



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 13

ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์

วันอังคารที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2560

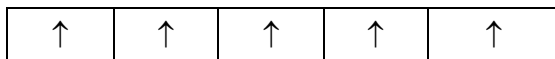
เวลา 08.30 – 13.30 น.

๙ เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี ๙

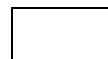
รหัสประจำตัวสอบ _____

คำตอบข้อที่ 1 (3.5 คะแนน)

1.1 (2 คะแนน)

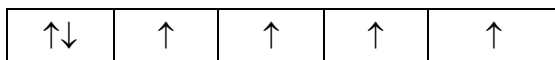
การจัดเรียงอิเล็กตรอนของ Fe ใน $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$ (0.5 คะแนน)แผนภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดของ Fe ใน $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ 

3d

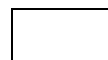


4s

(0.5 คะแนน)

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของ Fe ใน $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$ (0.5 คะแนน)แผนภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดของ Fe ใน $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ 

3d



4s

(0.5 คะแนน)

1.2 (1 คะแนน)

Fe ใน $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ มีความเป็นแม่เหล็ก (magnetism) แบบ☐ diamagnetic☐

เหตุผล

☐ paramagnetic☒ (0.5 คะแนน)

เพราะ.....มีอิเล็กตรอนเดี่ยวใน 3d จำนวน 5 อิเล็กตรอน..... (0.5 คะแนน)

1.3 (0.5 คะแนน)

metal-based pigment มักมีสีที่คงทนกว่า organic pigment เพราะ

.....สีของ organic pigment เกิดจาก conjugated π system ซึ่งเสีย (0.5 คะแนน)

สภาพได้ง่ายเมื่อถูกออกซิไดซ์ด้วยอากาศหรือโดนแสง.....

คำตอบข้อที่ 2 (8 คะแนน)

2.1 (2 คะแนน)

ความดันของไอน้ำที่ทำให้เปลือกข้าวแตกออก =

.....379.....
(0.5 คะแนน)

atm

วิธีทำ

ปริมาณน้ำในข้าวเปลือก 1 เมล็ด คือ $\frac{13.08}{100} \times 0.0224\text{g}$ เท่ากับ 0.00293 กรัม (0.5 คะแนน)

คิดเป็น $0.00293\text{g} \times \frac{1\text{mol}}{18.0\text{g}}$ เท่ากับ $1.63 \times 10^{-4}\text{mol}$ (0.5 คะแนน)

จาก $PV = nRT$
 $P = \frac{(1.63 \times 10^{-4}\text{mol})(0.0821\text{L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})(482.60\text{K})}{0.0170\text{cm}^3 \left(\frac{1\text{L}}{1000\text{cm}^3} \right)}$ (0.5 คะแนน)

$$P = 379\text{ atm}$$

2.2 (2 คะแนน)

ความร้อนที่ใช้ในการทำให้ข้าวเปลือกหนึ่งเมล็ดแตกออก =

3.13.....

(0.5 คะแนน)

J

วิธีทำ

ปริมาณน้ำในข้าวเปลือก 1 เมล็ด คือ $\frac{5.072}{100} \times 0.0224 \text{ g}$ เท่ากับ 0.00114 กรัม

คิดเป็น $0.00114 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{18.0 \text{ g}}$ เท่ากับ $6.31 \times 10^{-5} \text{ mol}$

จาก $q = nC\Delta T$

ความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของน้ำ คือ

$$q_l = (75.2 \text{ J/mol} \cdot ^\circ\text{C})(1.63 \times 10^{-4} \text{ mol})(100.0 - 30.0^\circ\text{C}) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.858 \text{ J}$$

จาก $q = n\Delta H_{\text{vap}}$

ความร้อนที่ใช้ในการกลายเป็นไอของน้ำ คือ

$$q_{\text{vap}} = (1.63 \times 10^{-4} \text{ mol})(40.7 \text{ kJ/mol}) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$q_{\text{vap}} = 6.63 \text{ J}$$

จาก $q = nC\Delta T$

ความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของไอน้ำ คือ

$$q_g = (33.1 \text{ J/mol} \cdot ^\circ\text{C})(1.63 \times 10^{-4} \text{ mol})(209.45 - 100.0^\circ\text{C}) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$q_g = 0.591 \text{ J}$$

$$\therefore q_{\text{total}} = q_l + q_{\text{vap}} + q_g = 0.858 + 6.63 + 0.591 \text{ J}$$

$$= 8.08 \text{ J}$$

2.3 (1 คะแนน)

พลังงานจลน์ของโมเลกุลไอน้ำทั้งหมด =

$$\frac{0.981}{(0.5 \text{ คะแนน})}$$

J

วิธีทำ

พลังงานจลน์ของแก๊สอุดมคติ คือ $E_k = \frac{3}{2} nRT$

$$\text{จะได้ } E_k = \frac{3}{2} (1.63 \times 10^{-4} \text{ mol}) (8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) (482.60 \text{ K}) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$E_k = 0.981 \text{ J}$$

2.4 (3 คะแนน)

งานจากการขยายตัวของไอน้ำต่างกัน =

$$\frac{0.646}{(0.5 \text{ คะแนน})}$$

J

วิธีทำ

งานอันเนื่องจากการขยายตัวของแก๊ส คือ $W = -P_{\text{ext}} \Delta V$

$$(i) \text{ จาก } W = -(0) \Delta V = 0 \text{ J (สัญญาณความดันภายนอกจึงเป็นศูนย์)} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$(ii) \text{ จาก } PV = nRT$$

$$V = \frac{(1.63 \times 10^{-4} \text{ mol}) (0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}) (482.60 \text{ K})}{756 \text{ mmHg} \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}}} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$V = 0.00649 \text{ L}$$

$$\text{จาก } W = -P_{\text{ext}} \Delta V$$

$$W = - \left(756 \text{ mmHg} \frac{10^5 \text{ Pa}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left(0.00649 \text{ L} \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$W = -0.646 \text{ J}$$

$$\text{ผลต่างของงานอันเนื่องจากการขยายตัวของแก๊ส เท่ากับ } 0 - (-0.646) \text{ J} = 0.646 \text{ J} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

คำตอบข้อที่ 3 (9.5 คะแนน)

3.1 (3 คะแนน)

	สไปโรไฟแรน (SP)	เมโรไซยานิน (MC)
ไฮบริดเซชันของอะตอม C*	<input type="checkbox"/> sp <input type="checkbox"/> sp ² <input type="checkbox"/> sp ³ <input checked="" type="checkbox"/> sp ³ (0.5 คะแนน)	<input type="checkbox"/> sp <input type="checkbox"/> sp ² <input type="checkbox"/> sp ³ <input checked="" type="checkbox"/> sp ² (0.5 คะแนน)
จำนวนอะตอมคาร์บอนในระบบคอนจูเกชันที่ยาวที่สุด	6 (0.5 คะแนน)	19 (0.5 คะแนน)
จำนวนอิเล็กตรอนไม่ประจําที่	6 (0.5 คะแนน)	18 (0.5 คะแนน)

3.2 (6 คะแนน)

	สไปโรไฟแรน (SP)	เมโรไซยานิน (MC)
ค่าคงที่ R	<u>วิธีคำนวณ</u> $R = \frac{\hbar^2}{2m_e r_0^2} = \frac{(1.05 \times 10^{-34} \text{ Js})^2}{2 \times (9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}) \times (1.40 \times 10^{-10} \text{ m})^2}$ <u>ตอบ</u> $3.09 \times 10^{-19} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} (\text{Joule})$ (1.0 คะแนน)	
เลขควอนตัมของ HOMO (n_1)	± 1 (0.5 คะแนน)	± 4 (0.5 คะแนน)
เลขควอนตัมของ LUMO (n_2)	± 2 (0.5 คะแนน)	± 5 (0.5 คะแนน)
รัศมีของวงแหวน (z)	1 (0.5 คะแนน)	3 (0.5 คะแนน)

3.2 (ต่อ)

	สไปโรไพแรน (SP)	เมโรไซยานิน (MC)
ค่าพลังงาน (ΔE)	<p>วิธีคำนวณ</p> $\Delta E = (3.09 \times 10^{-19}) \left[\left(\frac{2}{1} \right)^2 - \left(\frac{1}{1} \right)^2 \right]$ <p>ตอบ 9.26×10^{-19} J (0.5 คะแนน)</p>	<p>วิธีคำนวณ</p> $\Delta E = (3.09 \times 10^{-19}) \left[\left(\frac{5}{3} \right)^2 - \left(\frac{4}{3} \right)^2 \right]$ <p>ตอบ 3.09×10^{-19} J (0.5 คะแนน)</p>
ความยาวคลื่นแสง (λ)	<p>วิธีคำนวณ</p> $\lambda = \frac{(2\pi \times 1.05 \times 10^{-34} \text{ Js})(3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})}{9.26 \times 10^{-19} \text{ J}}$ <p>ตอบ 214 nm (0.5 คะแนน)</p>	<p>วิธีคำนวณ</p> $\lambda = \frac{(2\pi \times 1.05 \times 10^{-34} \text{ Js})(3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})}{3.09 \times 10^{-19} \text{ J}}$ <p>ตอบ 641 nm (0.5 คะแนน)</p>

3.3 (0.5 คะแนน)

☐ สไปโรไพแรน (SP)☐ เมโรไซยานิน (MC)☐ มีสีทั้งสองโครงสร้าง☐ ไม่มีสีทั้งสองโครงสร้าง

<input checked="" type="checkbox"/> เมโรไซยานิน (MC)	(0.5 คะแนน)
--	-------------

รหัสประจำตัวสอบ _____

คำตอบข้อที่ 4 (4.5 คะแนน)

4.1 (1 คะแนน)

☐ ดูพลังงาน ปริมาณพลังงาน

109 (0.5 คะแนน) ถ้าตอบ -109 ให้ 0.25

kJ mol⁻¹☐ คายพลังงาน☒ คายพลังงานวิธีคิด (นักเรียนไม่ต้องแสดง) $\Delta H = +D(C-O) - D(O-H) = +358 - 467 = -109 \text{ kJ mol}^{-1}$

4.2 (2 คะแนน)

วิธีทำ

$$\text{molal solute} = \frac{(1 \text{ mol CVL} + 10 \text{ mol DDG})}{\frac{90 \times 242.4}{1000} \text{ kg HD-OH}} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 0.504 \text{ m}$$

$$\Delta T_f = K_f \cdot m = (17.6 \text{ }^{\circ}\text{C/m})(0.504 \text{ m}) = 8.87 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$T'_f = T_f - \Delta T_f = 49.0 - 8.87 = 40.1 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

4.3 (1.5 คะแนน)

☐ แสดงสีของ CVL☐ ไม่แสดงสีของ CVL

เหตุผล

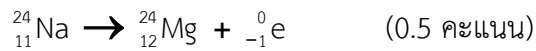
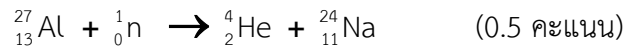
☒ ไม่แสดงสีของ CVL (0.5 คะแนน)

- อุณหภูมิของร่างกาย = $\frac{5}{9}(102 - 32) = 38.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของระบบสี่อ้อม ทำให้อยู่ในสถานะของแข็ง (0.5 คะแนน)

- กรดโดเดคซิลไกลเลตไม่สามารถโปรตีนโมเลกุล CVL ได้ ทำให้อยู่ในรูปเบสหรือมีโครงสร้างแบบสไปโรไพแรน (SP) (0.5 คะแนน)

คำตอบข้อที่ 5 (5 คะแนน)

5.1 (1 คะแนน) สมการนิวเคลียร์



5.2 (3 คะแนน) ปริมาตรเลือดในร่างกาย

5.25

(0.5 คะแนน)

ลิตร

วิธีทำ

(ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

จากกราฟการสลายตัว ค่าครึ่งชีวิต = 15 hr (0.5 คะแนน)

การสลายตัวเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 ดังนั้น $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} (=0.0462 \text{ hr}^{-1})$ (0.5 คะแนน)

ค่ากัมมันตภาพหลังจากเวลาผ่านไป 6 hr:

$$\frac{[A]_t}{[A]_0} = e^{-\lambda t} \quad (\text{หรือ } \ln \frac{[A]_t}{[A]_0} = -\lambda t) \quad \frac{[Na]_t}{5 \times 10^{-8}} = e^{-\frac{\ln(2)}{15 \text{ hr}} \cdot 6 \text{ hr}}; \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$\therefore [Na]_t = 3.79 \times 10^{-8} \text{ Ci}$$

$$\frac{3.79 \times 10^{-8} \text{ Ci}}{V_{total}} = \frac{7.22 \times 10^{-12} \text{ Ci}}{1 \text{ mL}}; \quad V_{total} = 5,250 \text{ mL} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

5.3 (1 คะแนน) โซเดียม-24 สลายตัวหมดในวันที่

12

(0.5 คะแนน)

มิถุนายน 2560 เวลา

14.00

(0.5 คะแนน)

น.

วิธีคิด (ไม่ต้องแสดง) $\ln \frac{[A]_t}{[A]_0} = -\lambda t \quad \ln \frac{0.1}{100} = -\frac{\ln 2}{15 \text{ hr}} t; \therefore t = 149.5 \rightarrow 150 \text{ hrs} = 6 \text{ days } 6 \text{ hrs}$

คำตอบข้อที่ 6 (10 คะแนน)

6.1 (3 คะแนน) ชนิดของแก๊ส รูปร่างและชื่อของไอออนเชิงซ้อนของ B

แก๊สที่เกิดขึ้นคือแก๊ส

ออกซิเจน
(1 คะแนน)

รูปร่างของไอออนเชิงซ้อนของ B

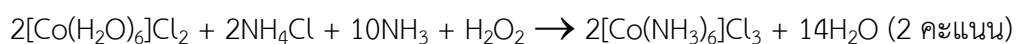
เตตระฮีดรัล
(1 คะแนน)

ไอออนเชิงซ้อนของ B มีชื่อว่า

tetrachlorocobaltate(II) หรือ tetrachloridocobaltate(II)
(1 คะแนน)

6.2 (2 คะแนน) สมการแสดงการสังเคราะห์สาร D จาก A โดยแสดงส่วนของไอออนเชิงซ้อนให้ชัดเจน

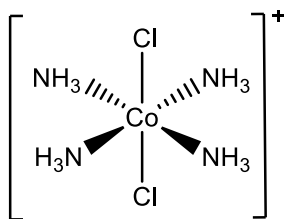
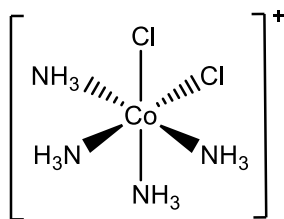
A → D



6.3 (2 คะแนน) สารที่มี geometrical isomers คือ

E (0.5 คะแนน)

รูปแสดงโครงสร้างของสารเชิงซ้อน และระบุชื่อไอโซเมอร์

*trans-*(รูป 0.5,
ชื่อ 0.25)*cis-*(รูป 0.5,
ชื่อ 0.25)

6.4 (3 คะแนน) สูตรและชื่อของสารโคออร์ดิเนชันที่เป็น linkage isomers กัน

สูตร

 $[\text{Co}(\text{ONO})(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$ (1 คะแนน)

ชื่อ

pentaamminenitritocobalt(III) chloride
(0.5 คะแนน)

สูตร

 $[\text{Co}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$ (1 คะแนน)

ชื่อ

pentaamminenitrocobalt(III) chloride
(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (สำหรับอาจารย์ประจำศูนย์)

- สีของสารบอกว่าเป็นสารต่างชนิดกัน
- การนำไฟฟ้า บอกข้อมูลประจุบวก/ลบ กำหนดให้เป็น monovalent counterion เสมอ
- V_{gas} ของอิเล็กโตรไลซิส บอกจำนวน Cl^- ที่เป็น counterion: $PV = nRT$, ที่ $T = 298 \text{ K}$, แก๊ส $0.001 \text{ mol} = 24.46 \text{ mL}$, or $\text{Cl}^- 1 \text{ atom}$ ให้แก๊ส $\sim 12.3 \text{ mL}$

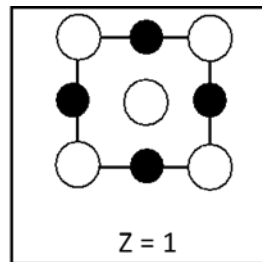
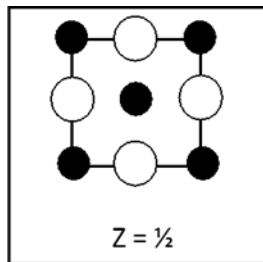
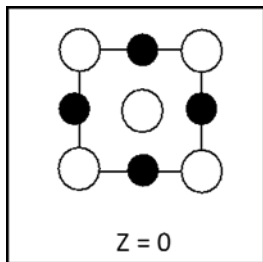
ใช้แค่ข้อมูลการนำไฟฟ้าหรืออิเล็กโตรไลซิสอย่างเดียวอย่างหนึ่งก็ได้

- V_{NaOH} ที่ใช้ บอกว่ามี NH_3 ใน coordination sphere เท่าไหร่ ใส่ HCl ไป $0.01 \text{ mol} \therefore$ จำนวน $\text{NH}_3 = [0.01 - (V_{\text{OH}} \times 0.0004)] / 0.001$
- มีแค่หนึ่งตัวที่ไม่ใช่ออกเตฮีดรัล จากผัง จึงควรเป็น B ลิแกนด์ควรเป็น Cl^- ข้อมูลพื้นฐานของเตตระระดับนี้ควรนำไปสู่เลขโคออร์ดิเนชัน 4 ซึ่งควรเป็นเตตระฮีดรัลมากกว่าสี่เหลี่ยมแบนราบ (Co เป็นทรานสิชันแถวแรก)
- C-D เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน (จากออกซิเจนในอากาศ)
- G-H เป็น linkage isomer กัน เพราะตั้งทิ้งไว้ก็เปลี่ยนแปลงสี แสดงว่ามี isomerization เกิดขึ้นโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสูตรเคมี (จากสูตร ไม่มี geometrical isomer) โดย F เปลี่ยนเป็น G จากการแทนที่ Cl^- เป็น NO_2^- (จำนวน NH_3 เท่าเดิม ประจุแบบเดิม) จากข้อมูลยังบอกไม่ได้ว่าตัวไหนเป็น nitrito- หรือ nitro- (สีแดงคือ nitrito สีเหลือง nitro)

	สี	การนำไฟฟ้า	V_{gas}	# Cl^-	V_{NaOH}	# NH_3	สูตร
A	ชมพู	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$			25.00	0	$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$
B	น้ำเงินเข้ม	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$					$[\text{CoCl}_4]^{2-}$
C	เหลืองฟาง	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	24.3	2	10.10	6	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$
D	ส้มน้ำตาล	Na_3PO_4	36.5	3		6	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$
E	เขียว	KCl	12.2	1	15.15	4	$[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$
F	ม่วงอ่อน	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$		2	12.60	5	$[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$
G	แดง			2		5	$[\text{Co}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$
H	เหลือง	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	24.2	2	12.65	5	$[\text{Co}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$

คำตอบข้อที่ 7 (10 คะแนน)

7.1 (2 คะแนน) วาดการจัดเรียงตัวของไอออน Na^+ และ Cl^- ในโครงสร้างผลึก



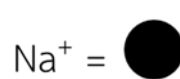
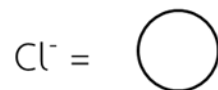
(1 คะแนน สำหรับ
 $Z = 0, Z = 1$
1 คะแนน สำหรับ
 $Z = 1/2$)

$Z = \dots\dots\dots$

$Z = \dots\dots\dots$

$Z = \dots\dots\dots$

$Z = \dots\dots\dots$



7.2 (1 คะแนน) สูตรเคมีอย่างง่าย (chemical formula) ของ alloy นี้คือ

AXM
(1 คะแนน)

7.3 (1 คะแนน) สูตรเคมีของสารที่มีโครงสร้างนี้คือ

Na_3Cl (1 คะแนน)

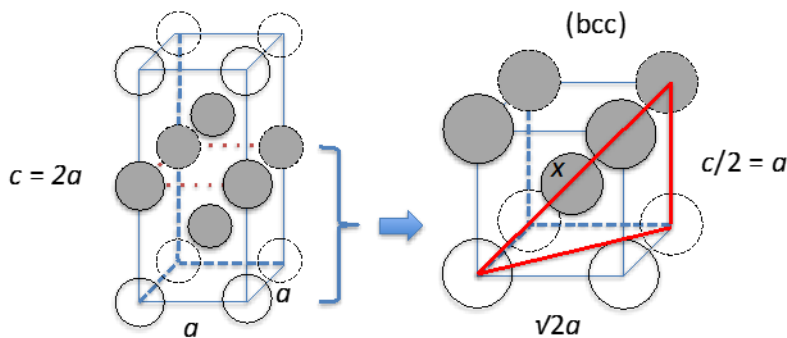
7.4 (3.5 คะแนน) ปริมาตรสารประกอบ =

$$2.54 \times 10^{-29} \quad (1 \text{ คะแนน}) \quad \text{m}^3$$

วิธีทำ

(ตอบในรูป $A \times 10^n$ และเลขนัยสำคัญ 3 ตัว)

ภาพสามมิติของผลึกเป็นดังนี้



เนื่องจากรัศมี $\text{Na}^+ = \text{รัศมี } \text{Cl}^-$ และ unit cell length $c = 2a$ โครงสร้างผลึกนี้ จึงเหมือนกับ body centered cubic cell (bcc) มาซ้อนกันตามแนว unit cell length c ดังแสดงในรูปด้านบน ดังนั้น ปริมาตรของ unit cell เป็น 2 เท่าของปริมาตร bcc ด้านขวา (ภาพขยาย)

$$x = 4r = \sqrt{a^2 + 2a^2} = \sqrt{3}x a$$

$$a = 4r / \sqrt{3} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$\therefore \text{ปริมาตรผลึก} = 2a \times a \times a = 2a^3 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$= \frac{128}{3\sqrt{3}} r^3 = \frac{128}{3\sqrt{3}} x (1.01 \times 10^{-10} \text{ m})^3 \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 2.54 \times 10^{-29} \text{ m}^3$$

7.5 (2.5 คะแนน) ความหนาแน่นของสารประกอบ =

6.83 (0.5 คะแนน)

 g/cm^3

วิธีทำ

(ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

$$\text{มวล} = \text{MW}(\text{Na}_3\text{Cl}) \text{ (g/mol)} \times \text{จำนวนโมเลกุลต่อ unit cell (molecule)} / 6.02 \times 10^{23} \text{ (molecule/mol)}$$

$$= 104.5 \times 1 / 6.02 \times 10^{23} \text{ g} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$= 17.36 \times 10^{-23} \text{ g}$$

$$\text{ปริมาตร} = 2.54 \times 10^{-29} \text{ m}^3 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^3 = 2.54 \times 10^{-23} \text{ cm}^3 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{ความหนาแน่น} = \text{มวล} / \text{ปริมาตร} = 17.36 \times 10^{-23} \text{ g} / 2.54 \times 10^{-23} \text{ cm}^3 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

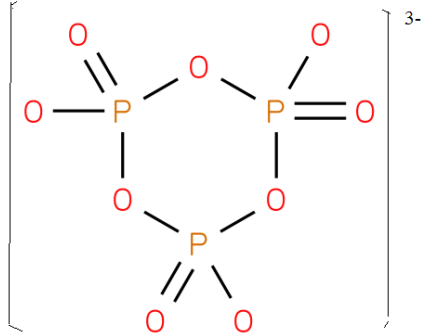
$$= 6.83 \text{ g/cm}^3$$

คำตอบข้อที่ 8 (9 คะแนน)

8.1 (2 คะแนน) สูตรเคมีของสารประกอบ คือ

 $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ (2 คะแนน) ต้องถูกทั้งหมด

8.2 (1 คะแนน) โครงสร้างและประจุของไอออนลบในสารประกอบ X คือ



(โครงสร้าง 0.5 คะแนน

ประจุ 0.5 คะแนน)

8.3 (1.5 คะแนน) เลขออกซิเดชันของ E คือ

+5 (0.5 คะแนน)

ไฮบริดออร์บิทัลของ E คือ

 sp^3 (1 คะแนน)

8.4 (1.5 คะแนน)

สมการ



อ่านชื่อ

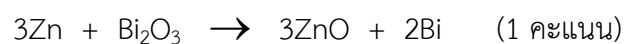
Sodium peroxide (0.5 คะแนน)

8.5 (3 คะแนน)

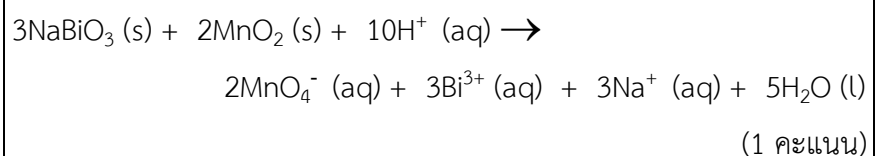
8.5.1 การจัดอิเล็กตรอน

 $[\text{Xe}]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$ (Bi(III)) หรือ $[\text{Xe}]4f^{14} 5d^{10}$ (Bi(V)) (1 คะแนน)

8.5.2 สมการ



8.5.3 สมการ



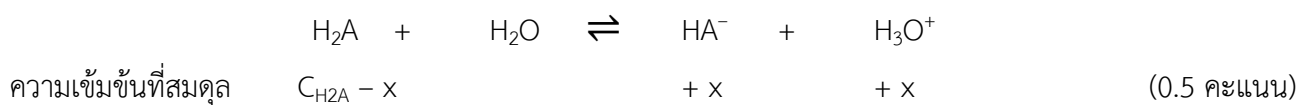
คำตอบข้อที่ 9 (6 คะแนน)

9.1 (2.5 คะแนน) มวลต่อโมลของกรดอ่อน =

116 (0.5 คะแนน) g/mol

วิธีทำ

(ตอบเลขจำนวนเต็ม)

สารละลาย pH = 2.00 แสดงว่า $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-2} M$ เนื่องจาก $K_{a1} \gg K_{a2}$ ดังนั้น pH ของสารละลายจึงขึ้นกับการแตกตัวของกรดอ่อนในขั้นที่ 1 ดังนี้

$$\text{จาก } K_{a1} = \frac{[HA^-][H_3O^+]}{[H_2A]} = \frac{(x)(x)}{(C_{H_2A} - x)} = 1.3 \times 10^{-2}$$

เมื่อ $x = 1.0 \times 10^{-2} M$ จะได้ $C_{H_2A} = 1.8 \times 10^{-2} M$ (0.5 คะแนน)

$$\text{mol } H_2A = \frac{1.8 \times 10^{-2} \text{ mol } H_2A}{1000 \text{ mL}} \times 50.0 \text{ mL} = 9.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\text{molar mass } H_2A = \frac{0.104 \text{ g } H_2A}{9.0 \times 10^{-4} \text{ mol } H_2A} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

= 115.6 g/mol ปัดเป็น 116 g/mol (คะแนนคำตอบให้ช่องคำตอบข้างบน)

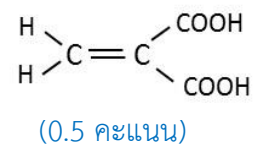
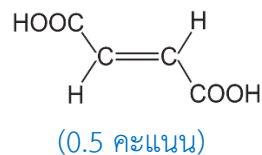
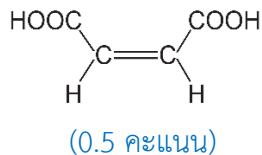
9.2 (2 คะแนน)

สูตรโมเลกุลของกรดอ่อนคือ

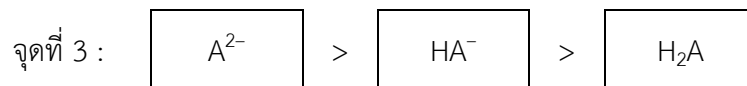
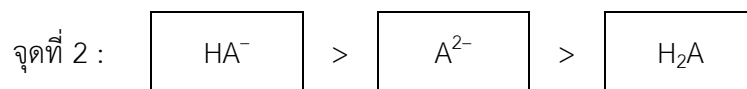
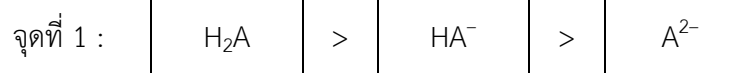


คำอธิบาย โจทย์กำหนดว่าเป็นกรด 2 โปรตอน กราฟไทเทรตมี 2 จุดสมมูล มี C, H และ O เป็นองค์ประกอบ กรดนี้จึงมี $-\text{COOH}$ 2 หมู่ ($2 \times 45 \text{ g}$) เมื่อ $\text{molar mass} = 116 \text{ g/mol}$ ดังนั้น เหลือ $116 - 90 = 26 \text{ g}$ จึงเป็นส่วนของ 2C และ 2H ดังนั้น สูตรโมเลกุล จึงเป็น $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$

สูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของกรดอ่อน (ถ้าตอบเกินจะถูกหักคะแนน)



9.3 (1.5 คะแนน)



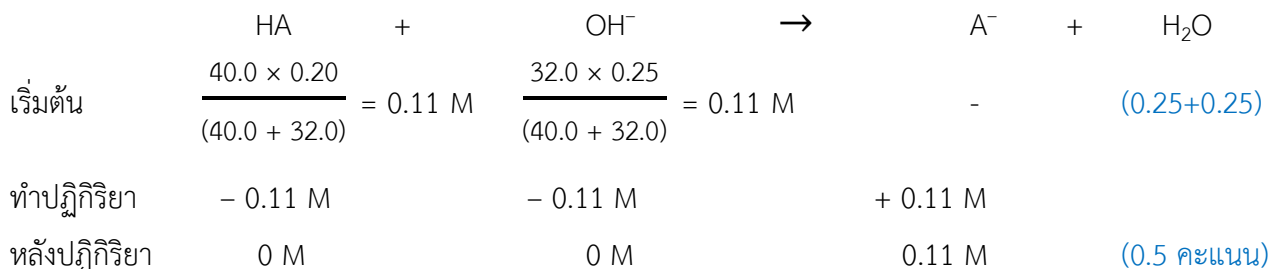
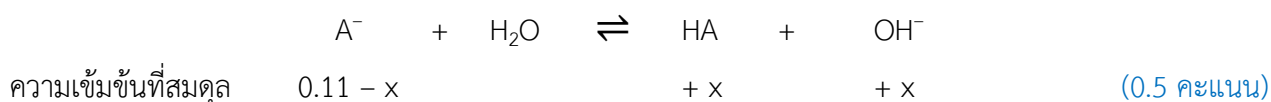
คำตอบข้อที่ 10 (4 คะแนน)

pH ของสารละลาย Z =

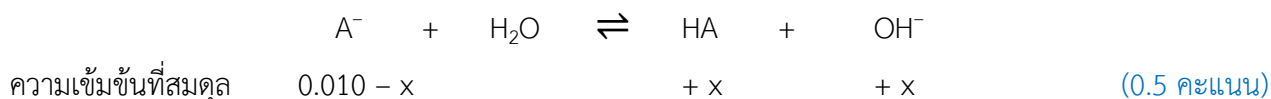
8.52 (0.5 คะแนน)

วิธีทำ

(เทคนิค 2 ตำแหน่ง)

หลังปฏิกิริยาจะมี A^- ซึ่งเป็นเบสอ่อน แตกตัวได้ดังนี้

ต้องใช้ K_b ในการคำนวณ ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้ข้อมูลสารละลาย Y ซึ่งเป็นคู่เบสของ HA
 สารละลาย Y มี pH = 8.00 แสดงว่า $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-8} \text{ M}$ หรือมี $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-6} \text{ M}$



จาก $K_b = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]}$ เมื่อ $x = 1.0 \times 10^{-6} \text{ M}$ จะได้ $K_b = 1.0 \times 10^{-10}$ (0.5 คะแนน)

จาก $K_b = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{x^2}{0.11 - x} = 1.0 \times 10^{-10}$ (0.5 คะแนน)

$x = [\text{OH}^-] = \sqrt{1.0 \times 10^{-10} \times 0.11} = 3.3 \times 10^{-6} \text{ M}$ (0.5 คะแนน)

$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log (3.3 \times 10^{-6}) = 5.48$

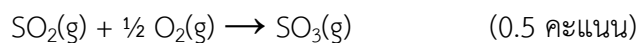
ดังนั้น $\text{pH} = 14.00 - 5.48 = 8.52$

คำตอบข้อที่ 11 (11 คะแนน)

11.1 (0.5 คะแนน) ปฏิกริยาการเผาไหม้ของซัลเฟอร์



11.2 (0.5 คะแนน) ปฏิกริยาออกซิเดชันของซัลเฟอร์ไดออกไซด์



(0.5 คะแนน) ปฏิกริยาการเกิดฝนกรด



11.3 (3 คะแนน) ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในตัวอย่างอากาศ =

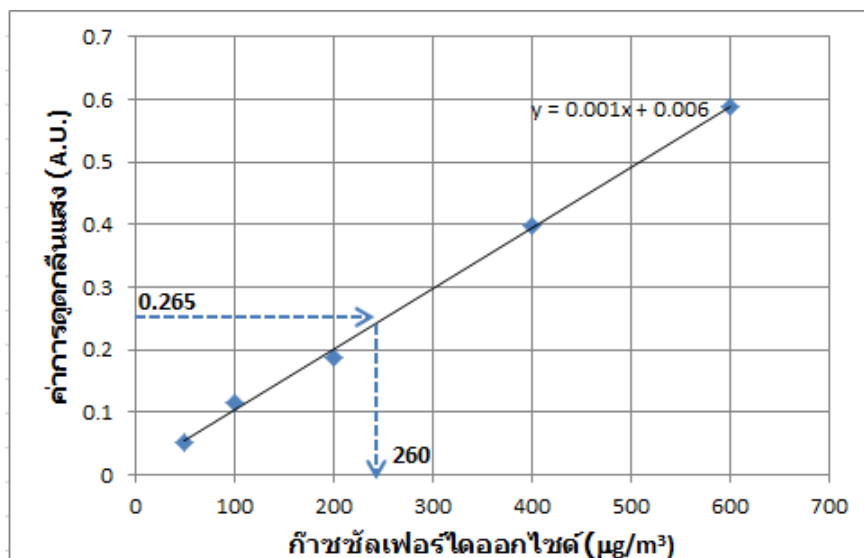
260

(1 คะแนน)

 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(ตอบเลขจำนวนเต็ม)

กราฟเทียบมาตรฐาน



เกณฑ์การให้คะแนน

แกน x ถูกต้อง

ชื่อแกน (0.25 คะแนน)

สเกล (0.25 คะแนน)

แกน y ถูกต้อง

ชื่อแกน (0.25 คะแนน)

สเกล (0.25 คะแนน)

วาดกราฟเส้นตรง (0.5
คะแนน)

แสดงการหาปริมาณก๊าซ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากค่า
การดูดกลืนแสง 0.265
ตอบได้ในช่วง $\text{XXX} \pm 5$
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.5 คะแนน)

11.4 (2 คะแนน) ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ =

15 (1 คะแนน)

ตัน/ปี

วิธีทำ

(ตอบเลขจำนวนเต็ม)

$$\begin{aligned} \text{SO}_2 &= \frac{5 \text{ ton coal}}{1 \text{ day}} \times \frac{365 \text{ days}}{1 \text{ year}} \times \frac{0.4 \text{ ton S}}{100 \text{ ton coal}} \times \frac{64 \text{ ton SO}_2}{32 \text{ ton S}} \quad (1 \text{ คะแนน}) \\ &= 14.6 \text{ tons/year} \end{aligned}$$

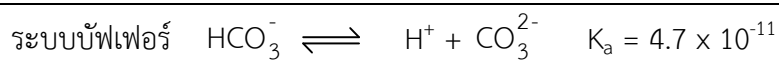
11.5 (4.5 คะแนน) ปริมาณน้ำทะเล =

2,532 (1 คะแนน)

m³/day

วิธีทำ

(ตอบเลขจำนวนเต็ม)

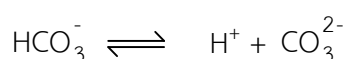


$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

ถ้าน้ำทะเลมี pH = 7.5 แทนค่าสมการ จะได้ $7.5 = 10.3 + \log \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$ (0.25 คะแนน)

$$\log \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = -2.8 \quad \text{จะได้} \quad \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 10^{-2.8} = 1.585 \times 10^{-3} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

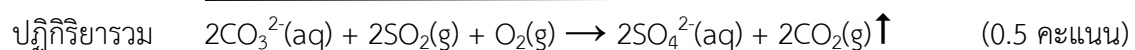
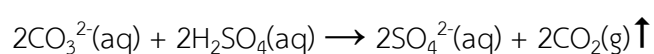
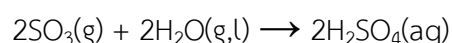
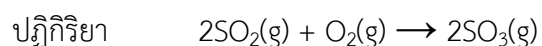
พิจารณาสมดุล (0.5 คะแนน)



Initial (μmol/L) 1800 250

Equili (μmol/L) 1800+x 250-x

$$\frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 1.585 \times 10^{-3} = \frac{[250 - x]}{[1800 + x]} \quad \text{จะได้ } x = 246.8 \text{ μmol/L} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$



11.5 (ต่อ)

จากการคำนวณข้างต้น $x = 246.8 \mu\text{mol/L}$

จากปฏิกิริยารวม 2 mol CO_3^{2-} ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 2 mol SO_2

ดังนั้น น้ำทะเล 1 L จะกำจัด SO_2 ได้ $246.8 \mu\text{mol}$ ทำให้ pH ของน้ำทะเล = 7.5 (0.25)

ปริมาณ SO_2 ที่เกิดจากการเผาไหม้ต่อวัน หาได้จาก

$$\text{SO}_2 = \frac{5 \text{ ton coal}}{1 \text{ day}} \times \frac{0.4 \text{ ton S}}{100 \text{ ton coal}} \times \frac{64 \text{ ton SO}_2}{32 \text{ ton S}} = 0.04 \text{ ton/day หรือ } 40 \text{ kg/day} \quad (0.5)$$

ปริมาตรน้ำทะเล (m^3) (0.5)

$$= \frac{40 \text{ kg SO}_2}{1 \text{ day}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{64.0 \text{ g SO}_2} \times \frac{1 \text{ L}}{246.8 \mu\text{mol SO}_2} \times \frac{1 \times 10^6 \mu\text{mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{10^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3}$$

$$= 2,532 \text{ m}^3/\text{day}$$

คำตอบข้อที่ 12 (10 คะแนน)

12.1 (3 คะแนน) ร้อยละโดยมวลของ Cu ในทองเหลือง =

64.3 (0.5 คะแนน)

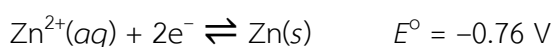
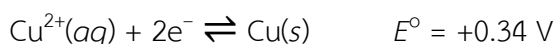
วิธีทำ

(ตอบเลขนัยสำคัญ 3 ตัว)

กระแสไฟฟ้า = ประจุ/เวลา ดังนั้น 65.0% ของประจุไฟฟ้าที่ใช้ ทำให้เกิด Cu(s) และ 35.0% ทำให้เกิด Zn(s)
สมมติว่าใช้ประจุไฟฟ้า 100 coulomb

$$\text{ประจุไฟฟ้าที่ทำให้เกิด Cu(s)} = \frac{65.0}{100.0} \times 100 \text{ C} = 65.0 \text{ C}$$

$$\text{ประจุไฟฟ้าที่ทำให้เกิด Zn(s)} = \frac{35.0}{100.0} \times 100 \text{ C} = 35.0 \text{ C}$$



$$\text{มวลของ Cu(s)} = 65.0 \text{ C} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{96,500 \text{ C}} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{63.5 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 0.0214 \text{ g Cu} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$\text{มวลของ Zn(s)} = 35.0 \text{ C} \times \frac{1 \text{ mol e}^-}{96,500 \text{ C}} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{2 \text{ mol e}^-} \times \frac{65.4 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 0.0119 \text{ g Zn} \quad (1 \text{ คะแนน})$$

$$\% \text{Cu โดยมวล} = \frac{0.0214 \text{ g Cu}}{(0.0214 + 0.0119) \text{ g brass}} \times 100 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\% \text{Cu โดยมวล} = 64.3\%$$

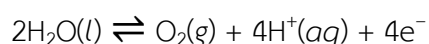
12.2 (4 คะแนน)

12.2.1 ปฏิกิริยาที่แคโทดเป็นดังสมการ



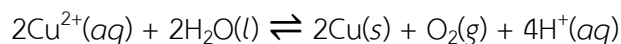
(0.5 คะแนน)

ปฏิกิริยาที่แอโนดเป็นดังสมการ



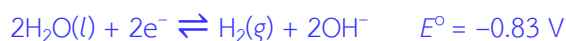
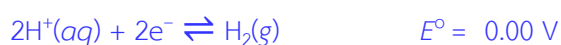
(0.5 คะแนน)

ปฏิกิริยารวมของเซลล์เป็นดังสมการ



(0.5 คะแนน)

วิธีคิด (นักเรียนไม่ต้องแสดง)

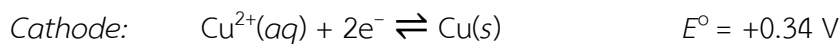
ที่ Cathode อาจเกิดรีดักชันของ Cu^{2+} , H^+ และ H_2O  E°_{red} ของ Cu^{2+} มากที่สุด รีดักชันของ Cu^{2+} จึงเกิดได้ดีกว่าที่ Anode อาจเกิดออกซิเดชันของ SO_4^{2-} และ H_2O  E°_{red} ของ $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ ต่ำที่สุด ออกซิเดชันของ H_2O จึงเกิดได้ดีกว่า

12.2.2 ต้องให้ศักย์ไฟฟ้าภายนอกน้อยที่สุด =

0.71 (0.5 คะแนน) V

วิธีทำ

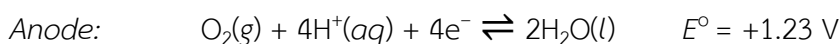
(ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว)



$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q \quad \text{or} \quad E = E^\circ - \frac{0.0592}{n} \log Q \text{ ที่ } 25^\circ\text{C}$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - \frac{0.0592}{2} \log \frac{1}{[\text{Cu}^{2+}]} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0.34 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{1}{0.0100} = 0.28 \text{ V} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$



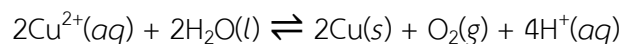
$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = E^\circ_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} - \frac{0.0592}{4} \log \frac{1}{p_{\text{O}_2} [\text{H}^+]^4} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1.23 - \frac{0.0592}{4} \log \frac{1}{1.00(1.00 \times 10^{-4})^4} = 0.99 \text{ V} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cathode}} - E_{\text{anode}} = 0.28 - 0.99 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$E_{\text{cell}} = -0.71 \text{ V}$$

หรือ



$$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cathode}} - E^\circ_{\text{anode}} = 0.34 - 1.23 = -0.89 \text{ V} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$E_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cell}} - \frac{0.0592}{4} \log \frac{p_{\text{O}_2} [\text{H}^+]^4}{[\text{Cu}^{2+}]^2} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

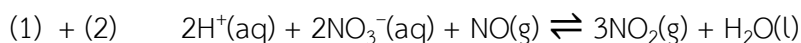
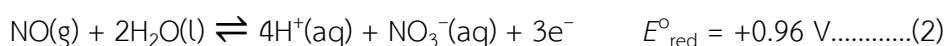
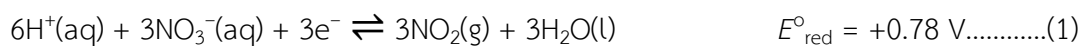
$$E_{\text{cell}} = -0.89 - \frac{0.0592}{4} \log \frac{1.00(1.00 \times 10^{-4})^4}{(0.0100)^2} = -0.89 - (-0.18) \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$E_{\text{cell}} = -0.71 \text{ V}$$

12.3 (3 คะแนน)

12.3.1 ค่าคงที่สมดุล (K) = 7.6×10^{-10} (0.5 คะแนน)

วิธีทำ

(ตอบในรูป $A \times 10^n$, เลขนัยสำคัญ 2 ตัว)

$$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cathode}} - E^\circ_{\text{anode}} = 0.78 - 0.96 = -0.18 \text{ V} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$\log K = \frac{nE^\circ_{\text{cell}}}{0.0592} \quad \text{หรือ} \quad E^\circ_{\text{cell}} = \frac{RT}{nF} \ln K$$

$$\log K = \frac{3 \times (-0.18)}{0.0592} = -9.12 \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

$$K = 10^{-9.12} = 7.6 \times 10^{-10}$$

12.3.2 ความเข้มข้นของกรดไนตริก = 1.8 (0.5 คะแนน) M

วิธีทำ

(ตอบเลขนัยสำคัญ 2 ตัว)

$$\text{ความเข้มข้นของ } \text{HNO}_3 = C_{\text{HNO}_3} = [\text{H}^+] = [\text{NO}_3^-]$$



$$K = \frac{(p_{\text{NO}_2})^3}{[\text{H}^+]^2 [\text{NO}_3^-]^2 p_{\text{NO}}} = 7.6 \times 10^{-10}$$

$$\frac{(p_{\text{NO}_2})^3}{(C_{\text{HNO}_3})^4 p_{\text{NO}}} = 7.6 \times 10^{-10} \quad (0.5 \text{ คะแนน})$$

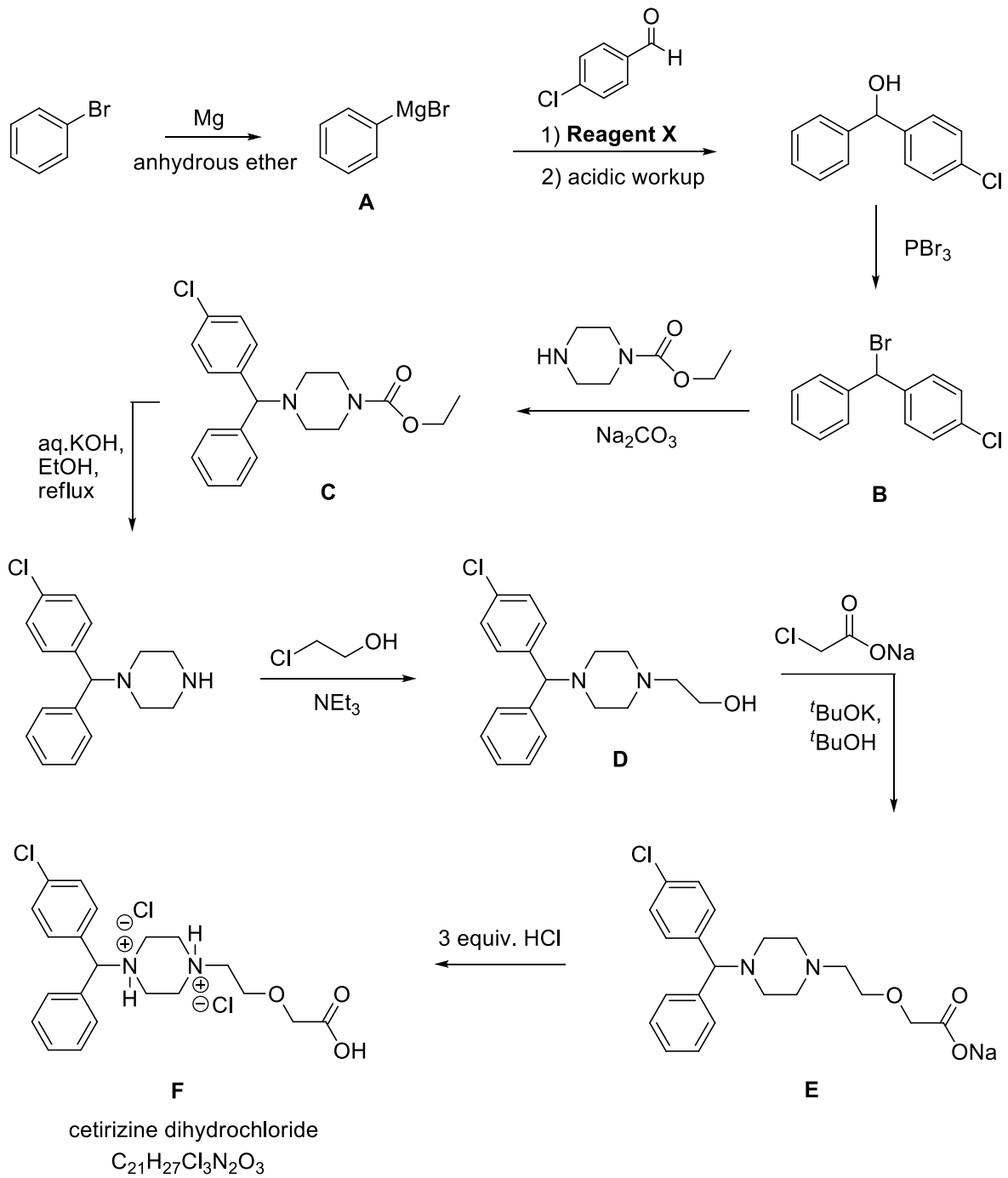
$$p_{\text{NO}_2} = \frac{0.20 \text{ mol NO}_2}{100 \text{ mol total}} \times 1.00 \text{ atm} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ atm} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$p_{\text{NO}} = 1.00 - 2.0 \times 10^{-3} = 0.998 \text{ atm} \quad (0.25 \text{ คะแนน})$$

$$\frac{(2.0 \times 10^{-3})^3}{(C_{\text{HNO}_3})^4 (0.998)} = 7.6 \times 10^{-10}$$

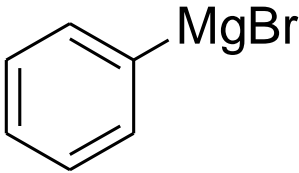
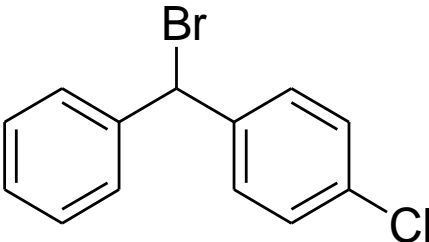
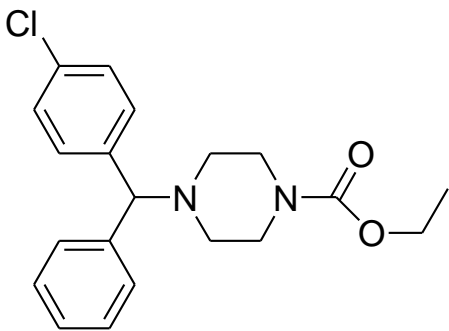
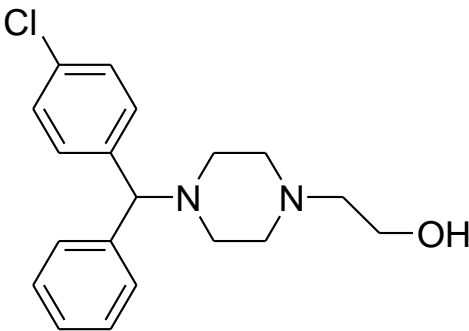
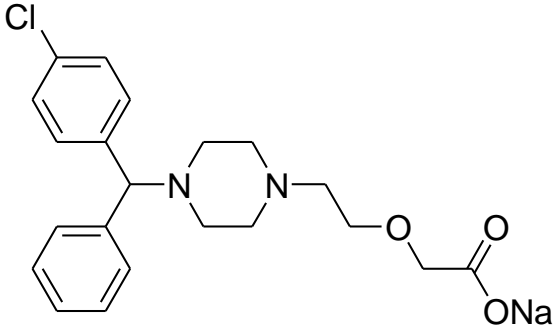
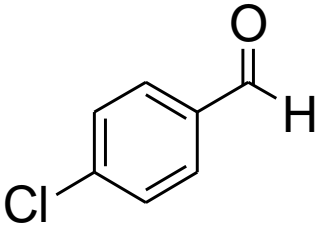
$$C_{\text{HNO}_3} = 1.8 \text{ M}$$

Solution to Problem 13 : Synthetic scheme

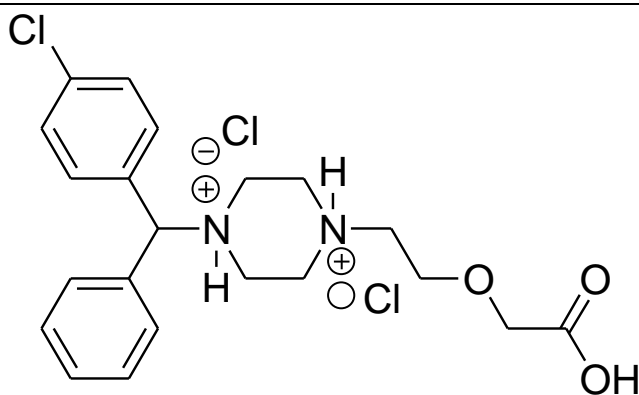


Answer to Problem 13 (9 points)

13.1 (6 points) Structures of compounds **A** to **E** and the structure of Reagent **X** are:

 <p>Compound A (1 point)</p>	 <p>Compound B (1 point)</p>
 <p>Compound C (1 point)</p>	 <p>Compound D (1 point)</p>
 <p>Or -COOK</p> <p>Or -COO⁻</p> <p>Compound E (1 point)</p>	 <p>Reagent X (1 point)</p>

13.2 (2 points) The structure of compound **F** as its ionic form with the protons at their correct positions:



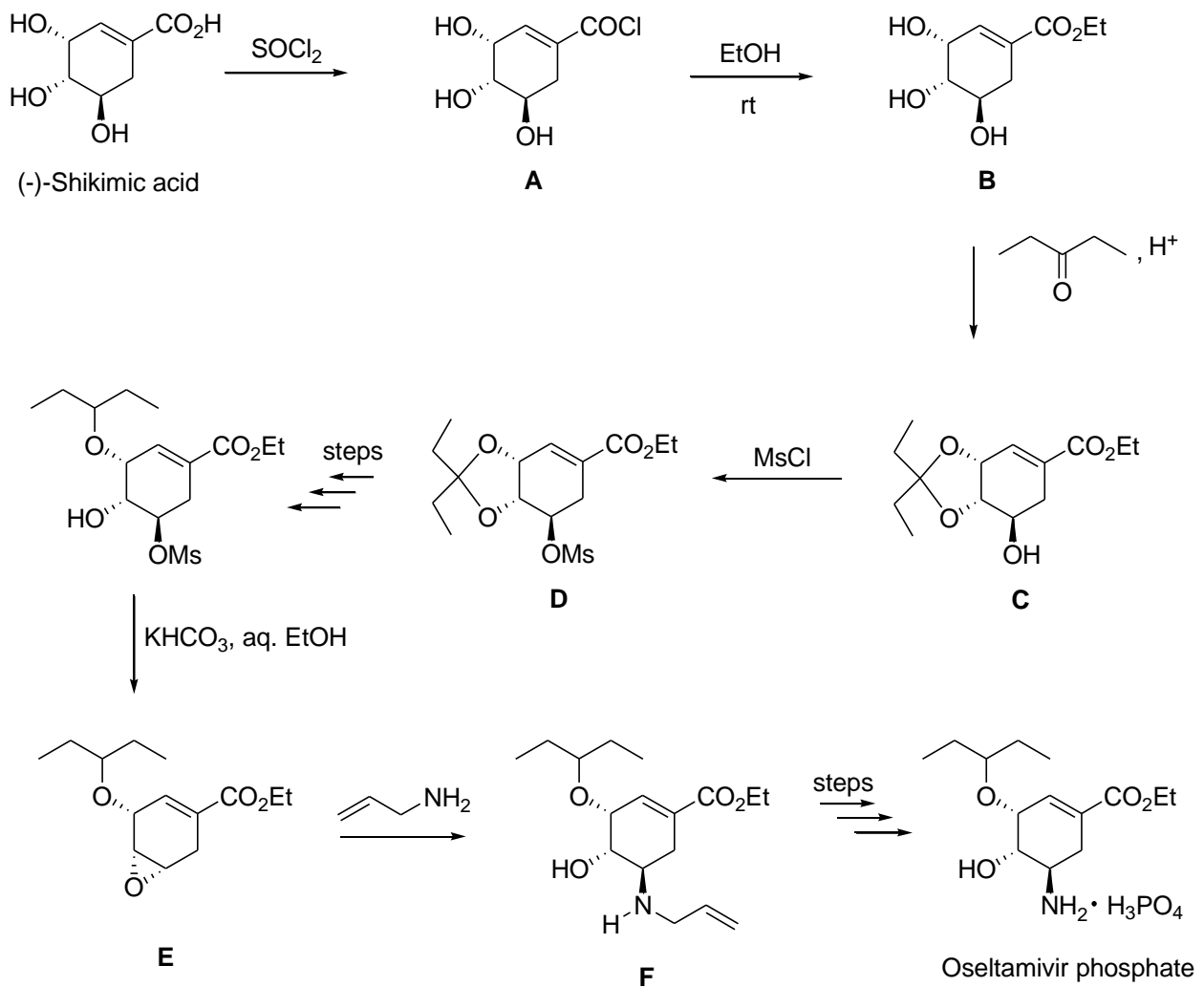
0.5 point for correct skeletal structure (no change from **E**)

0.5 point for correct placement of each proton x 3 positions = 1.5 points

13.3 (1 point) A reagent which may also be used instead of PBr_3 is

HBr or PBr_5

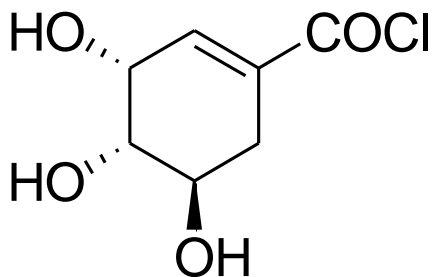
Solution to Problem 14 : Synthetic scheme



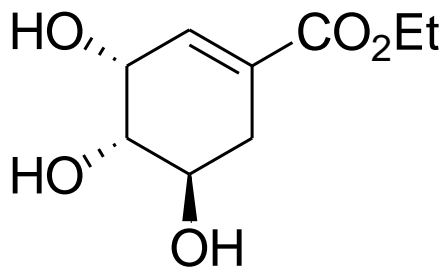
MsCl = $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{Cl}$

Answer to Problem 14 (7 points)

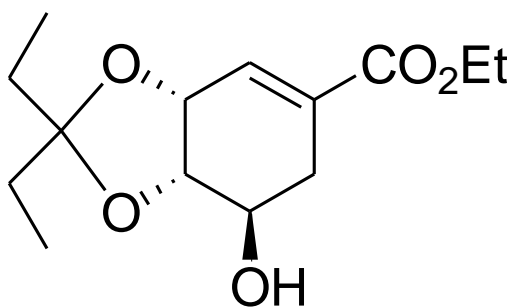
Structures of compounds A to F are:



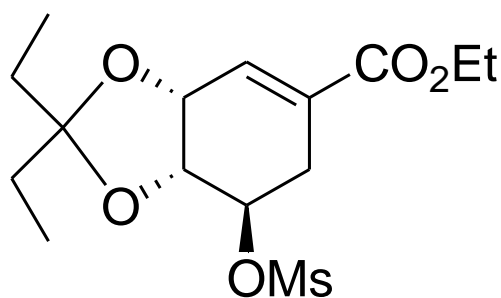
Compound A (1 point)



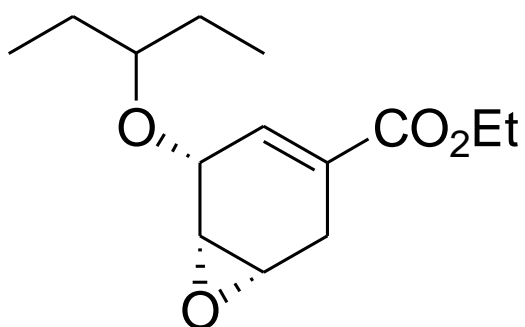
Compound B (1 point)



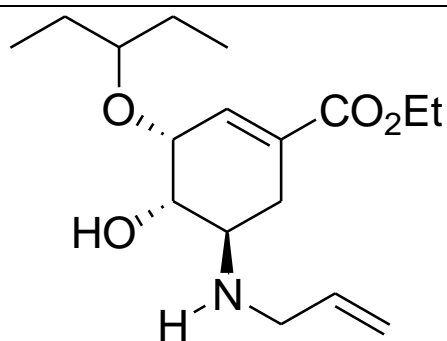
Compound C (1 point)



Compound D (1 point)



Compound E (1 point)

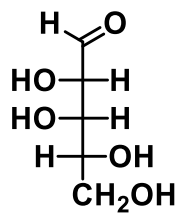


- Structure regardless of stereochem = 1 point
- Correct stereochemistry = 1 point

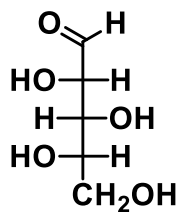
Compound F (2 points)

Answer to Problem 15 (13.5 points)

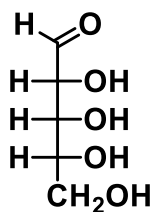
15.1 (2 points) Structure of C3 epimer of D-arabinose



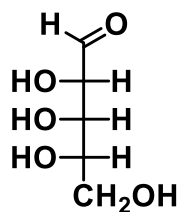
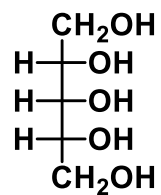
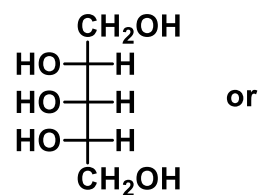
15.2 (2 points) Structure of the enantiomer of D-xylose



15.3 (4.5 points) Structure of compound A, B and C

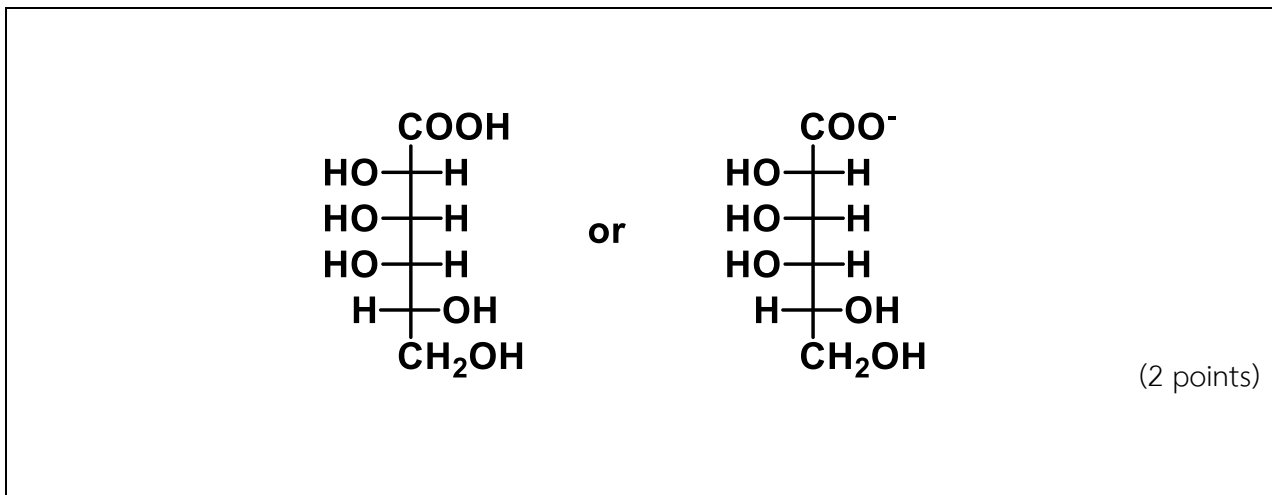


Compound A (1.5 points)

Compound B (สลับกับ A ได้)
(1.5 points)

Compound C (1.5 points)

15.4 (3 points) Structure of saccharide D



The pH of the solution of saccharide D should be

- ☐ pH is less than 7.
 ☐ pH is about 7.
 ☐ pH is more than 7.

☒ pH is less than 7. (1 point)

15.5 (2 points) Structure of L-talose

