



การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 16

ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วันอาทิตย์ที่ 6 ธันวาคม 2563

เวลา 09.00 – 14.00 น.

เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

เลขประจำตัวสอบ \_\_\_\_\_

## คำตอบข้อที่ 1 (10 คะแนน)

1.1 (1 คะแนน) สมการเคมีที่ดุลแล้วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของแร่ไพไรต์คือ



1.2 (2 คะแนน) สมการเคมีที่ดุลแล้วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



1.3 (2 คะแนน) ปริมาณกรดทั้งหมดในดิน = 300 mmol/kg (0.5)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด} = 15.00 \text{ mL KOH} \times \frac{0.100 \text{ mol KOH}}{1 \text{ L KOH}} \times \frac{1 \text{ L KOH}}{1000 \text{ mL KOH}} \quad (0.5)$$

$$\times \frac{1 \text{ mol H}^+}{1 \text{ mol KOH}} \times \frac{1000 \text{ mmol}}{1 \text{ mol}} \quad (0.5)$$

$$\times \frac{1}{5.00 \text{ g soil}} \times \frac{1000 \text{ g soil}}{1 \text{ kg soil}} \quad (0.5)$$

$$= 300 \text{ mmol H}^+/\text{kg soil}$$

1.4 (3 คะแนน) จะต้องใช้ปูนขาวไร่ละ

449

kg

(0.5)

ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณน้ำในดิน 1 ไร่} = \left( 1 \text{ ไร่} \times \frac{1,600 \text{ m}^2}{1 \text{ ไร่}} \times 1 \text{ m} \right) \text{ดิน} \times \frac{100 \text{ L น้ำ}}{1 \text{ m}^3 \text{ ดิน}} = 160,000 \text{ L} \quad (0.25)$$

$$\text{เริ่มต้น น้ำในดินมี pH} = 1.0 \quad \text{จาก pH} = -\log [\text{H}^+] \text{ ดังนั้น } [\text{H}^+] = 0.1 \text{ mol/L} \quad (0.25)$$

$$\text{สุดท้าย น้ำในดินมี pH} = 6.0 \quad \text{จาก pH} = -\log [\text{H}^+] \text{ ดังนั้น } [\text{H}^+] = 1 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \quad (0.25)$$

$$\text{ต้องกำจัดกรด} = 0.1 \text{ mol/L} - 1 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \approx 0.1 \text{ mol/L}$$

$$\text{เริ่มต้น กรดทั้งหมด} = \frac{0.1 \text{ mol H}^+}{1 \text{ L}} \times 160,000 \text{ L} = 16,000 \text{ mol H}^+ \quad (0.25)$$

$$\text{สมการการกำจัดกรดด้วย CaO คือ } \text{CaO} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \text{ต้องใช้ CaO} &= 16,000 \text{ mol H}^+ \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{2 \text{ mol H}^+} \times \frac{56.1 \text{ g CaO}}{1 \text{ mol CaO}} \times \frac{1 \text{ kg CaO}}{1000 \text{ g CaO}} \\ &= 448.8 \text{ kg} \end{aligned} \quad (1)$$

1.5 (2 คะแนน) ค่า CEC ของดิน =

25

meq / 100 g

(0.5)

ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม

วิธีคำนวณ

$$\text{CEC} = 100 \text{ mL} \times \frac{900 \text{ mg NH}_4^+}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \quad (0.5)$$

$$\times \frac{1 \text{ mmol NH}_4^+}{18.0 \text{ mg NH}_4^+} \times \frac{1 \text{ meq NH}_4^+}{1 \text{ mmol NH}_4^+} \quad (0.5)$$

$$\times \frac{1}{20.0 \text{ g soil}} \times \frac{100 \text{ g soil}}{100 \text{ g soil}} \text{ หรือ } \times \frac{1}{20.0 \text{ g soil}} \times \frac{5}{5} \quad (0.5)$$

$$= \frac{25.0 \text{ meq NH}_4^+}{100 \text{ g soil}}$$

## คำตอบข้อที่ 2 (4 คะแนน)

Cr ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ

☐ $\text{Cr}^{3+}$ ☒ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 

(0.5)

วิธีคำนวณ



$$E(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = E^\circ - \frac{0.0592}{4} \log \frac{1}{p_{\text{O}_2} [\text{H}^+]^4} \quad (0.5)$$

$$E = +1.23 - \frac{0.0592}{4} \log \frac{1}{0.209 (10^{-6.50})^4} \quad (0.5)$$

$$E = +1.23 - 0.395 = 0.835 \text{ V} \quad (0.5)$$

ที่สมดุล  $E(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 0.835 \text{ V} \quad (0.5)$



$$E = E^\circ - \frac{0.0592}{6} \log \frac{[\text{Cr}^{3+}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}][\text{H}^+]^{14}} \quad (0.5)$$

$$0.835 = +1.33 - \frac{0.0592}{6} \log \frac{[\text{Cr}^{3+}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}](10^{-6.50})^{14}} \quad (0.5)$$

$$\log \frac{[\text{Cr}^{3+}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} = -40.8$$

$$\frac{[\text{Cr}^{3+}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} = 10^{-40.8} = 1.48 \times 10^{-41} \quad (0.5)$$

แสดงว่า Cr ส่วนใหญ่อยู่ในรูป  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

## คำตอบข้อที่ 3 (7 คะแนน)

3.1 (4.5 คะแนน) สารในขวด A-I คือ

(คำตอบละ 0.5 คะแนน)

A	B	C	D	E	F	G	H	I
HNO <sub>3</sub>	AgNO <sub>3</sub>	KI	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	BaCl <sub>2</sub>	NaBr	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl

3.2 (2.5 คะแนน) ค่าการละลายของตะกอนที่เกิดขึ้น =

$$5.6 \times 10^{-9}$$

M

(0.5)

วิธีคำนวณ

คำนวณความเข้มข้นของ Ag<sup>+</sup> และ Cl<sup>-</sup> หลังผสม (dilution effect)

$$\text{ความเข้มข้น Ag}^+ = \frac{15 \text{ mL} \times 0.024 \text{ M}}{(15 + 30) \text{ mL}} = 0.0080 \text{ M} \quad (0.25 + 0.25)$$

$$\text{ความเข้มข้น Cl}^- = \frac{30 \text{ mL} \times 2 \times 0.030 \text{ M}}{(15 + 30) \text{ mL}} = 0.040 \text{ M} \quad (0.25 + 0.25)$$

หลังปฏิกิริยามี Cl<sup>-</sup> เหลืออยู่ = 0.040 - 0.0080 = 0.032 M ดังนั้น Cl<sup>-</sup> จึงเป็นไอออนร่วม (0.25)การละลาย (solubility) = [Ag<sup>+</sup>] = [Cl<sup>-</sup>] = s

$$[\text{Cl}^-] = [\text{Cl}^-]_{\text{AgCl}} + [\text{Cl}^-]_{\text{excess}} = s + 0.032 \quad (0.5)$$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = (s)(s + 0.032) = 1.80 \times 10^{-10} \quad (0.25)$$

การละลายเกิดน้อยมาก ดังนั้น  $(s)(s + 0.032) = 1.80 \times 10^{-10}$ 

$$s = 5.625 \times 10^{-9} \text{ M}$$

## คำตอบข้อที่ 4 (9 คะแนน)

4.1 (0.5 คะแนน) จำนวนโมลของ NaOH ที่ทำปฏิกิริยา =  $2.810 \times 10^{-3}$  mol (0.5)

4.2 (1.5 คะแนน) จำนวนโมลของ EDTA ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย 10.00 mL จาก

ขวด X =  $9.97 \times 10^{-5}$  mol (0.5)

ขวด Y =  $8.53 \times 10^{-5}$  mol (0.5)

ขวด Z =  $6.40 \times 10^{-5}$  mol (0.5)

4.3 (2.5 คะแนน) ความเข้มข้นของแคดไอออน (ชนิดที่พบในขวด X) ในน้ำตัวอย่าง =

$2.49 \times 10^{-2}$  M (0.5)

## วิธีคำนวณ

ความเข้มข้นของแคดไอออน (ชนิดที่พบในขวด X) ในน้ำตัวอย่าง

$$= 10.12 \text{ mL EDTA} \times \frac{9.85 \times 10^{-3} \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol cation}}{1 \text{ mol EDTA}} \quad (0.5)$$

$$\text{หรือ } 9.97 \times 10^{-5} \text{ mol EDTA} \times \frac{1 \text{ mol cation}}{1 \text{ mol EDTA}}$$

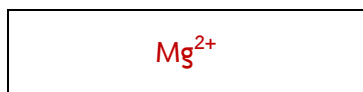
$$\times \frac{1}{10.00 \text{ mL soln (flask X)}} \quad (0.5)$$

$$\times \frac{50.00 \text{ mL soln (flask X)}}{20.00 \text{ mL water sample}} \quad (0.5)$$

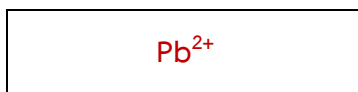
$$\times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \quad (0.5)$$

$$= 2.49 \times 10^{-2} \text{ mol/L or M}$$

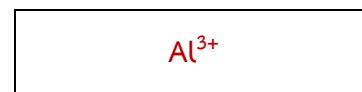
## 4.4 (4.5 คะแนน) ระบุชนิดของแคตไอออนที่ไม่ซ้ำกันในสารละลาย



ขวด X



ขวด Y



ขวด Z

- ชนิดไอออนถูก ได้ชนิดละ 1 คะแนน
- เรียงลำดับไอออน ถูกหมดได้ 1.5 คะแนน ถูก 2 ตำแหน่งได้ 0.75 คะแนน

## การทดลอง/ข้อมูลที่ได้ และวิธีคิด

- จาก D. สมบัติและข้อมูลเกี่ยวกับแคตไอออนสองชนิด
  - ข้อมูลจากข้อย่อย a: แสดงว่า แคตไอออนนี้เป็น  $\text{Pb}^{2+}$
  - ข้อมูลจากข้อย่อย b: แสดงว่า แคตไอออนนี้เป็น  $\text{Mg}^{2+}$
  - ทราบชนิดแคตไอออน 2 ชนิด แต่ยังไม่ทราบว่าอยู่ในขวดใด
- จากขั้นตอน A: ทราบจำนวนโมลของ NaOH ที่ทำปฏิกิริยา (คำตอบ 4.1)
  - จำนวนโมลของ NaOH ที่ทำปฏิกิริยา =  $2.810 \times 10^{-3} \text{ mol}$
  - จะเท่ากับจำนวนโมลของ  $\text{H}^+$  ทั้งหมดที่ถูกแลกเปลี่ยนโดยแคตไอออน (คำนึงถึงประจุของแคตไอออนด้วย)
- จากขั้นตอน B และ C: จะทราบจำนวนโมลของแคตไอออนในแต่ละขวด

สารละลาย จากขวด	จำนวนโมลของ EDTA ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ สารละลาย 10.00 mL (คำตอบ 4.2)	จำนวนโมลของ แคตไอออน ในขวดกำหนดปริมาตร ขนาด 50.00 mL	จำนวนโมลของ $\text{H}^+$ ที่ถูกแลกเปลี่ยนโดย แคตไอออน (ถ้าทุกชนิดมีประจุ 2+)	จำนวนโมลของ $\text{H}^+$ ที่ถูกแลกเปลี่ยนโดย แคตไอออน (ถ้าชนิดสุดท้ายมีประจุ 3+)
X	$9.97 \times 10^{-5}$	$4.98 \times 10^{-4}$	$9.97 \times 10^{-4}$	$9.97 \times 10^{-4}$
Y	$8.53 \times 10^{-5}$	$4.27 \times 10^{-4}$	$8.53 \times 10^{-4}$	$8.53 \times 10^{-4}$
Z	$6.40 \times 10^{-5}$	$3.20 \times 10^{-4}$	$6.40 \times 10^{-4}$	$9.60 \times 10^{-4}$

- ถ้าแคตไอออนทุกชนิดมีประจุ 2+ >> จำนวนโมลของ  $\text{H}^+$  ที่ถูกแลกเปลี่ยน =  $2.490 \times 10^{-3} \text{ mol}$
  - ถ้าแคตไอออนชนิดสุดท้ายมีประจุ 3+ >> จำนวนโมลของ  $\text{H}^+$  ที่ถูกแลกเปลี่ยน =  $2.810 \times 10^{-3} \text{ mol}$
  - แคตไอออนชนิดเดียวที่มีประจุ 3+ คือ  $\text{Al}^{3+}$  (ดูคำอธิบายข้อ 4 ประกอบว่าเหตุใดต้องเป็นชนิดสุดท้าย)
- จากหมายเหตุ (ข้อมูลแสดงแรงกระทำระหว่างไอออนกับแคตไอออนเอกซ์เชนจ์เรซิน) ซึ่ง  $\text{Al}^{3+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ 
    - ลำดับการชะออกมาของแคตไอออนคือ  $\text{Mg}^{2+}$  (มีแรงกระทำน้อยสุด) ออกก่อน ตามด้วย  $\text{Pb}^{2+}$  และ  $\text{Al}^{3+}$
    - สรุป แคตไอออนที่พบในขวด X, Y และ Z คือ  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  และ  $\text{Al}^{3+}$  ตามลำดับ

## คำตอบข้อที่ 5 (9 คะแนน)

5.1 (2 คะแนน) สมการโมเลกุล (molecular equation) แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น พร้อมระบุสถานะด้วย

(1)	$A(NO_3)_2(aq) + KI(aq) \rightarrow Al_2(s) + 2KNO_3(aq)$	(0.5)
(2)	$A(NO_3)_2(aq) + Na_2S(aq) \rightarrow AS(s) + 2NaNO_3(aq)$	(0.5)
(3)	$A(NO_3)_2(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow A(OH)_2(s) + 2NaNO_3(aq)$	(0.5)
(4)	$A(OH)_2(s) + 2NaOH(aq) \rightarrow Na_2[A(OH)_4](aq)$	(0.5)

5.2 (1.5 คะแนน) สมการโมเลกุล (molecular equation) แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น พร้อมระบุสถานะด้วย

$D_2O_3(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2DCl_3(aq) + 3H_2O(l)$	(0.5)
$DCl_3(aq) + 3KI(aq) \rightarrow KI_3(aq) + DCl(s) + 2KCl$	(1)
หรือ $DCl_3(aq) + 2KI(aq) \rightarrow I_2(aq) + DCl(s) + 2KCl$	

5.3 (1 คะแนน) สูตรเคมีของผลึกซัลเฟตที่เกิดขึ้นคือ



5.4 (3.5 คะแนน)

(1) สูตรของสารประกอบ X คือ



(2) เลขโคออร์ดิเนชันของ M =

6	(0.5)
---	-------

(3) ความหนาแน่นของผลึก X =

6.75	$g\ cm^{-3}$	(2)
------	--------------	-----

5.5 (1 คะแนน)

ธาตุ A คือ

ตะกั่ว (Pb)	(0.5)
-------------	-------

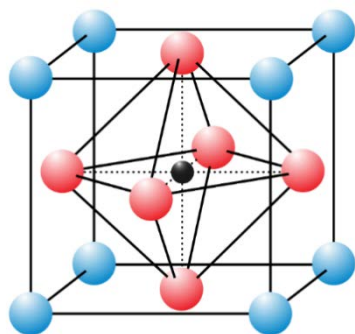
ธาตุ D คือ

เทลเลียม (Tl)	(0.5)
---------------	-------



ธาตุ A	ธาตุ D	ธาตุ E	ธาตุ G	ธาตุ M
Pb	Tl	Al	C	Zr

## วิธีคิด ข้อ 5.4



จำนวนไอออนในหน่วยเซลล์

$$\text{ที่มุม (A}^{a+}\text{)} = 8 \times 1/8 = 1$$

$$\text{ที่ศูนย์กลาง (M}^{m+}\text{)} = 1$$

$$\text{ที่กึ่งกลางหน้า (O}^{2-}\text{)} = 6 \times 1/2 = 3$$

(1) สูตรของสารประกอบ X คือ  $\text{AMO}_3$  หรือ  $\text{PbZrO}_3$

(2) M มี O ห้อมล้อมอยู่ 6 ไอออน

จากข้อมูลที่โจทย์กำหนด จะสรุปได้ว่า A อยู่ในหมู่ 14 (หรือ IVA) ไอออนมีประจุ  $2+$  [ $\text{Pb}^{2+}$ ]

และ M อยู่ในหมู่ 4 (หรือ IVB) ไอออนมีประจุ  $4+$  [ $\text{Zr}^{4+}$ ]

กำหนดรัศมีไอออน :  $r(\text{A}^{a+}) = 120 \text{ pm}$ ,  $r(\text{M}^{m+}) = 80 \text{ pm}$ ,  $r(\text{O}^{2-}) = 140 \text{ pm}$

เนื่องจาก  $\text{O}^{2-}$  สัมผัสกับ  $\text{M}^{4+}$  จะได้

$$\text{ความยาวตามขอบของหน่วยเซลล์} = 140 + (2 \times 80) + 140 = 440 \text{ pm} = 440 \times 10^{-10} \text{ cm}$$

$$\text{ปริมาตรของหน่วยเซลล์} = (440 \times 10^{-10})^3 \text{ cm}^3$$

$$\text{มวลรวมของหน่วยเซลล์} = \frac{[207 + 91.2 + (3 \times 16)] \text{ g/mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ unit cells/mol}} = \frac{346.2}{6.02 \times 10^{23}} = 5.75 \times 10^{-22} \text{ g/unit cell}$$

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{5.75 \times 10^{-22} \text{ g}}{(440 \times 10^{-10})^3 \text{ cm}^3} = 6.75 \text{ g/cm}^3$$

คำตอบข้อที่ 6 (11 คะแนน) ใช้สัญลักษณ์ตามตารางธาตุ เขียนชื่อธาตุและสารด้วยตัวอักษรอังกฤษ

6.1 (1 คะแนน)

ธาตุ R คือ

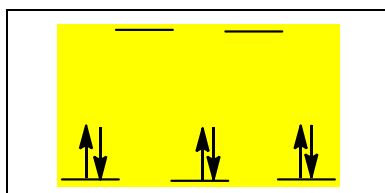
vanadium

(1)

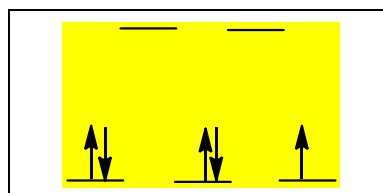
6.2 (2 คะแนน)

แผนภาพแสดงระดับ  
พลังงานของ d-orbital

$(\text{NEt}_4)\text{R}(\text{CO})_6$



$\text{R}(\text{CO})_6$



(2)

6.3 (3 คะแนน)

สูตรสารเชิงซ้อนสีม่วง

$[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$

สีเขียวเข้ม

$[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$

(1+1)

สารสี ☒ เหลือง ☐ ฟ้ำ  
☐ เขียวเข้ม ☐ ม่วง

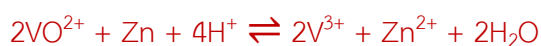
มี geometrical isomer ที่เป็นไปได้คือ

cis trans

(1)

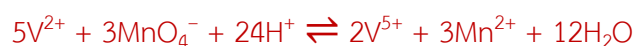
6.4 (2 คะแนน) สมการแสดงปฏิกิริยา

กับสังกะสี



(1)

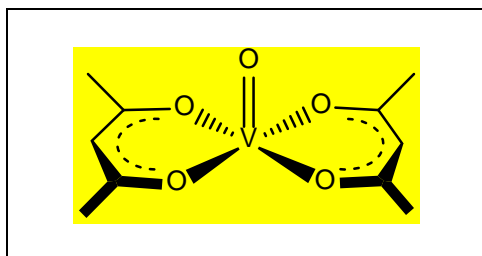
กับ  $\text{MnO}_4^-$



(1)

6.5 (2 คะแนน)

รูปโครงสร้าง



รูปร่าง

square pyramid

(1+1)

6.6 (1 คะแนน) ชื่อกรดซัลฟิวริกตามหลักการเรียกชื่อสารประกอบโคออร์ดิเนชัน

dihydroxidodioxidosulfur

(1)

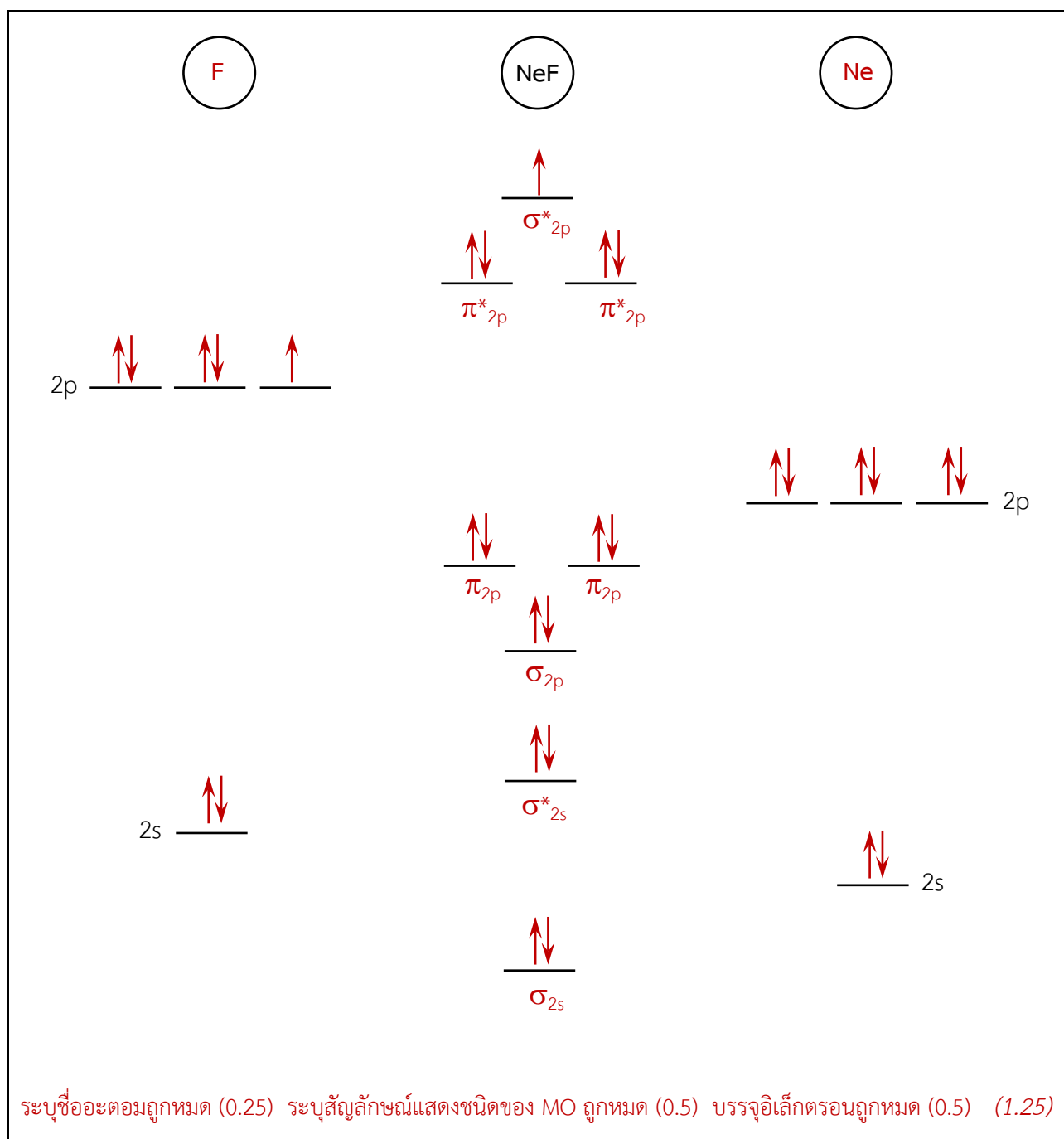
**แนวคิด**

- R เป็นธาตุแทรนซิชันคาบ 4 กลุ่ม 3d (สารเชิงซ้อนมีเลขออกซิเดชันหลายค่าและมีหลายสี)
- a) oxides อาจเป็น  $RO$ ,  $RO_5$ ,  $R_2O$ ,  $R_2O_5$  แสดงว่า R มีเลขออกซิเดชันได้ถึง 5 ควรเป็น V (ไม่ใช่ Mn) // แม้จะมี  $Cr^{VI}O_5$  ซึ่งไม่ใช่ oxide หากเป็น chromium oxide peroxide แต่ยืนยันว่า ไม่ใช่ Cr จากสารประกอบ CO
- b) สารประกอบ CO ยืนยันว่าเป็น V ( $Cr(CO)_6$  ไม่เป็น radical และไม่เกิด  $[Cr(CO)_5]^{3-}$ ) // กรณีเดียวที่ทำให้สารประกอบ CO ทั้ง 3 ชนิดมีสมบัติทางแม่เหล็กต่างกัน คือ การเกิด low spin complex (ไม่ต้องรู้ว่า CO เป็น strong field ligand ก็ได้) //  $NEt_4V(CO)_6 - d^6$  ;  $V(CO)_6 - d^5$
- c) และ d) สังเกตสีเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดี ทำให้เกิดรีดักชันจาก เหลือง  $V^V \rightarrow$  เขียวอ่อน (สีผสมเหลือง-ฟ้า)  $\rightarrow$  ฟ้า  $V^{IV} \rightarrow$  เขียวเข้ม  $V^{III} \rightarrow$  ม่วง  $V^{II}$  // cation exchange resin แสดงให้เห็นว่า สารสีเหลืองซึ่งออกมาก่อนมีประจุน้อยที่สุด สีเขียวเข้มที่ออกมาหลังสุดมีประจุมากที่สุด ส่วนสีฟ้าและม่วงมีประจุเท่ากันเพราะแยกด้วยคอลัมน์ไม่ได้
- e)  $KMnO_4$  0.200 M 5.00 mL ( $Mn^{VII} \rightarrow Mn^{II}$ ) = 5 mmol  $e^-$ ;  $KMnO_4$  15.00 mL = 15.0 mmol  $e^-$ ;  $V^{2+}$  0.100 M 50.0 mL = 5.00 mmol แสดงว่า การไทเทรตจากม่วง  $\rightarrow$  เขียวเข้ม  $\rightarrow$  ฟ้า  $\rightarrow$  เหลือง แต่ละสีเกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งละ 1  $e^-$
- จากโจทย์ สารสีเหลือง ฟ้า เขียวเข้ม ม่วง เป็นออกตะฮีดรัลทั้งหมด จาก  $[VO_x(H_2O)_y]^{(3-x)+}$  แสดงว่า x มีค่า 0 – 2 (ถ้าเป็น 3 จะเป็น  $V^{6+}$  ซึ่งเป็นไปไม่ได้) สูตรจึงเป็น เหลือง  $[VO_2(H_2O)_4]^+$  ฟ้า  $[V^{IV}O(H_2O)_5]^{2+}$  เขียว  $[V^{III}(H_2O)_6]^{3+}$  และ ม่วง  $[V^{II}(H_2O)_6]^{2+}$  ประจูดคล้องกับลำดับสารที่ออกมาจากคอลัมน์ ตัวที่มี geometrical isomer ได้คือ cis- และ trans- $[V^{VO}_2(H_2O)_4]^+$
- จากปฏิกิริยา Q มีสูตรเป็น  $VO(acac)_2$  เนื่องจาก acetylacetate เป็น bidentate ligand จึงควรเป็น square pyramid (หากเป็น trigonal bipyramid จะมี enantiomer)

## คำตอบข้อที่ 7 (10 คะแนน)

## 7.1 (2 คะแนน)

## 7.1.1 MO diagram ของ NeF

7.1.2 เปรียบเทียบอันดับพันธะของ NeF, NeF<sup>+</sup>, และ NeF<sup>-</sup> ได้ดังนี้

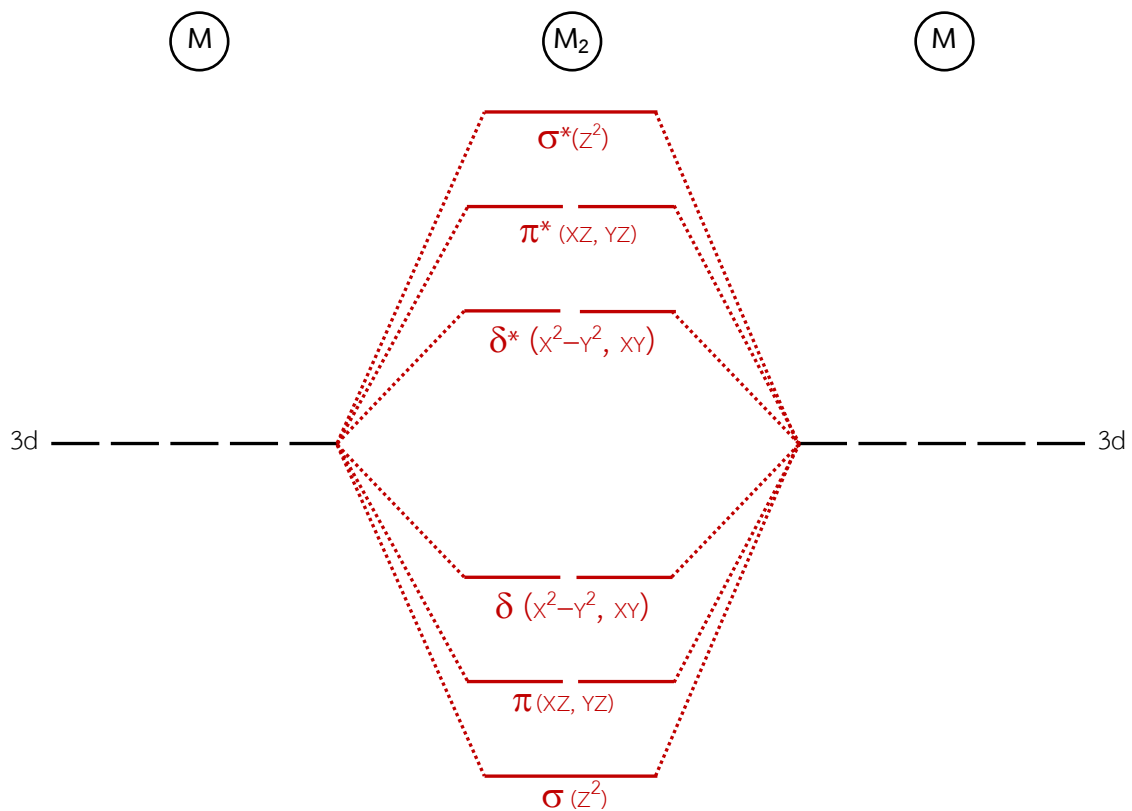
(0.5 ต้องถูกทั้งหมด)

7.1.3 โมเลกุล/ไอออนที่เสถียรที่สุดคือ ☐ NeF ☒ NeF<sup>+</sup> ☐ NeF<sup>-</sup>

(0.25)

เลขประจำตัวสอบ \_\_\_\_\_

## 7.2 (3 คะแนน) MO diagram ของโมเลกุลอะตอมคู่ของธาตุที่มีอิเล็กตรอนใน 3d orbital

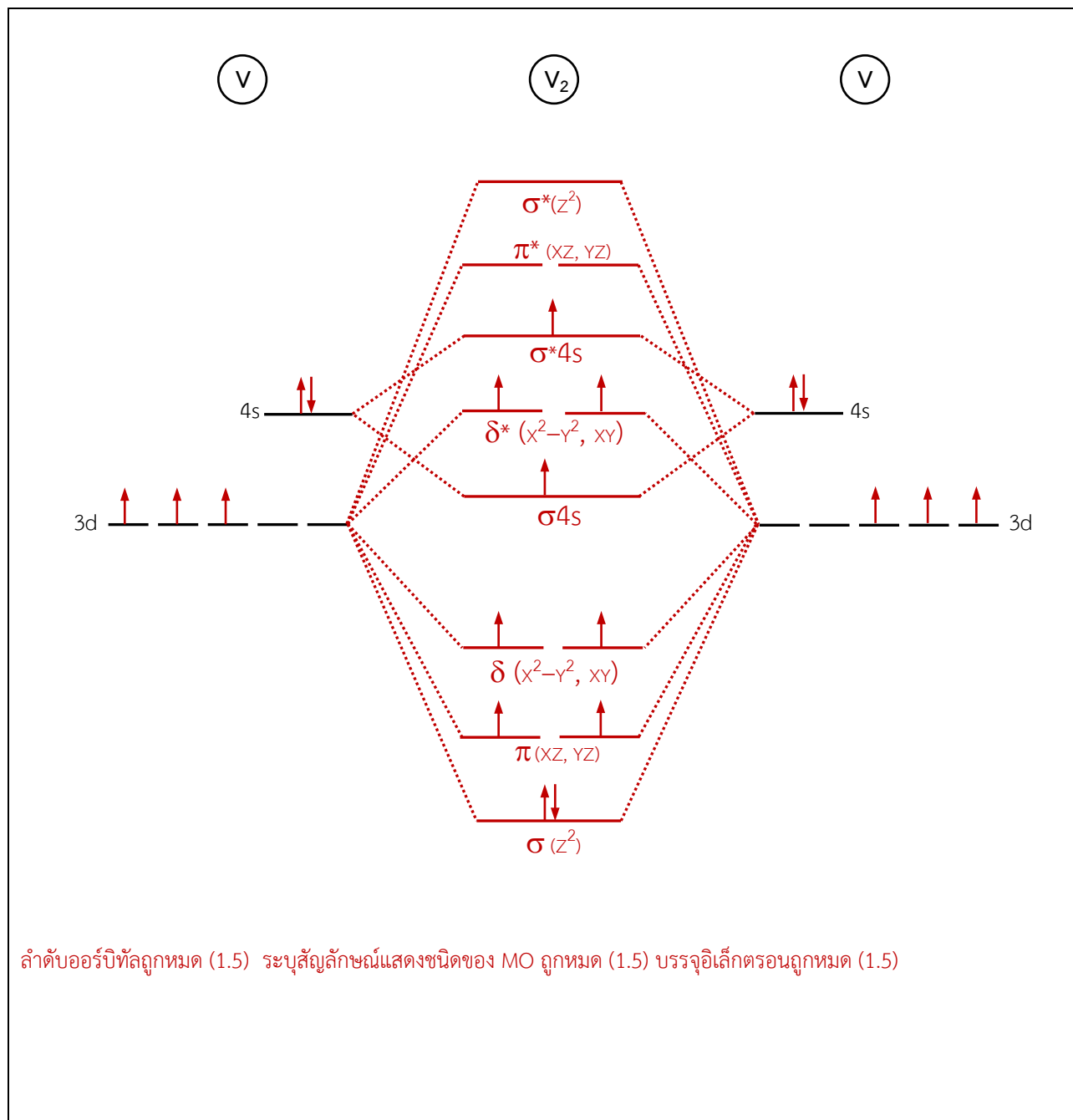


ลำดับออร์บิทัลถูกต้อง (1.5) ระบุสัญลักษณ์แสดงชนิดของ MO ถูกหมด (1.5)

## 7.3 (5 คะแนน)

7.3.1 MO diagram ของ  $V_2$ 

(4.5)

7.3.2 อันดับพันธะของ  $V_2$  =

$$(7 - 3)/2 = 2$$

(0.5)

## คำตอบข้อที่ 8 (10 คะแนน)

8.1 (1.7 คะแนน) ความเข้มข้นเริ่มต้นของ  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  และ  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ในสารละลายผสม และอัตราการเกิดปฏิกิริยาในแต่ละการทดลองเป็นดังนี้

การทดลอง ครั้งที่	ความเข้มข้นเริ่มต้นในสารละลายผสม (M)			$\Delta t$ (s)	Rate (M s <sup>-1</sup> )
	$[\text{I}^-]$	$[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$	$[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]$		
1	0.080	0.028	0.0010	19	$2.6 \times 10^{-5}$
2	0.080	0.028	0.0010	34	$1.5 \times 10^{-5}$
3	0.080	0.020	0.0010	51	$9.8 \times 10^{-6}$
4	0.056	0.040	0.0010	36	$1.4 \times 10^{-5}$
5	0.040	0.040	0.0010	54	$9.3 \times 10^{-6}$
6	0.024	0.040	0.0010		

ค่าถูกต้อง (0.1 × 4) (0.1 × 3) (0.1) (0.1 × 5)

นัยสำคัญถูกต้อง (0.1) (0.1) (0.1) (0.1)

## 8.2 (2 คะแนน)

ที่อุณหภูมิ 30 °C	อันดับของปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ $I^-$	=	1	(0.5)
	อันดับของปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ $S_2O_8^{2-}$	=	1	(0.5)
	อันดับรวมของปฏิกิริยา	=	2	(0.2)

ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม

## วิธีคำนวณ

	$Rate = k [I^-]^m [S_2O_8^{2-}]^n$	
การทดลองครั้งที่ 2;	$1.5 \times 10^{-5} = k (0.080)^m (0.028)^n$	.....(a)
การทดลองครั้งที่ 3;	$9.8 \times 10^{-6} = k (0.080)^m (0.020)^n$	.....(b)
การทดลองครั้งที่ 4;	$1.4 \times 10^{-5} = k (0.056)^m (0.040)^n$	.....(c)
การทดลองครั้งที่ 5;	$9.3 \times 10^{-6} = k (0.040)^m (0.040)^n$	.....(d) (0.4)
(a)/(b);	$\frac{1.5 \times 10^{-5}}{9.8 \times 10^{-6}} = \left(\frac{0.028}{0.020}\right)^n$	
	$1.5 = 1.4^n$	(0.2)
	$n = 1$	
(c)/(d);	$\frac{1.4 \times 10^{-5}}{9.3 \times 10^{-6}} = \left(\frac{0.056}{0.040}\right)^m$	
	$1.5 = 1.4^m$	(0.2)
	$m = 1$	
	อันดับรวมของปฏิกิริยา = $m + n = 1+1$	
	$= 2$	



## 8.3 (3.2 คะแนน)

ค่าคงที่อัตรา ( $k$ )	=	$6.7 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$	(ระบุหน่วย)	(0.5+0.25)
อัตราการเกิดปฏิกิริยา	=	$6.4 \times 10^{-6}$	$\text{M s}^{-1}$	(0.5)
ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยา	=	78	s (ตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม)	(0.5)

วิธีคำนวณ

การทดลองครั้งที่ 2	rate	=	$k[\text{I}^-][\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$	
	$k$	=	$\frac{\text{rate}}{[\text{I}^-][\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}$	
	$k_2$	=	$\frac{(1.5 \times 10^{-5} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1})}{(0.080 \text{ M})(0.028 \text{ M})}$	(3×0.2)
	$k_2$	=	$6.7 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$	
การทดลองครั้งที่ 6	rate <sub>6</sub>	=	$(6.7 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1})(0.024 \text{ M})(0.040 \text{ M})$	(3×0.2)
	rate <sub>6</sub>	=	$6.4 \times 10^{-6} \text{ M s}^{-1}$	
	rate	=	$-\frac{\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{\Delta t}$ ; $-\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] = \frac{1}{2} [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]$	
	rate	=	$\frac{1}{2} \cdot \frac{[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]}{\Delta t}$	
	$\Delta t$	=	$\frac{1}{2} \cdot \frac{[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]}{\text{rate}}$	
	$\Delta t$	=	$\frac{1}{2} \cdot \frac{(0.0010 \text{ M})}{(6.4 \times 10^{-6} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1})}$	(0.25)
	$\Delta t$	=	78 s	

## 8.4 (3.1 คะแนน)

พลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) = 47  $\text{kJ mol}^{-1}$  (1)

วิธีคำนวณ

หาค่า  $k_1$   $k = \frac{\text{rate}}{[\text{I}^-][\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}$

$$k_1 = \frac{(2.6 \times 10^{-5} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1})}{(0.080 \text{ M})(0.028 \text{ M})} \quad (3 \times 0.1)$$

$$k_1 = 1.2 \times 10^{-2} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1} \quad \text{**คำตอบถูก**} \quad (0.5)$$

จาก Arrhenius equation  $k = Ae^{-E_a/RT}$  \*\*สมการอาร์เรเนียส\*\* (0.2)

$$\log k = \log A - \frac{E_a}{2.303 RT} \quad \text{**take log**} \quad (0.2)$$

การทดลองครั้งที่ 1  $\log k_1 = \log A - \frac{E_a}{2.303 RT_1}$

การทดลองครั้งที่ 2  $\log k_2 = \log A - \frac{E_a}{2.303 RT_2}$

$$\log \frac{k_1}{k_2} = -\frac{E_a}{2.303 R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (0.2)$$

$$\log \frac{1.2 \times 10^{-2} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}}{6.7 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}} = -\frac{E_a}{2.303 \times 8.314} \left( \frac{1}{40 + 273.15} - \frac{1}{30 + 273.15} \right)$$

(0.2) (0.2) (0.1) (0.1)

$$E_a = 4.7 \times 10^4 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$= 47 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \quad \text{**เปลี่ยน J เป็น kJ**} \quad (0.1)$$

## คำตอบข้อที่ 9 (10 คะแนน)

9.1 (0.5 คะแนน) การคายแสงนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนของ

9.2 (1.25 คะแนน) ความเร็วเฉลี่ยของอิเล็กตรอน =  $5.93 \times 10^7$  m/s (0.25)

วิธีคำนวณ

$$\text{พลังงานทั้งหมด} = (15.0 \text{ C/s})(2.00 \text{ s}) \left( 10.0 \text{ kV} \times \frac{1000 \text{ V}}{1 \text{ kV}} \right) \left( \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C} \cdot \text{V}} \right) = 3.00 \times 10^5 \text{ J} \quad (0.4)$$

\*\*วงเล็บละ 0.1\*\*

$$\text{จำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมดที่มี} = \frac{(15.0 \text{ C/s})(2.00 \text{ s})}{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C/e}^-)} = 1.88 \times 10^{20} \text{ e}^- \quad (0.3)$$

\*\*วงเล็บละ 0.1\*\*

$$\text{พลังงานเฉลี่ยต่อ 1 อิเล็กตรอน} = \frac{(3.00 \times 10^5 \text{ J})}{(1.88 \times 10^{20} \text{ e}^-)} = 1.60 \times 10^{-15} \text{ J/e}^- \quad (0.1)$$

\*\*การตั้งหาร\*\*

จากพลังงานจลน์เท่ากับ  $\frac{1}{2}mv^2$  จะได้ว่า

$$(1.60 \times 10^{-15} \text{ J}) = \frac{1}{2} (9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}) v^2 \quad (0.2)$$

\*\*วงเล็บละ 0.1\*\*

ดังนั้น ความเร็วเฉลี่ยของอิเล็กตรอน (v) เท่ากับ  $5.93 \times 10^7 \text{ m/s}$ 9.3 (1.5 คะแนน) ความดันภายในหลอดแก้วเพิ่มขึ้น = 0.698 atm (0.25)

วิธีคำนวณ

จาก  $PV = nRT$  (0.25)

$$P_1(0.100 \text{ L}) = (2.00 \times 10^{-4} \text{ mol}_{\text{H}_2})(0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(298 \text{ K}) \quad (1)$$

$$P_2(0.100 \text{ L}) = \left( \frac{2 \text{ mol}_{\text{H atom}}}{1 \text{ mol}_{\text{H}_2}} \right) (2.00 \times 10^{-4} \text{ mol}_{\text{H}_2})(0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(2,273 \text{ K})$$

\*\*ใช้ K, ใช้ R ถูก, คิดโมล H, หาผลต่าง

$$\Delta P(0.100 \text{ L}) = (2.00 \times 10^{-4} \text{ mol})(0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})[(2 \cdot 2273 - 298) \text{ K}]$$

=> จุดละ 0.25\*\*

$$\Delta P = 0.698 \text{ atm}$$

ดังนั้น ความดันภายในหลอดแก้วเพิ่มขึ้น 0.649 atm

## 9.4 (2.5 คะแนน)

เกิดการเปลี่ยนแปลงจากระดับพลังงาน  $n =$ 

6 (หรือ 2)

ไประดับพลังงาน  $n =$ 

2 (หรือ 6)

(0.5)

\*ต้องถูกทั้งสองที่\*

วิธีคำนวณ

จาก 
$$\frac{1}{\lambda} = Z^2 R \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$$

เนื่องจากการคายแสง จึงต้องกลับสมการริดเบิร์กเป็น

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2 R \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

จะได้ 
$$\frac{1}{(410.1 \times 10^{-9} \text{ m})} = (1)^2 (1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$$

(0.75)

\*\*วงเล็บละ 0.25\*\*

$$\left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) = 0.2223$$

การคายแสงในช่วงที่ตามองเห็นเป็น Balmer series มี  $n_f = 2$ 

(0.25)

ทดลองแทนค่า  $n_i$  เป็น 3, 4, 5, 6

(1)

จะพบว่า  $n_f = 6$  และ  $n_i = 2$  ทำให้สมการเป็นจริง

\*\*ต้องคิดเลขจาก  
4 สมการ ให้สมการ  
ละ 0.25\*\*

## 9.5 (1.5 คะแนน) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นคายแสงที่มี

ความยาวคลื่น =  $15.50 \text{ (0.25)}$  nm และมีพลังงาน =  $1.282 \times 10^{-17} \text{ (0.25)}$  J  
 \*\*เครื่องหมายต้องถูกด้วย\*\*      \*\*เครื่องหมายต้องถูกด้วย\*\*

วิธีคำนวณ

จาก  $\frac{1}{\lambda} = Z^2 R \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$

เนื่องจากการคายแสง จึงต้องกลับสมการริดเบิร์กเป็น

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2 R \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

จะได้  $\frac{1}{\lambda} = (11)^2 (1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{3^2} \right)$  (0.75)

$$\lambda = 1.550 \times 10^{-8} \text{ m} \text{ หรือ } 15.50 \text{ nm}$$

\*\*วงเล็บละ 0.25\*\*

นั่นคือ คายแสงที่มีความยาวคลื่น 15.50 นาโนเมตร

พลังงานของแสง 1 โฟตอนที่คายออกมาหาได้จาก

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

จะได้  $E = (6.626 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}) \frac{(2.998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})}{(1.550 \times 10^{-8} \text{ m})}$  (0.25)  
 $= 1.282 \times 10^{-17} \text{ J}$

ดังนั้น 1 โฟตอนที่คายออกมามีพลังงาน  $1.282 \times 10^{-17}$  จูล

## 9.6 (1.5 คะแนน) ค่าที่คำนวณด้วยสมการริดเบิร์กคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเพราะ

- ไม่ใช่ระบบ 1 อิเล็กตรอน หรือ shielding effect (0.5)
- การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น คือ  $3p \rightarrow 3s$  แต่สมการคิดได้แค่จาก  $4 \rightarrow 3$  (0.5)
- $R$  ที่ใช้เป็นของ  $H \text{ atom}$  ไม่ใช่  $Na \text{ atom}$  (0.5)

9.7 (1.25 คะแนน)  $Z_{eff}$  ของอิเล็กตรอนที่เปลี่ยนแปลงระดับพลังงานควรมีค่า =

1.362 (0.25)

วิธีคำนวณ

จาก 
$$\frac{1}{\lambda} = Z_{eff}^2 R \left( \frac{1}{(n_i - 0.551)^2} - \frac{1}{(n_f + 0.464)^2} \right)$$

เนื่องจากการคายแสง จึงต้องกลับสมการเป็น

$$\frac{1}{\lambda} = Z_{eff}^2 R \left( \frac{1}{(n_f - 0.551)^2} - \frac{1}{(n_i + 0.464)^2} \right)$$

จะได้ 
$$\frac{1}{(589.0 \times 10^{-9} \text{ m})} = Z_{eff}^2 (1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left( \frac{1}{(3 - 0.551)^2} - \frac{1}{(3 + 0.464)^2} \right)$$

(0.75)

**\*\*วงเล็บละ 0.25\*\***

$$Z_{eff}^2 = 1.856$$

(0.25)

**\*\*ถอดรูท\*\***

ดังนั้น  $Z_{eff}$  ของอิเล็กตรอนตัวที่เปลี่ยนแปลงระดับพลังงานนี้ควรมีค่าเท่ากับ 1.362

## คำตอบข้อที่ 10 (10 คะแนน)

10.1 (2 คะแนน) อุณหภูมิของน้ำ

☒ เพิ่มขึ้น  
☐ ลดลง

เท่ากับ

0.204

°C

tick (0.25)

value (0.25)

วิธีคำนวณ

ความร้อนตลอดวันจากดวงอาทิตย์

$$q = 18.0 \text{ MJ m}^{-2} = 18.0 \times 10^3 \text{ kJ m}^{-2}$$

&lt;คิดต่อน้ำ พื้นที่ 1 ตารางเมตร&gt;

สำหรับน้ำ ปริมาตร

$$V = 1 \text{ m}^2 \times (30.86 - 9.71) \text{ m} = 21.15 \text{ m}^3$$

depth (0.25)

or 0.99625

มวล

$$m = 21.15 \text{ m}^3 \times \left( \frac{0.99624 \text{ g}}{10^{-6} \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right)$$

$$= 2.107 \times 10^4 \text{ kg} = 21.07 \text{ ton}$$

choice of density (0.25)

mass conversion (0.25)

&lt;คิดต่อ 1 วัน&gt;

คำนวณอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจาก

$$q = mc\Delta T$$

equation (0.25)

$$)+18.0 \times 10^3 \text{ kJ} (= )2.107 \times 10^4 \text{ kg})(4.18 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (\Delta T$$

choice of  $C_p$  (0.25)

$$)18.0 \times 10^3 \text{ kJ}($$

$$\Delta T = \frac{18.0 \times 10^3 \text{ kJ}}{2.107 \times 10^4 \text{ kg})(4.18 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}($$

$$= 0.204 \text{ K}$$

calculation (0.25)

10.2 (1.5 คะแนน) งานในการขยายตัวของน้ำ =

-2.29

kJ

sign (0.25)

แสดงเครื่องหมายให้ชัดเจน

magnitude (0.25)

วิธีคำนวณ

งานความดันปริมาตร-

$$w = -P\Delta V$$

equation (0.25)

30.0 °C

26.0 °C

$$w = - )101.325 \times 10^3 \text{ N m}^{-2} \left( \frac{20.0 \times 10^3 \text{ kg}}{995.67 \text{ kg m}^{-3}} - \frac{20.0 \times 10^3 \text{ kg}}{996.79 \text{ kg m}^{-3}} \right)$$

volume conversion (0.25)

$$= ) -101.325 \times 10^3 \text{ N m}^{-2} (0.0226 \text{ m}^3($$

atmospheric pressure

(0.25)

$$= -2290 \text{ N}\cdot\text{m} = -2.29 \text{ kJ}$$

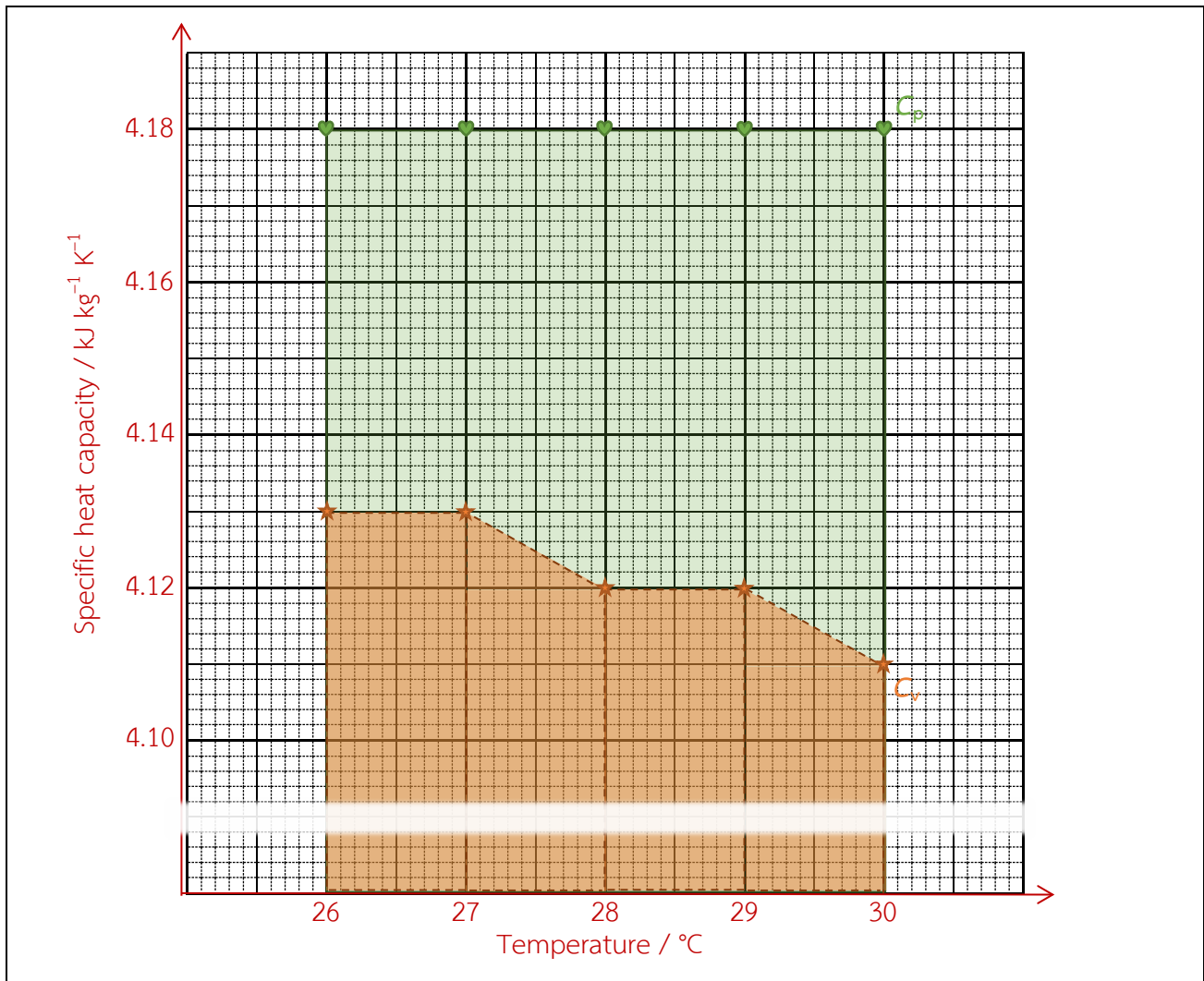
unit conversion (0.25)

10.3 (3.5 คะแนน)  $\Delta U = \boxed{+16.5} \text{ kJ kg}^{-1}$  และ  $\Delta H = \boxed{+16.7} \text{ kJ kg}^{-1}$  sign (0.25)  
magnitude (2×0.25)

กราฟ

(0.25) axis/scale (0.25) data marks (0.25) label/legend

(0.25)  $C_p$  line/rectangle (0.25)  $C_v$  trapezia of width 1.00



วิธีคำนวณ

ตามนิยาม  $C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v$  และ  $C_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$   $U(V,T) \text{ \& } H(P,T)$  (0.25)

ดังนั้น  $\Delta U = \int_{26^\circ\text{C}}^{30^\circ\text{C}} C_v dT$  และ  $\Delta H = \int_{26^\circ\text{C}}^{30^\circ\text{C}} C_p dT$

ซึ่งหาค่าได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง  $C$  (y-axis) และ  $T$  (x-axis)

integration from area (0.25)

(ต่อหน้าถัดไป)



<หาค่า  $\Delta H$  ต่อ 1 kg>

เนื่องจาก  $C_p$  คงที่ตลอดช่วงอุณหภูมิที่กำหนด => พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$\Delta H = C_p \Delta T = 4.18 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} ((30.00 - 26.00) \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad \text{calculation (0.25)}$$

$$= 16.7 \text{ kJ kg}^{-1}$$

<หาค่า  $\Delta U$  ต่อ 1 kg>

เนื่องจาก  $C_v$  ไม่คงที่ => ประมาณพื้นที่จาก Trapezoidal rule sum of trapezoidal areas (0.25)

$$\Delta U = \sum_{T=26}^{30} C_v \Delta T = \left( \frac{4.13}{2} + 4.13 + 4.12 + 4.12 + \frac{4.11}{2} \text{ kJ kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \right) (1.00 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad \text{calculation (2} \times 0.25)$$

$$= 16.5 \text{ kJ kg}^{-1}$$

10.4 (3 คะแนน) กระบวนการ ☒ การขยายตัว ☐ การระเหย เกิดได้ง่ายกว่า tick (0.5)  
วิธีคำนวณ

<กระบวนการขยายตัวสำหรับน้ำ 1 mol>

$$\Delta S = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot \left( \ln \left( \frac{0.99679 \text{ g cm}^{-3}}{0.99567 \text{ g cm}^{-3}} \right) \right) = 0.009347 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \quad \text{ratio (0.25)}$$

calculation (0.25)

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \quad \text{equation (0.25)}$$

$$\Delta G \approx \left( \frac{+16.7 \text{ kJ}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{18.0 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \right) - (28.00 + 273.15 \text{ K}) (0.009347 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \quad \text{choice of } \Delta H (0.25)$$

$$\approx 0.301 \text{ kJ mol}^{-1} - 0.002815 \text{ kJ mol}^{-1} \approx +0.298 \text{ kJ mol}^{-1} \quad \text{calculation (0.25)}$$

<กระบวนการระเหยที่อุณหภูมิ 298 K สำหรับน้ำ 1 mol>

$$\Delta G = +44.0 \text{ kJ mol}^{-1} - (298 \text{ K}) (118.89 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \quad \text{choice of } T (0.25)$$

$$= 44.0 \text{ kJ mol}^{-1} - 35.4 \text{ kJ mol}^{-1} = +8.6 \text{ kJ mol}^{-1} \quad \text{calculation (0.25)}$$

คำอธิบาย

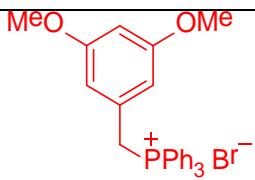
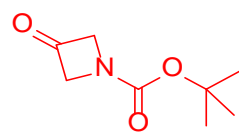
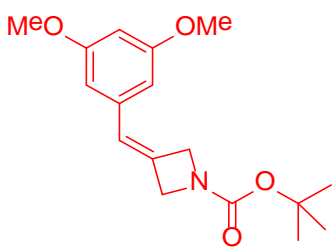
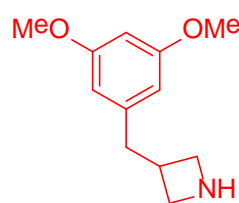
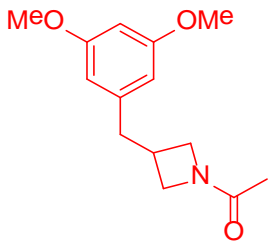
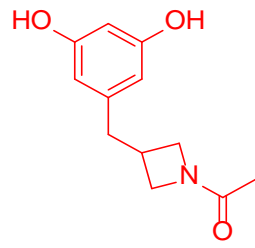
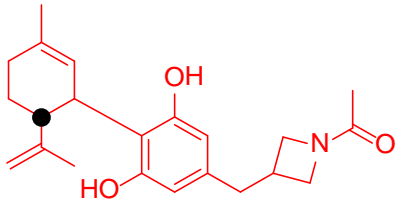
(0.75)

ตัวอย่าง (ประเด็นละ 0.25)

- เปรียบเทียบ feasibility ด้วยค่า Gibb's free energy เนื่องจากเกิดที่ความดันบรรยากาศ
- กระบวนการที่มีค่า  $\Delta G$  ติดลบมากกว่า จะเกิดได้ง่ายกว่า
- กระบวนการระเหยจะมี entropic drive แต่ยังไม่พอที่จะทำให้ลายแรงยึดเหนี่ยว H-bond ต้อง ( $T$  สูงกว่านี้)
- กระบวนการขยายตัวไม่ได้เปลี่ยนสถานะ จึงไม่ได้ทำลายแรงยึดเหนี่ยวมาก

## Problem 11 (20.5 points)

## 11.1 (8 points) Draw the structures of compounds A–G.

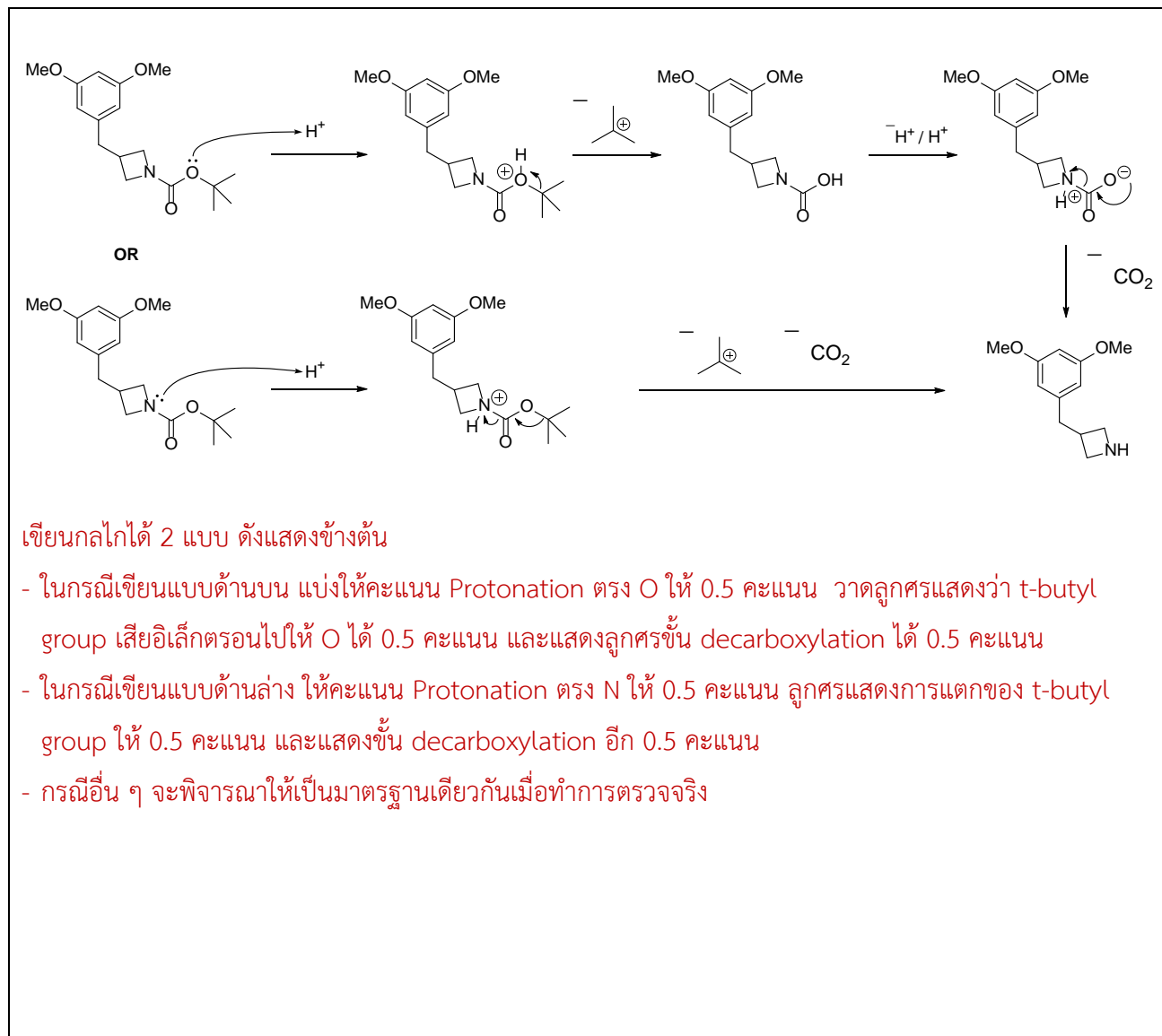
<p>Compound A</p>  <p>(1 point)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่เขียน Br<sup>-</sup> หัก 0.25</li> <li>- ไม่เขียนประจุ + หัก 0.25</li> </ul>	<p>Compound B</p>  <p>(1 point)</p> <p>ไม่มี partial credit</p>
<p>Compound C</p>  <p>(1 point)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- คำตอบผิดแต่โครงสร้างเป็น Wittig product ที่สอดคล้องกับ B ให้ 1 คะแนน</li> <li>- คำตอบผิดและโครงสร้างไม่สอดคล้องกับ Wittig product จากสาร B ไม่ให้คะแนน</li> <li>- โครงสร้างถูกต้อง แต่ไม่มีพันธะคู่ ให้ 0.5 คะแนน</li> </ul>	<p>Compound D</p>  <p>(1 point)</p> <p>ไม่มี partial credit</p>
<p>Compound E</p>  <p>(1 point)</p> <p>หากคำตอบผิด แต่ได้สาร amide ที่มาจากสาร D ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน</p>	<p>Compound F</p>  <p>(1 point)</p> <p>demethylation 1 ครั้งให้ 0.5 คะแนน</p>
<p>Compound G</p>  <p>(2 points)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โครงสร้างถูกต้อง ให้ 2 คะแนน</li> <li>- โครงสร้างไม่ถูกต้อง เกิดปฏิกิริยาเชื่อมต่อถูกตำแหน่งและสอดคล้องกับสาร F แต่สูตรโมเลกุลไม่ตรง ให้ 1 คะแนน</li> <li>- โครงสร้างไม่ถูกต้อง เขียนโครงสร้างให้มีจำนวนอะตอมครบตามที่กำหนดให้ สอดคล้องกับ F ให้ 1 คะแนน</li> </ul>

11.2 (2 points) Propose a mechanism for the transformation of **Intermediate X** to **compound D**.

Also write all by-product fragments typically occurred from this deprotection step.

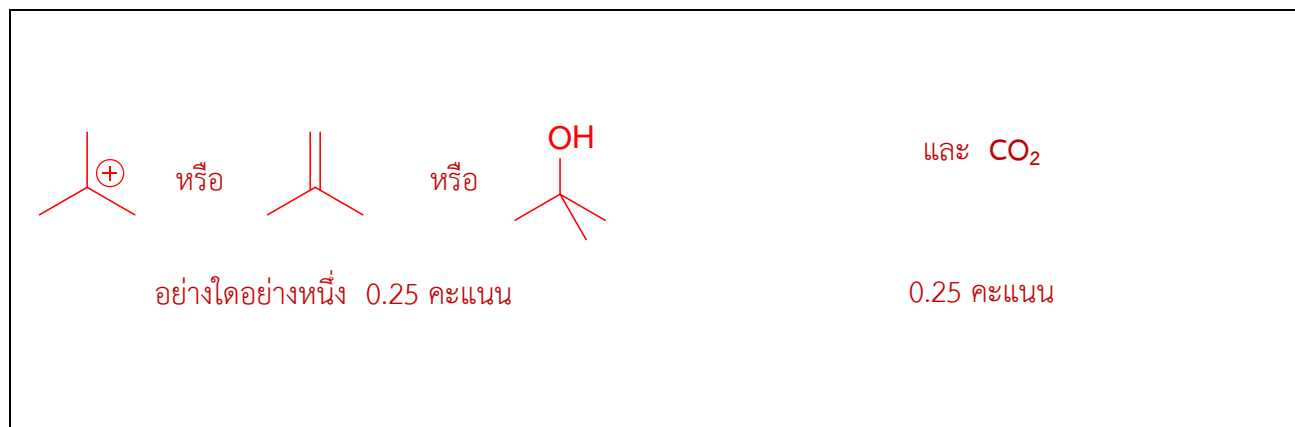
Mechanism:

(1.5 points)

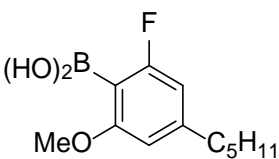
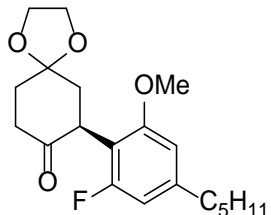
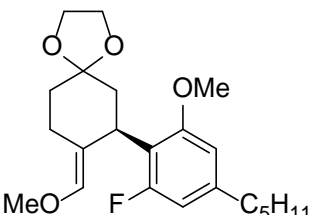
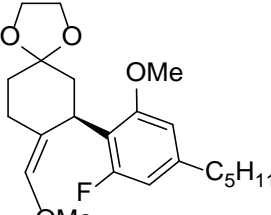
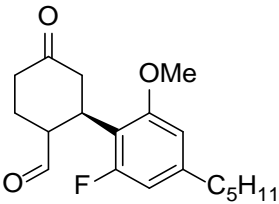


By-product fragments from this reaction:

(0.5 point)



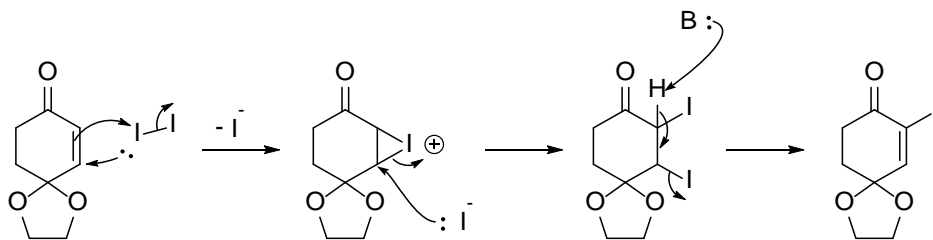
## 11.3 (7.5 points) Identify H-Q

<p>H</p>  <p>(1 point)</p>	<p>I</p>  <p>(1 point)</p>
<p>J</p>  <p>(0.5 point)</p>	<p>K</p>  <p>(0.5 point)</p>
<p>L</p>  <p>(1.5 point)</p>	<p>M</p> <p><math>\text{CrO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4</math></p> <p>(0.5 point)</p>
<p>N</p> <p><math>\text{MeI}, \text{K}_2\text{CO}_3</math> หรือ Fischer Esterification</p> <p>(0.5 point)</p>	<p>O</p> <p><math>\text{MeMgBr}</math></p> <p>(1 point)</p>
<p>P</p> <p><math>\text{Kt-OBu}</math> หรือเบสอื่น ๆ</p> <p>(0.5 point)</p>	<p>Q</p> <p><math>\text{TsOH}</math> หรือกรดแก่อื่น ๆ</p> <p>(0.5 point)</p>

## 11.4 (3 points) Propose a mechanism of step 1 and 2.

## Step 1

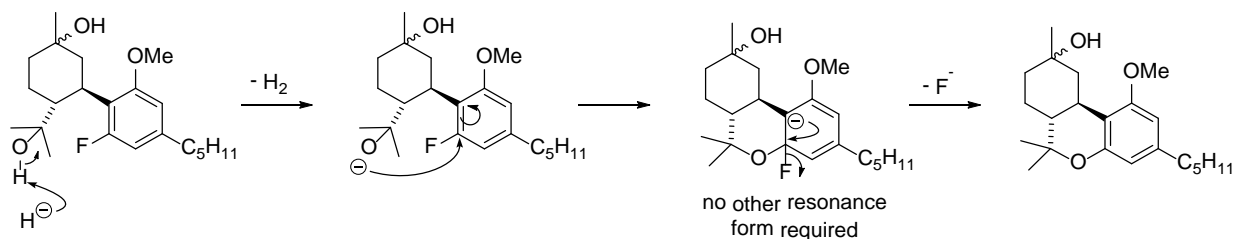
(1.5 points)



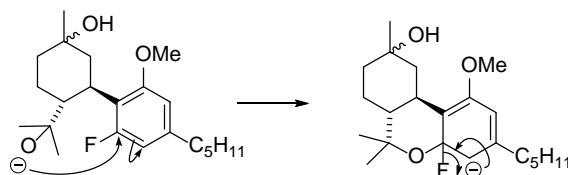
- หากขั้นตอนแรกไม่ได้แสดงการเข้าแบบ bridged คือแสดงเป็น carbocation หัก 0.5 คะแนน
- การเข้าชนของ  $I^-$  ในขั้นที่สอง หากชนด้านบนแทน ได้ 0.5 คะแนน
- “B” คือเบสอะไรก็ได้ จะเขียน B แทนด้วย base ก็ได้ แต่หากเขียน species จริง ต้อง make sense ว่าเป็นโมเลกุลที่เป็น base ในระบบที่ให้ ได้แก่ carbonate, hydrogen carbonate, hydroxide
- กรณีอื่น ๆ จะพิจารณาให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเมื่อทำการตรวจจริง

## Step 2

(1.5 points)



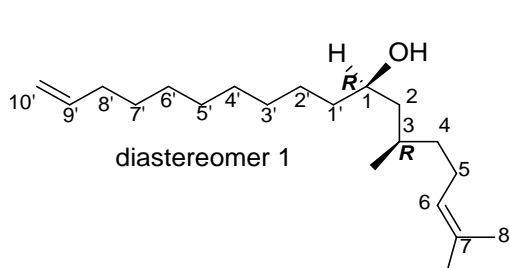
- หากปิดวงก่อนแล้วค่อยดึงโปรตอนส่วนเกินออก หัก 0.75 คะแนน
- ประจุลบที่เกิดในวง ไม่จำเป็นต้องแสดงการ delocalize ของอิเล็กตรอน นั่นคือไม่จำเป็นต้องแสดง resonance form อื่นเพิ่มเติม ตำแหน่งควรเปลี่ยนไปหากแสดงวงเบนซิน แต่จะเช็คความถูกต้องของตำแหน่งประจุลบ เช่น ในอีก resonance form ตั้งแต่แรก โดยการหักคะแนนจะพิจารณาภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง



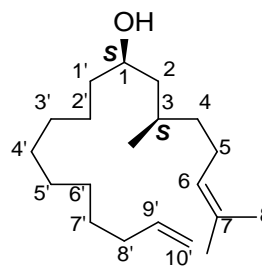
- กรณีอื่น ๆ จะพิจารณาให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเมื่อทำการตรวจจริง

Problem 12 (6.5 points)

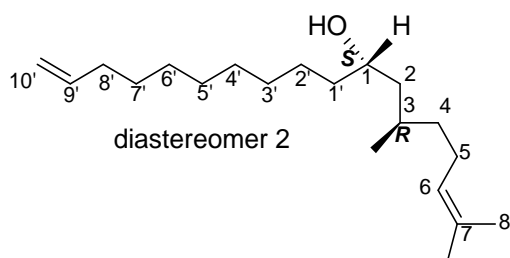
12.1 (1 point) Possible structure of Compound A includes:



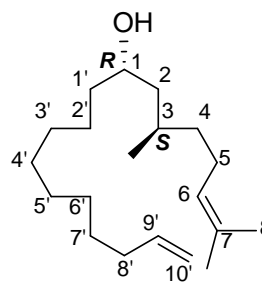
หรืออาจเขียนเป็น



(0.5 point)



หรืออาจเขียนเป็น

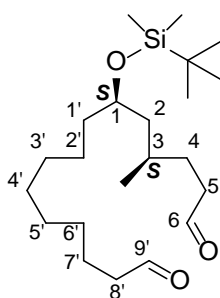


(0.5 point)

นักเรียนจะเขียนโครงสร้างใน conformation ใดก็ได้ ภาพวาดในลักษณะที่พร้อมจะปิดวงในขั้นตอนหลัง) ฯ(

12.2 (4.5 points)

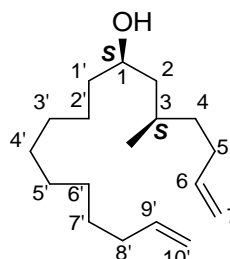
Structure of Compound B is



(1 point)

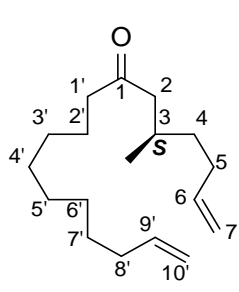
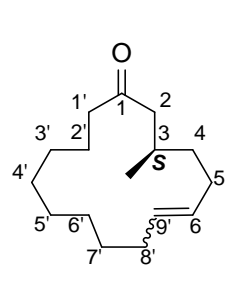
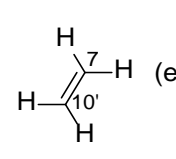
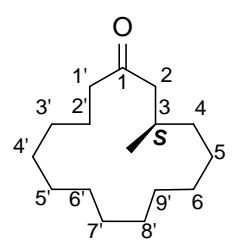
หัก 0.75 คะแนน ถ้าเกิด over oxidation เป็น acid

Structure of Compound C is



(1 point)

## 12.2 (continued)

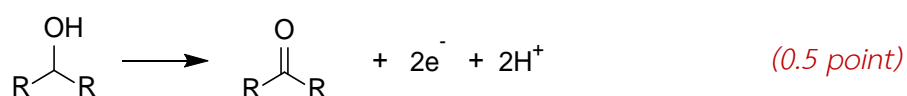
<p>Structure of Compound <b>D</b> is</p>  <p>(0.5 point)</p>	<p>Structure of Compound <b>E</b> is (ignore the stereochemistry of the product)</p> <p>(1 point) สำหรับ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การทำ olefin metathesis ring closure ระหว่าง double bonds ที่สองปลายของโมเลกุล ระหว่าง carbons 6 และ 9' ถ้า)connect ผิดตำแหน่ง หัก 0.5) และ</li> <li>- ได้ double bond ใหม่ ระหว่าง Cs 6 และ 9' ถ้าเป็น) single bond หัก 0.5)</li> </ul> 
<p>Structure of Compound <b>F</b> is</p>  <p>(0.5 point)</p>	<p>Structure of Compound <b>G</b> ((-)-Muscone) is</p>  <p>(0.5 point)</p>

## 12.3 (1 point) Reduction and oxidation reactions are shown below:

Reduction:

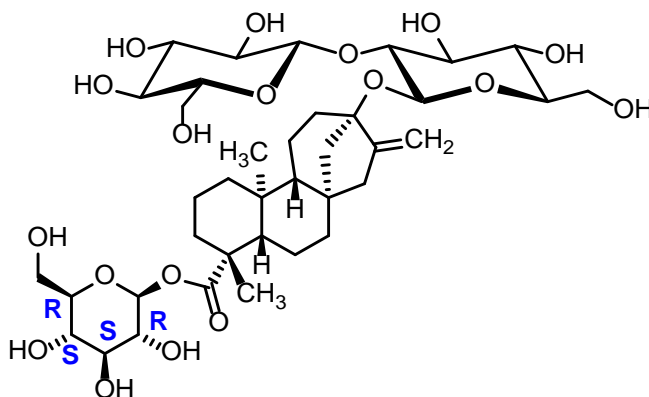


Oxidation:



## Problem 13 (3 points)

13.1 (2 points) Show correct stereochemistry on Ring A as wedged and dashed bonds.

เติมหมู่แทนที่แต่ละตำแหน่งอย่างถูกต้อง จุดละ 0.25 คะแนน  $\times$  4 จุด = 1 คะแนนระบุ R & S แต่ละตำแหน่งถูกต้อง จุดละ 0.25 คะแนน  $\times$  4 จุด = 1 คะแนน13.2 (1 point) Indicate the type of anomers of rings A and C as either  $\alpha$ - or  $\beta$ - form.RING A : ☐  $\alpha$ -anomer ☒  $\beta$ -anomerRING C : ☐  $\alpha$ -anomer ☒  $\beta$ -anomer