



**การแข่งขันเคมีโอลิมปิก สอว. ครั้งที่ 1**

**ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

**วันที่ 10 พฤษภาคม 2548**

**เวลา 08.30 - 13.30 น.**

**ข้อสอบภาคทฤษฎี**

รหัสที่นั่งสอบ.....

## คำชี้แจง

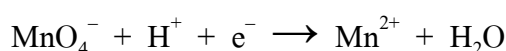
---

1. ข้อสอบมีจำนวน 11 ข้อ มีกระดาษคำถาม 13 หน้า และกระดาษคำตอบ 24 หน้า  
คะแนนรวมทั้งหมด 100 คะแนน
2. ให้ลงมือทำข้อสอบได้เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศให้ “ลงมือทำ”
3. มีเวลาในการทำข้อสอบ 5 ชั่วโมง ทั้งนี้รวมถึงการกรอกคำตอบลงในกระดาษคำตอบด้วย เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศว่า “หมดเวลา” นักเรียนต้องหยุดทำข้อสอบ และออกจากห้องสอบทันที
4. นักเรียนต้องเขียนตอบในกระดาษคำตอบด้วยปากกาเท่านั้น โดยใส่คำตอบให้ตรงกับข้อและอยู่ในกรอบที่กำหนดให้ ถ้าเขียนตอบไม่ชัดเจน จะไม่ได้รับการตรวจให้คะแนน ถ้าต้องการทดให้ทดในกระดาษคำถาม
5. ถ้าเขียนผิดให้ขีดฆ่าทิ้ง ห้ามลบด้วยหมึกลบคำผิด (liquid paper)
6. โจทย์คำนวณต้องแสดงวิธีทำ และในการคำนวณให้คำนึงถึงเลขนัยสำคัญ
7. ใช้อุปกรณ์เครื่องเขียน เครื่องคิดเลข และข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ให้เท่านั้น และห้ามยืมกันใช้
8. หากพบการทุจริต นักเรียนจะหมดสิทธิ์ในการแข่งขัน และต้องออกจากห้องสอบทันที

### โจทย์ข้อที่ 1 (10 คะแนน)

M เป็นโลหะทรานซิชัน มีเลขอะตอม 23 มวลอะตอม 51 เมื่อเผาในอากาศจะได้ออกไซด์มีสูตร  $M_2O_5$  นำออกไซด์นี้มาละลายในกรด  $H_2SO_4$  จะได้  $MO_2^+$

- 1.1 (2.0 คะแนน) อะตอมของธาตุ M ในสถานะพื้น มีการจัดอิเล็กตรอนในออร์บิทัลอย่างไร และมีอิเล็กตรอนเดี่ยวกี่ตัว
- 1.2 (2.0 คะแนน) จงเขียนสมการไอออนิกแสดงปฏิกิริยาทั้งหมดที่เกิดขึ้น
- 1.3 (4.0 คะแนน) ถ้านำสารประกอบคลอไรด์ชนิดหนึ่งของโลหะ Mหนัก 0.315 g มาละลายน้ำ เติมกรด  $H_2SO_4$  เล็กน้อย แล้วไทเทรตกับสารละลาย  $KMnO_4$  เข้มข้น 0.020 M ที่จุดยุติใช้สารละลาย  $KMnO_4$  ไป 40.00 mL กำหนดครึ่งปฏิกิริยาดังนี้ (ให้เฉพาะองค์ประกอบหลักและสมการยังไม่ดุล)



จงแสดงวิธีหาเลขออกซิเดชัน (x) ของ M ในสารประกอบคลอไรด์ข้างต้น

- 1.4 (2.0 คะแนน) จงเปรียบเทียบค่า  $IE_1$  ของธาตุ M กับของแคลเซียมและอาร์กอน และให้เหตุผลประกอบคำตอบ

### โจทย์ข้อที่ 2 (10 คะแนน)

X เป็นธาตุที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามาก จึงไม่พบเป็นธาตุอิสระในธรรมชาติ แต่จะอยู่ในรูปของโมเลกุล  $X_2$  ธาตุ X สามารถเกิดได้ทั้งสารประกอบไอออนิกและโคเวเลนต์ เลขออกซิเดชันของ X ในสารประกอบมีได้หลายค่า ค่าต่ำสุดเป็น -1 และสูงสุดเป็น +7 สมบัติและปฏิกิริยาบางอย่างของธาตุ X มีดังนี้

$X_2$  ทำปฏิกิริยากับแก๊ส  $H_2$  จะได้ HX เป็นผลิตภัณฑ์ (ปฏิกิริยา ก) ถ้า  $X_2$  เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ด้วยตัวเอง (disproportionation) กับ  $H_2O$  จะได้ HX เกิดขึ้นเช่นเดียวกันดังสมการ (1)



สารละลาย HX เกิดปฏิกิริยาสะเทินกับสารละลาย NaOH (ปฏิกิริยา ข) ได้สารละลาย A ซึ่งเมื่อเติมสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ลงไปในสารละลาย A ได้ตะกอนสีขาว B ซึ่งเมื่อละลายในสารละลาย  $\text{NH}_3$  จะได้สารละลายของสารประกอบ C

ตัวอย่างสารประกอบโคเวเลนต์ระหว่างธาตุ X กับฟอสฟอรัส ออกซิเจน และฟลูออรีน ได้แก่  $\text{PX}_3$ ,  $\text{PX}_5$ ,  $\text{X}_2\text{O}$ ,  $\text{XO}_2$ ,  $\text{X}_2\text{O}_6$ ,  $\text{X}_2\text{O}_7$ ,  $\text{FXO}_2$ ,  $\text{FXO}_3$  และ  $\text{F}_3\text{XO}$

เมื่อ  $\text{PX}_3$  ทำปฏิกิริยากับน้ำมากเกินไปจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ (2)



นอกจากนี้ ธาตุ X สามารถเกิดสารประกอบหรือไอออนกับธาตุ F และ I ได้ เช่น  $\text{XF}$ ,  $\text{XF}_3$ ,  $\text{XF}_5$ ,  $\text{IX}_2^-$ ,  $\text{I}_2\text{X}^+$  และ  $\text{IX}_4^-$  เป็นต้น

จงตอบคำถามต่อไปนี้

- 2.1 (1.0 คะแนน) X คือธาตุใด
- 2.2 (2.0 คะแนน) จงเขียนสมการเคมีที่ดุลแล้วของปฏิกิริยา ก และปฏิกิริยา ข
- 2.3 (1.0 คะแนน) จงเขียนสูตรของตะกอนสีขาว B
- 2.4 (1.0 คะแนน) จงเขียนสูตรโมเลกุลของสารประกอบ C
- 2.5 (1.0 คะแนน) ออกซิเจนอะตอมในโมเลกุล  $\text{X}_2\text{O}$  เกิดไฮบริดเซชันแบบใด และมุม  $\text{XOX}$  มีค่าประมาณเท่าใด
- 2.6 (1.0 คะแนน) จงใช้ทฤษฎี VSEPR พิจารณาและเขียนแสดงรูปทรงเรขาคณิตของ  $\text{IX}_2^-$  พร้อมแสดงตำแหน่งของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (ถ้ามี) รอบอะตอมกลางให้ชัดเจน
- 2.7 (2.0 คะแนน) จงใช้ทฤษฎีไฮบริดเซชันแสดงการเกิดโมเลกุล  $\text{XF}_3$  และทำนายรูปร่างโมเลกุล
- 2.8 (1.0 คะแนน) จงเขียนสูตรโมเลกุลและชื่อของสาร Y

### โจทย์ข้อที่ 3 (10 คะแนน)

กำหนดค่าพลังงานพันธะเฉลี่ย (kJ/mol) ให้ดังนี้

พันธะเดี่ยว อะตอม	-H	-C	-O	พันธะคู่ อะตอม	=C	=O	พันธะสาม อะตอม	≡C
H	436	413	463	-	-	-	-	-
C	413	348	336	C	614	799	C	839
N	391	305	201	N	615	-	N	891
O	463	336	146	O	803*	498	O	1072

\* ค่าสำหรับ C=O ใน CO<sub>2</sub>

น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นสินค้าจำเป็นที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้เศรษฐกิจประเทศผันผวนไปตามราคาน้ำมันในตลาดโลก การหาพลังงานทดแทนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะประเทศไทยที่ส่งออกสินค้าทางเกษตรในราคาต่ำ แต่ใช้สินค้านำเข้าราคาสูงกว่ามาก หน่วยงานของรัฐจึงได้รณรงค์ให้คนไทยหันมาใช้เชื้อเพลิงชีวภาพชนิดต่าง ๆ มากขึ้น

เชื้อเพลิงชีวภาพที่ใช้ทดแทนหรือนำไปใช้ร่วมด้วย ได้แก่ เอทานอล ให้นักเรียนใช้ความรู้ทางเคมีเปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่ได้จากการใช้น้ำมันเบนซินกับการใช้เอทานอล (95 %) โดยกำหนดสมมติฐานให้ดังตาราง

ชนิด ที่	เชื้อเพลิง	องค์ประกอบ	สูตรเคมี	% โดย น้ำหนัก	ความหนาแน่น (g/mL)
1	เบนซิน	นอร์มัล-ออกเทน (n-octane)	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	100	0.7025
2	เอทานอล	เอทานอล : น้ำ	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH : H <sub>2</sub> O	95 : 5	0.7893

3.1 (1.0 คะแนน) จงเขียนโครงสร้างแบบเส้นของ นอร์มัล-ออกเทน และเอทานอล

3.2 (2.0 คะแนน) จงเขียนสมการการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด

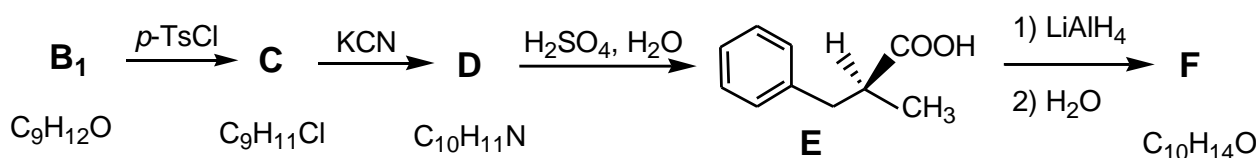
- 3.3 (3.0 คะแนน) ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าที่กิโลจูลต่อโมล (kJ/mol) ให้แสดงวิธีคิด โดยให้คิดเฉพาะโมลของสารที่ให้ความร้อนจากการเผาไหม้เท่านั้น
- 3.4 (2.0 คะแนน) ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าที่กิโลจูลต่อลิตร (kJ/L)
- 3.5 (1.0 คะแนน) ถ้าปั้มน้ำมันขายน้ำมันเบนซินราคา 20 บาทต่อลิตร คนไทยควรซื้อเอทานอลในราคาลิตรละไม่เกินกี่บาทจึงจะได้พลังงานความร้อนที่เท่ากัน
- 3.6 (1.0 คะแนน) ถ้าน้ำมันเบนซินนำเข้ามีราคา (ไม่รวมภาษี) ประมาณ 50 เหรียญสหรัฐ หรือ 2,000 บาทต่อบาร์เรล (1 บาร์เรล  $\approx$  160 ลิตร) ผู้ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนชาวไทยควรลงทุนผลิตเอทานอลด้วยต้นทุนไม่เกินกี่บาทต่อลิตร จึงจะแข่งขันกับบริษัทนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงต่างประเทศได้ (ระบุเลขทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

### โจทย์ข้อที่ 4 (9.5 คะแนน)

สารประกอบ A มีน้ำหนักโมเลกุล 134 จากการตรวจสอบหาธาตุองค์ประกอบพบว่า A ประกอบด้วยคาร์บอน 80.6 % ไฮโดรเจน 7.5 % ส่วนที่เหลือเป็นออกซิเจน

เมื่อนำ A 2.02 g ไปทำปฏิกิริยาโดยมีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง พบว่า ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสาร B<sub>1</sub> และ B<sub>2</sub> ซึ่งเป็นอีแนนชิโอเมอร์ซึ่งกันและกัน หลังจากใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีขั้นสูงแยก B<sub>1</sub> และ B<sub>2</sub> ออกจากกันจะได้สารในปริมาณ 1.37 g และ 0.41 g ตามลำดับ

หากนำ B<sub>1</sub> ไปทำปฏิกิริยาต่อไปตามลำดับดังแสดงในแผนภาพ จะได้สารประกอบ C – F



$p\text{-TsCl}$  =  $p$ -toluenesulfonyl chloride

- 4.1 (1.5 คะแนน) จงเขียนสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างของสาร A
- 4.2 (5.0 คะแนน) จงเขียนสูตรโครงสร้างที่แสดงสเตอริโอเคมี (ถ้ามี) ของสาร B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, D และ F
- 4.3 (1.0 คะแนน) จงคำนวณร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แต่ละไอโซเมอร์ (B<sub>1</sub> และ B<sub>2</sub>) เมื่อ A ทำปฏิกิริยาโดยมีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง
- 4.4 (0.5 คะแนน) ปฏิกิริยาระหว่าง B<sub>1</sub> กับ  $p\text{-TsCl}$  เป็นปฏิกิริยาประเภทใด
- 4.5 (0.5 คะแนน) ปฏิกิริยาระหว่างสาร C กับ KCN จัดเป็นปฏิกิริยาประเภทใด
- 4.6 (0.5 คะแนน) ปฏิกิริยาการเตรียม F จาก E จัดเป็นปฏิกิริยาประเภทใด
- 4.7 (0.5 คะแนน) สาร F ให้ฟองแก๊สเมื่อให้ทำปฏิกิริยากับสารใดได้บ้าง

### โจทย์ข้อที่ 5 (10 คะแนน)

เมื่อให้ความร้อนกับไกลซีน ( $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CO}_2\text{H}$ ) จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น “ไกลซีนแอนไฮไดรด์” ซึ่งเป็นของแข็งสีขาว ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบพบว่า สารนี้มีคาร์บอน 42.10 % ไฮโดรเจน 5.30 % และไนโตรเจน 24.55 % ส่วนที่เหลือเป็นออกซิเจน สารนี้มีมวลโมเลกุล 114 ไม่ทำปฏิกิริยากับทั้งสารละลายกรดเจือจางและสารละลายเบสเจือจางที่อุณหภูมิปกติ แต่เมื่อนำไปต้มในสารละลายกรดหรือเบสจะได้ไกลซีนในรูปของเกลือกับกรดหรือเบสนั้นกลับคืนมาเป็นผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียว

- 5.1 (2.0 คะแนน) จงแสดงวิธีหาสูตรโมเลกุลของไกลซีนแอนไฮไดรด์
- 5.2 (2.0 คะแนน) จงแสดงสูตรโครงสร้างของไกลซีนแอนไฮไดรด์
- 5.3 (2.0 คะแนน) จงแสดงสูตรโครงสร้างของอะลานีนแอนไฮไดรด์ ซึ่งเกิดจากการให้ความร้อนกับอะลานีน [ $\text{H}_2\text{NCH}(\text{CH}_3)\text{CO}_2\text{H}$ ] แบบราซีมิก ให้แสดงทุกโครงสร้างที่เป็นไปได้ โดยเขียนแสดงสเตอริโอเคมีของแต่ละโครงสร้างให้ชัดเจน
- 5.4 (2.0 คะแนน) จงระบุโครงสร้างของอะลานีนแอนไฮไดรด์ในข้อ 5.3 ทุกสเตอริโอไอโซเมอร์ที่สามารถหมุนระนาบแสงโพลาไรซ์ได้
- 5.5 (2.0 คะแนน) ถ้านำสารผสมของอะลานีนแอนไฮไดรด์ที่ได้จากข้อ 5.3 มาแยกด้วยเทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography) โดยใช้ซิลิกาเจลเป็นตัวดูดซับและเอทิลอะซีเตต-เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย (รายละเอียดของหลักการอยู่ในโจทย์ข้อที่ 8) ภายใต้ภาวะการแยกที่ดีที่สุดจะสามารถแยกสารออกมาได้กี่องค์ประกอบ จงแสดงสเตอริโอเคมีของสารในแต่ละองค์ประกอบอย่างชัดเจน



ข้อมูลกำหนดให้ สำหรับโจทย์ข้อที่ 6 และข้อที่ 7

$$\begin{aligned}
 R &= 0.082 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{K}\cdot\text{mol} &= 8.314 \text{ J}/\text{K}\cdot\text{mol} \\
 \text{ความจุความร้อนของไม้} &= 0.50 \text{ kcal}/\text{kg } ^\circ\text{C} \\
 \text{ความจุความร้อนของตะกั่ว} &= 0.030 \text{ kcal}/\text{kg } ^\circ\text{C} \\
 \text{ความจุความร้อนของการระเหยของน้ำ} &= 540 \text{ kcal}/\text{kg } ^\circ\text{C} \\
 \text{และ } 1 \text{ cal} &= 4.184 \text{ J}
 \end{aligned}$$

โจทย์ข้อที่ 6 (10.5 คะแนน)

- 6.1 (5.5 คะแนน) ลูกกระสุนตะกั่วหนัก 12.0 g วิ่งด้วยความเร็ว 600 m/s ฝังเข้าไปในชิ้นไม้ที่หนัก 2.00 kg กำหนดให้ลูกกระสุนตะกั่วและชิ้นไม้เริ่มต้นอยู่ที่อุณหภูมิ 25 °C สมมติว่า ไม่มีการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม
- (ก) (2.5 คะแนน) ให้หาพลังงานจลน์ของลูกกระสุนที่วิ่งไปเป็น **kJ** และ **kcal** (สมมติว่า ไม่มีพลังงานจากการหมุนและการสั่น)
- (ข) (3.0 คะแนน) ให้หาอุณหภูมิสุดท้ายของชิ้นไม้ที่มีกระสุนฝังอยู่ (สมมติให้ความร้อนกระจายทั่วทั้งเนื้อไม้)
- 6.2 (5.0 คะแนน) เมื่อแก๊สอีเทน ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) เกิดการเผาไหม้จะให้ความร้อน 368 kcal/mol แต่เพียง 60 % ของความร้อนเท่านั้นที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นถ้าต้องการเปลี่ยนน้ำ 50 kg ที่ 10 °C ให้เป็นไอน้ำที่ 100 °C จะต้องใช้ความร้อนจากการเผาไหม้แก๊สอีเทนที่ STP กี่ลูกบาศก์เมตร จึงจะได้ความร้อนที่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงนี้

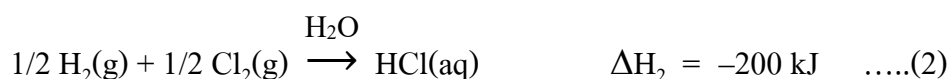
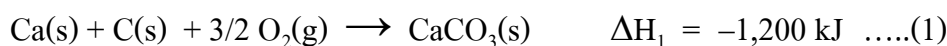
### โจทย์ข้อที่ 7 (10 คะแนน)

การเตรียมแก๊ส  $\text{CO}_2$  วิธีหนึ่งทำได้โดยใช้ผง  $\text{CaCO}_3$  ทำปฏิกิริยากับกรด  $\text{HCl}$  ถ้าใช้  $\text{CaCO}_3$  บริสุทธิ์ 20 g ทำปฏิกิริยากับ  $\text{HCl}$  เข้มข้น 1.0 M ปริมาตร 200 mL

จงตอบคำถามต่อไปนี้

- 7.1 (1.5 คะแนน) ถ้าปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์ จะได้แก๊ส  $\text{CO}_2$  กี่กรัม
- 7.2 (1.0 คะแนน) ถ้าเก็บแก๊ส  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้นนี้ ที่อุณหภูมิ  $57^\circ\text{C}$  ความดัน 1.0 atm จะได้แก๊สกี่ลิตร
- 7.3 (1.5 คะแนน) ถ้าเก็บแก๊ส  $\text{CO}_2$  ในภาชนะขนาด 5.0 L ที่ 300 K และในการเตรียมแก๊ส  $\text{CO}_2$  ครั้งนี้ พบว่า มีไอน้ำผสมอยู่ด้วย 0.18 g จงคำนวณความดันรวมของแก๊สผสม
- 7.4 (2.0 คะแนน) ในกรณีที่เตรียมแก๊ส  $\text{CO}_2$  โดยใช้  $\text{CaCO}_3$  1 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{HCl}$  จงคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาการเตรียมแก๊ส  $\text{CO}_2$  ที่อุณหภูมิ 298 K ความดัน 1 atm

กำหนดให้ ที่อุณหภูมิ 298 K ความดัน 1 atm



- 7.5 (2.0 คะแนน) ถ้าเตรียมแก๊ส  $\text{CO}_2$  ในภาชนะขนาด 5.0 L และเป็นระบบปิด เมื่อใช้  $\text{CaCO}_3$  1.00 mol ทำปฏิกิริยากับแก๊ส  $\text{HCl}$  2.00 mol ที่ 298 K ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ

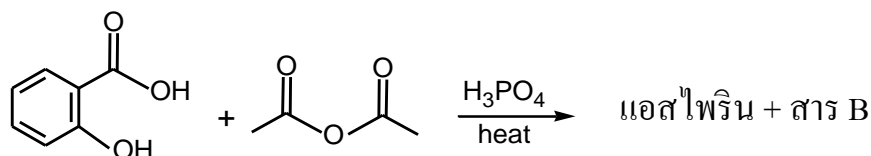


เมื่อถึงภาวะสมดุลปรากฏว่าได้ไอน้ำ 0.40 mol จงคำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยานี้

- 7.6 (2.0 คะแนน) ถ้า  $\text{CaCO}_3$  ที่ใช้ 20.0 g มีความบริสุทธิ์เพียง 40 % โดยมวล ทำปฏิกิริยากับ  $\text{HCl}$  มากเกินพอ จงคำนวณปริมาตรแก๊ส  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้น (หน่วยเป็น L) ที่ 300 K 1.00 atm (กำหนดให้สารอื่นๆ ที่ผสมอยู่ใน  $\text{CaCO}_3$  ไม่ทำปฏิกิริยากับ  $\text{HCl}$ )

### โจทย์ข้อที่ 8 (13 คะแนน)

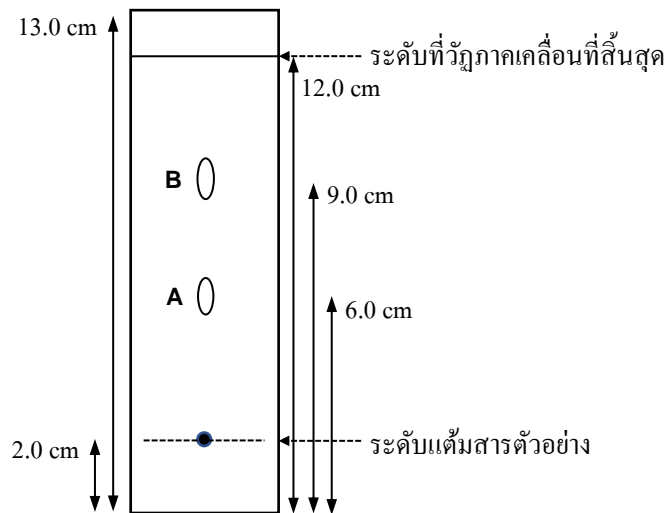
ในการสังเคราะห์แอสไพรินจากปฏิกิริยาระหว่างกรดซาลิซิลิก (salicylic acid) กับแอนไฮไดรด์ แอซิติก (acetic anhydride) โดยมีกรดฟอสฟอริกเป็นคะตะลิสต์ ดังนี้



- 8.1 (1.0 คะแนน) จงเขียนสูตรโครงสร้างของแอสไพรินและสาร B
- 8.2 (1.5 คะแนน) ถ้าร้อยละผลได้ของแอสไพรินในปฏิกิริยานี้เท่ากับ 85 หากต้องการแอสไพริน 0.45 g จะต้องใช้ปริมาณกรดซาลิซิลิกตั้งต้นกี่กรัม และแอนไฮไดรด์กี่มิลลิลิตร (มวลโมเลกุล : กรดซาลิซิลิก 138 g/mol ; แอนไฮไดรด์ 102 g/mol ; ความหนาแน่นของแอนไฮไดรด์ 1.082 g/mL)
- 8.3 (1.0 คะแนน) เมื่อนำแอสไพรินที่เตรียมได้ประมาณ 10 mg ใส่ในหลอดทดลองเติม HCl เข้มข้น 0.1 M 5 หยด นำไปอุ่น ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติม  $\text{FeCl}_3$  1 หยด จะเห็นการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
- 8.4 (2.5 คะแนน) เมื่อนำสารละลายของกรดซาลิซิลิก 0.138 g ในน้ำปริมาตร 500 mL ไปวัดค่า pH พบว่า มีค่า 3.00 จงคำนวณค่า  $pK_a$  ของกรดซาลิซิลิก พร้อมเปรียบเทียบกับแอสไพรินว่า สารใดเป็นกรดที่แรงกว่ากัน ( $K_a$  ของแอสไพริน =  $3.27 \times 10^{-4}$ )

ทินแลร์โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography หรือ TLC) เป็นเทคนิคที่มีหลักการคล้ายคลึงกับโครมาโทกราฟีกระดาษ ในเทคนิค TLC องค์ประกอบของสารแต่ละชนิดจะกระจายตัวอยู่ระหว่าง 2 วัฏภาค ได้แก่ วัฏภาคคงที่ ซึ่งมักเป็นซิลิกาที่เคลือบเป็นชั้นบางบนแผ่นกระจก และวัฏภาคเคลื่อนที่ ซึ่งมักเป็นตัวทำละลาย หากสารตัวอย่างเกิดแรงกระทำที่แข็งแกร่งกับซิลิกา ก็จะเคลื่อนที่ได้ช้า ซิลิกานับเป็นวัสดุที่สำคัญสำหรับการแยก ในการแยกสารบางประเภทอาจต้องใช้ซิลิกาที่ผ่านการดัดแปลงหมู่ฟังก์ชันเพื่อให้เหมาะสมกับสารที่นำมาวิเคราะห์ เช่น ซิลิกาชนิด reversed phase จะมีหมู่ฟังก์ชันที่ไม่มีขั้ว และจะเกิดแรงกระทำกับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี

ในการติดตามการดำเนินไปของปฏิกิริยาการสังเคราะห์แอสไพรินด้วย TLC ชนิด reversed phase โดยใช้สารละลายผสม เมทานอล-น้ำ (30:70) เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ พบว่า ตำแหน่งสารที่ปรากฏบนแผ่น TLC เป็นดังภาพ



8.5 (1.0 คะแนน) หากในการตรวจวัดสามารถมองเห็นเพียงกรดซาลิซิลิกและแอสไพริน ระบุว่า จุด A คือสารใด และจุด B คือสารใด

8.6 (1.0 คะแนน) คำนวณค่า  $R_f$  ของจุด A

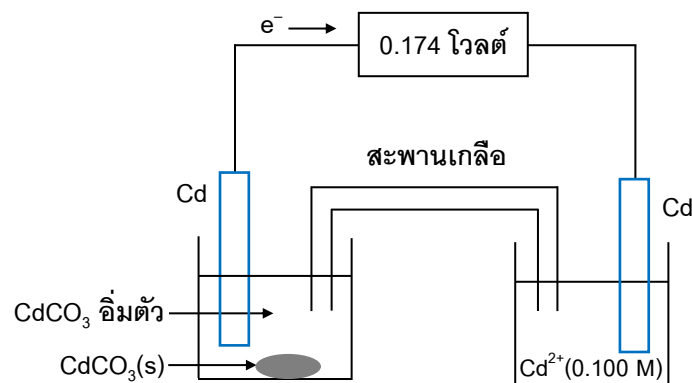
สารตัวอย่างชนิดหนึ่งมีกรดอ่อนชนิดโมโนโปรติก (คล้ายคลึงกับกรดออกซาลิก) เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อนำสารตัวอย่างนี้หนัก 0.500 g ในสารละลายปริมาตร 25.0 mL ไปไทเทรตกับสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.100 M พบว่า ที่จุดยุติต้องใช้สารละลาย NaOH 25.00 mL (กรดอ่อน : มวลโมเลกุล = 122 g/mol;  $K_a = 6.14 \times 10^{-5}$ )

อินดิเคเตอร์	ช่วง pH	การเปลี่ยนสี
เมทิลเรด (methyl red)	4.2 – 6.3	แดง – เหลือง
บรอมไทมอลบลู (bromthymol blue)	6.2 – 7.6	เหลือง – น้ำเงิน
ฟีนอล์ฟทาเลอิน (phenolphthalein)	8.3 – 10.0	ไม่มีสี – แดง

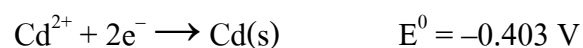
- 8.7 (2.5 คะแนน) คำนวณค่า pH ของสารละลายที่จุดสมมูล
- 8.8 (1.0 คะแนน) ควรเลือกใช้สารใดเป็นอินดิเคเตอร์ และที่จุดยุติจะเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- 8.9 (1.5 คะแนน) คำนวณร้อยละโดยน้ำหนักของกรดอ่อนนี้ในสารตัวอย่าง

### โจทย์ข้อที่ 9 (5 คะแนน)

ในการทดลองทางไฟฟ้าเคมีที่ 25 °C มีการจัดอุปกรณ์ดังนี้



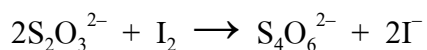
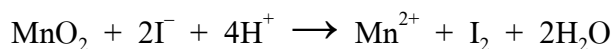
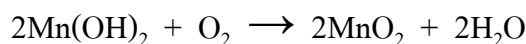
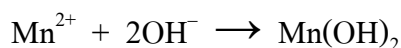
- 9.1 (0.5 คะแนน) จงเขียนครึ่งปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง
- 9.2 (0.5 คะแนน) จงเขียนปฏิกิริยาของเซลล์
- 9.3 (4.0 คะแนน) จงแสดงวิธีคำนวณเพื่อหาค่าคงที่ผลคูณการละลาย ( $K_{sp}$ ) ของ  $\text{CdCO}_3$



(กำหนดค่า  $R = 8.314 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$  และ  $F = 96500 \text{ C}$ )

### โจทย์ข้อที่ 10 (5 คะแนน)

ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (dissolved oxygen, DO) มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ที่อาศัยในแหล่งน้ำนั้น ปริมาณของออกซิเจนในน้ำจึงแสดงคุณภาพของน้ำ ในการหาปริมาณออกซิเจนโดย Winkler Method ซึ่งทำโดยเก็บน้ำตัวอย่างให้เต็มขวดที่ปิดสนิทขนาด 250 mL เติมสารละลาย  $\text{MnSO}_4$  ลงในน้ำตัวอย่าง ตามด้วยสารละลาย KI ใน NaOH ปิดฝาขวด แล้วเขย่าอย่างแรงให้สารละลายผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนนอนก้น ได้สารละลายใสด้านบนประมาณ  $\frac{1}{3}$  ของขวด เติม  $\text{H}_2\text{SO}_4$  เข้มข้น ปิดฝาขวด แล้วเขย่าให้สารละลายผสมกัน ปิเปตสารละลายใสที่ได้ 50.00 mL มาไทเทรตด้วยสารละลาย  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  เข้มข้น 0.00101 M โดยใช้ น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ ปรากฏว่า ต้องใช้สารละลาย  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  24.25 mL จึงจะถึงจุดยุติ ถ้าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังสมการ



จงแสดงวิธีคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตัวอย่างในหน่วย mg/L

### โจทย์ข้อที่ 11 (7 คะแนน)

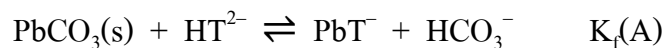
ให้  $H_3T$  แทนกรดไนไตรโลอะซีติก ( $N(CH_2CO_2H)_3$ )

และ  $Na_3T$  แทนเกลือโซเดียมของกรดไนไตรโลอะซีติกซึ่งเป็นสารที่ละลาย

(มวลโมเลกุลของ  $Na_3T = 257 \text{ g/mol}$ )

น้ำในบึงแห่งหนึ่งมี pH 7.00 ได้มีผู้ลักลอบทิ้ง  $Na_3T$  ลงไป ทำให้น้ำมี  $Na_3T$  เข้มข้น  $25 \text{ mg/L}$  และอยู่ในภาวะสมดุลกับ  $PbCO_3$  ที่มีอยู่ในดินตะกอนก้นบึง กำหนดให้ ที่ pH 7.00 นี้  $Na_3T$  เกือบ 100 % อยู่ในรูป  $HT^{2-}$  และน้ำกับดินตะกอนก้นบึงยังมีสมดุลระหว่าง  $CO_2$ ,  $HCO_3^-$  และ  $CO_3^{2-}$  โดยมีความเข้มข้นของ  $HCO_3^-$  เท่ากับ  $1.00 \times 10^{-3} \text{ M}$

ปฏิกิริยาการเกิดสารเชิงซ้อนระหว่าง  $Na_3T$  และ  $Pb(II)$  เป็นดังนี้



และกำหนดให้

$K_{a1}$ ,  $K_{a2}$  และ  $K_{a3}$  ของ  $H_3T$  เท่ากับ  $2.19 \times 10^{-2}$ ,  $1.12 \times 10^{-3}$  และ  $5.25 \times 10^{-11}$  ตามลำดับ

$K'_{a1}$  และ  $K'_{a2}$  ของ  $H_2CO_3$  เท่ากับ  $4.47 \times 10^{-7}$  และ  $4.69 \times 10^{-11}$  ตามลำดับ



11.1 (4.0 คะแนน) จงคำนวณค่าคงที่สมดุล  $K_f(A)$  และอัตราส่วน  $[PbT^-] / [HT^{2-}]$

11.2 (1.5 คะแนน) จงหาความเข้มข้นของ  $Pb(II)$  ในน้ำ ในหน่วย  $\text{mg/L}$

11.3 (1.5 คะแนน) จากผลที่คำนวณได้ในข้อ 11.1 และ 11.2  $Na_3T$  มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ เพราะเหตุใด

# ตารางธาตุ

[illegible]

<div>6</div> <div>C</div> <div>12.0</div>	← เลขอะตอม	*	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
	← สัญลักษณ์		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
	← มวลอะตอม		140.1	140.9	144.2	(145)	150.4	152.0	157.3	158.9	162.5	164.9	167.3	168.9	173.0	175.0	
			t	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
				Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
				232.0	231.0	238.0	237.0	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(254)	(257)	(258)	(255)	(256)

ตัวเลขในวงเล็บคือมวลอะตอมของไอโซโทปที่เสถียรมากที่สุด



## LOGARITHMS

---

1.0	.000	3.3	.518	5.6	.748	7.9	.898
1.1	.041	3.4	.531	5.7	.756	8.0	.903
1.2	.079	3.5	.544	5.8	.763	8.1	.908
1.3	.114	3.6	.556	5.9	.771	8.2	.914
1.4	.146	3.7	.568	6.0	.778	8.3	.919
1.5	.176	3.8	.580	6.1	.785	8.4	.924
1.6	.204	3.9	.591	6.2	.792	8.5	.929
1.7	.230	4.0	.602	6.3	.799	8.6	.934
1.8	.255	4.1	.613	6.4	.806	8.7	.939
1.9	.279	4.2	.623	6.5	.813	8.8	.944
2.0	.301	4.3	.633	6.6	.820	8.9	.949
2.1	.322	4.4	.643	6.7	.826	9.0	.954
2.2	.342	4.5	.653	6.8	.832	9.1	.959
2.3	.362	4.6	.663	6.9	.839	9.2	.964
2.4	.380	4.7	.672	7.0	.845	9.3	.968
2.5	.398	4.8	.681	7.1	.851	9.4	.973
2.6	.415	4.9	.690	7.2	.857	9.5	.978
2.7	.431	5.0	.699	7.3	.863	9.6	.982
2.8	.447	5.1	.708	7.4	.869	9.7	.987
2.9	.462	5.2	.716	7.5	.875	9.8	.991
3.0	.477	5.3	.724	7.6	.881	9.9	.996
3.1	.491	5.4	.732	7.7	.886	10.0	1.000
3.2	.505	5.5	.740	7.8	.892		

---