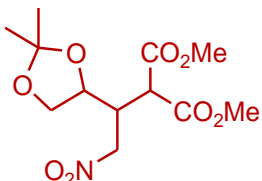
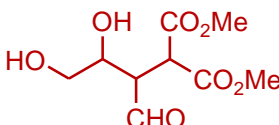
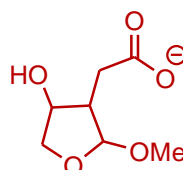
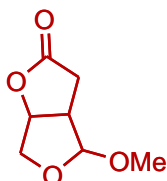
10.2 (1 point)

The structure of the isomer which leads to the desired product is ☐ C1 ☒ C2

คำตอบที่ถูกต้องขึ้นกับโครงสร้าง C1 และ C2 ของนักเรียน

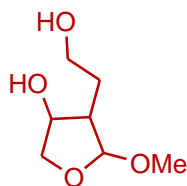
Answer to Problem 11 (11 points)

11.1 (8.5 points) Draw the structures of Compounds A – I.

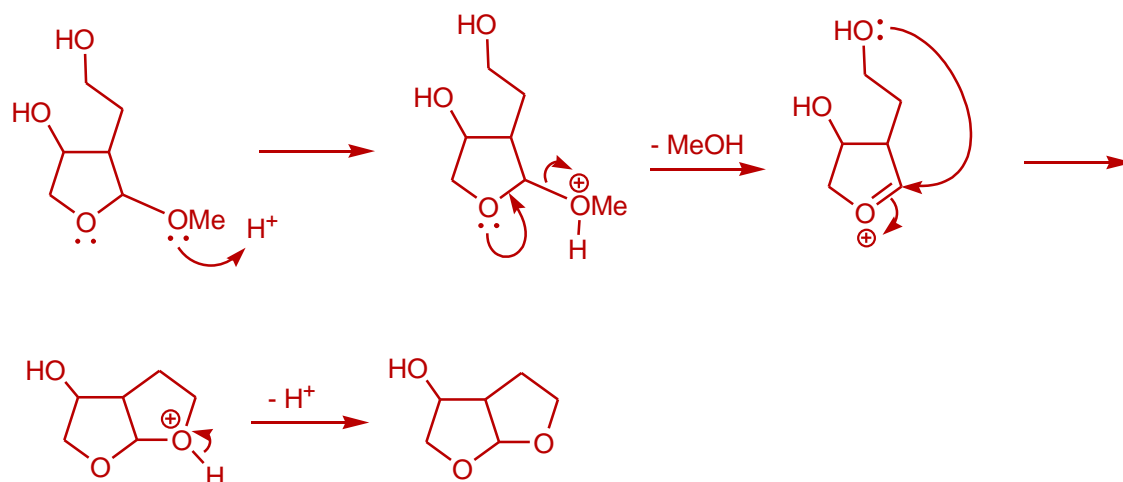
<p>Compound A (1 point)</p>  <p>-0.5 for wrong regiochemistry</p>	<p>Compound B (1 point)</p> 
<p>Compound C (1 point)</p> 	<p>Compound D (1 point)</p> 
<p>Compound E (1 point)</p> 	<p>Compound F (1 point)</p>  <p>0.5 for either aldehyde or deprotection</p>
<p>Compound G (1 point)</p>  <p>0.5 for correct structure in protonated form 0.25 for hydrolysis w/o decarboxylation 0.25 for decarboxylation w/o hydrolysis</p>	<p>Compound H (1 point)</p> 

Compound I

(0.5 points)



11.2 (1.5 points) Propose a mechanism for the conversion of compound I to compound C.



11.3 (1 point) Does compound H contain the oxygen labeled with *?

The structure of H ☐ contains no labeled oxygen.

☒ contains labeled oxygen at the position indicated with * as shown in the structure of H below (redraw from your answer in 11.1).

