

## บทที่ 8

### ไอโซเมอริซึมของสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะทรานซิชัน

(Isomerism of Transition-Metal Complexes)

#### 1. จุดประสงค์ของการทดลอง

เพื่อเตรียมไอโซเมอร์ของซีส-และทรานส-โปแตสเซียมไดออกซาเลโตไดอะควอโครเมต (III) (cis-and trans-Potassiumdioxalatodiaquochromate (III)) และศึกษาการเกิดอัตราเร็วของการเกิดไอโซเมอร์จาก ทรานส- ไปเป็นซีส-

#### 2. บทนำ

การที่สารประกอบมีสูตรทางเคมีเหมือนกัน แต่การจัดโครงสร้างแตกต่างกันเรียกสารนั้นว่า มีไอโซเมอร์ซึ่งกันและกัน การศึกษาไอโซเมอริซึมในสารประกอบโคออดิเนชันโดยพิจารณาจากชนิดและจำนวนไอโซเมอร์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสารประกอบ แบ่งออกได้ดังนี้

2.1 จีโอเมตริกัล ไอโซเมอริซึม (Geometrical isomerism)

2.2 ออปติคัล ไอโซเมอริซึม (Optical isomerism)

2.3 ไอโอไนเซชัน ไอโซเมอริซึม (Ionization isomerism)

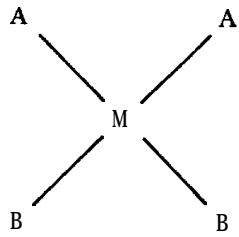
2.4 ลิงเกต ไอโซเมอริซึม (Linkage isomerism)

2.5 โคออดิเนชัน ไอโซเมอริซึม (Coordination isomerism)

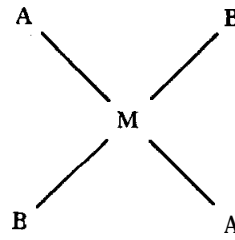
หลักการของไอโซเมอริซึมชนิดต่าง ๆ โดยย่อ และตัวอย่างของสารประกอบเชิงซ้อนเป็นดังนี้

##### 2.1 จีโอเมตริกัล ไอโซเมอริซึม

ในสารประกอบเชิงซ้อนที่อะตอมของโลหะแกนกลางมีเลขโคออดิเนชันเป็น 4 หรือมากกว่าอาจเกิดเป็นแบบจีโอเมตริกัล หรือออปติคัลไอโซเมอริซึม ในกรณีที่อะตอมของโลหะมีลิแกนด์ล้อมรอบ 4 ตัว และเป็นระนาบจัตุรัส (square planar) เช่น  $MA_2B_2$  ถ้าลิแกนด์ที่เหมือนกัน 2 อันวางชิดกัน เรียกว่าอยู่ในแบบซีส- และถ้าลิแกนด์ที่เหมือนกันอยู่ตรงข้ามกัน เรียกว่าอยู่ในแบบทรานส- ดังรูป



ซิส-

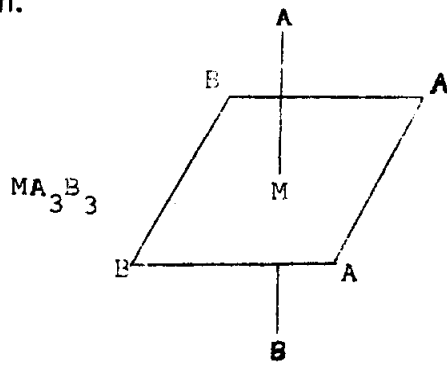


ทรานส-

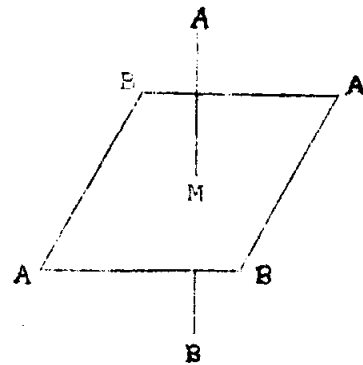
รูปที่ 8.1  $MA_2B_2$

ในกรณีของสารประกอบออกตะฮีดรัลที่มีสูตรเป็น  $MA_3B_3$  หรือ  $MA_4B_2$  การจัดตัวเป็น ซิส- หรือทรานส- ดังรูปที่ 8.2 ก, ข

รูปที่ 8.2 ก.

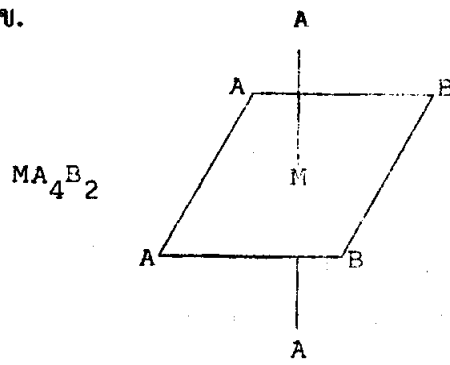


ซิส

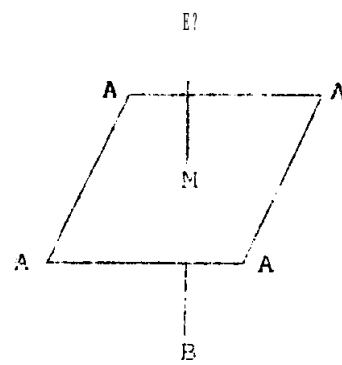


ทรานส

รูปที่ 8.2 ข.



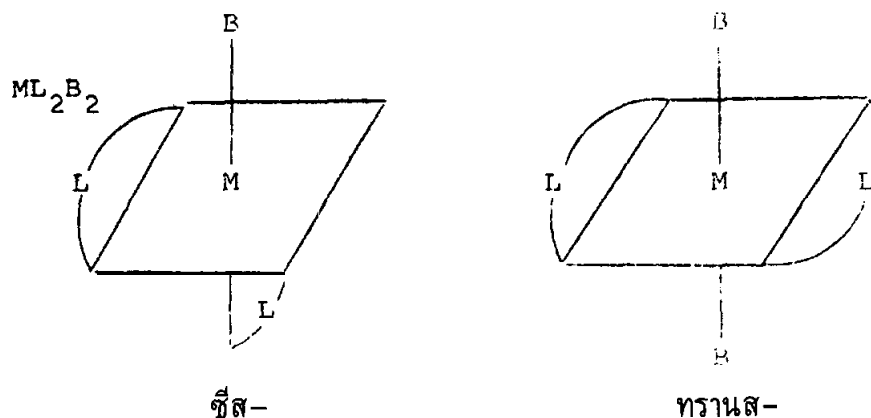
ซิส



ทรานส

โครงสร้างของสารประกอบที่จัดตัวแบบซีส- หรือทรานส- จะไม่พบในสารประกอบเชิงซ้อนที่มีเลขโคออดิเนชันเป็น 2 หรือ 3 หรือในสารประกอบที่เป็นแบบเตตระฮีดรัล

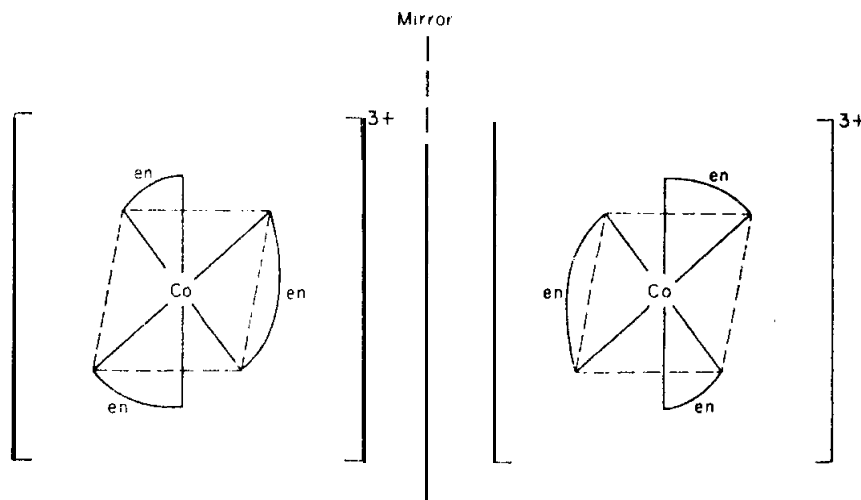
ในกรณีที่ลิแกนด์เป็นลิแกนด์คู่ (bidentate ligand) ซึ่งมีสูตรเป็น  $ML_2X_2$  (L = ลิแกนด์คู่) ก็สามารถเกิดไอโซเมอร์แบบซีส- และทรานส- ได้เช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3  $ML_2B_2$

## 2.2 ออปติคัล ไอโซเมอร์ซิม

ในสารประกอบที่มีโครงสร้างเหมือนกัน แต่การจัดตัวของอะตอมในโมเลกุลต่างกัน ทั้งนี้เพราะโมเลกุลแบบนี้มีอสมมาตร (asymmetry) ทำให้โมเลกุลสามารถบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ (polarized light) เรียกไอโซเมอร์แบบนี้ว่า ออปติคัลไอโซเมอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันมากที่คุณสมบัติในการบิดระนาบของแสง ออปติคัลไอโซเมอร์ที่บิดระนาบของแสงในทางตรงข้ามแต่ปริมาณเท่ากันเรียก อินานทิโอเมอร์ (enantiomers) และถ้าบิดระนาบของแสงด้วยปริมาณที่ต่างกันเรียก ไดอะสเตอริโอไอโซเมอร์ (diastereoisomer) ถ้าโมเลกุลที่มีอสมมาตรและภาพเสมือนในกระจกเงากับโมเลกุลไม่ซ้อนทับกันไอโซเมอร์ทั้งสองจะเป็นออปติคัลเอคทีฟ และไอโซเมอร์ที่บิดระนาบของแสงไปทางขวาเรียก เดกโตร (dextro : d) ส่วนไอโซเมอร์ที่บิดระนาบแสงไปทางซ้ายเรียก ลีโว (leavo : l) เช่นในตัวอย่างของ  $[Co(en)_3]Br_3$



รูปที่ 8.4 ออปติคัลไอโซเมอร์ของ  $(\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$

และคุณสมบัติของออปติคัลเอคทีฟที่สามารถบอกความแตกต่างของ ซีส- และทรานส- ไอโซเมอร์ได้ เช่น ซีส-ไดคลอโรบีต (เอทิลีนไดเอมีน) โคโรเมียม (III) อีออน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เป็นออปติคัลเอคทีฟ ส่วนทรานส-ไอโซเมอร์มีคุณสมบัติเป็น ออปติคัลอินเอคทีฟ

### 2.3 ไอโอไนซ์และไฮเดรท ไอโซเมอร์ซึม

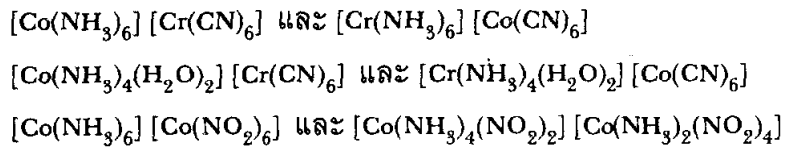
ในสารประกอบเชิงซ้อนใดที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่ให้อิออนต่างกัน สารละลาย เช่น  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Br}_2$  และ  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Br}_2]\text{Cl}_2$  ซึ่งอิออนในสารละลายเป็น  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^{2+}$  กับ  $2\text{Br}^-$  และ  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Br}_2]^{2+}$  กับ  $2\text{Cl}^-$  เรียกว่าอิออนไนซ์ไอโซเมอร์ สำหรับไฮเดรทไอโซเมอร์คล้ายกับ ไอโอไนซ์ไอโซเมอร์ แต่จะมีโมเลกุลของน้ำเข้ามาอยู่ด้วย เช่น  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$  มีสีม่วง,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  มีสีเขียว, และ  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  มีสีเขียวเข้ม

### 2.4 ลิงเกต ไอโซเมอร์ซึม

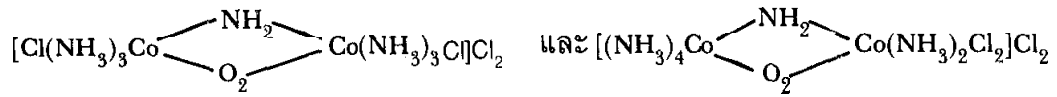
ในสารประกอบเชิงซ้อนที่ลิแกนด์ตัวหนึ่งจับกับโลหะอะตอมแกนกลางได้ 2 แบบ เช่น ในสารประกอบที่มี  $-\text{NO}_2$  (ไนโตร) หรือ  $-\text{O}-\text{N}=\text{O}$  (ไนโตรโต) เป็นลิแกนด์โดยอาจใช้ N หรือ O ในการเกิดพันธะกับโลหะแกนกลางก็ได้ หรือ  $-\text{SCN}$  (ไทโอไซยาเนต) หรือ  $-\text{NCS}$  (ไอโซ-ไทโอไซยาเนต) จับกับโลหะแกนกลางเรียก ลิงเกตไอโซเมอร์

### 2.5 โคออดิเนชัน ไอโซเมอร์ซึม

เกิดในเกลือของสารประกอบเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยอิออนเชิงซ้อนของอิออนบวกและอิออนลบ และมีการเปลี่ยนลิแกนด์ระหว่างศูนย์กลางโคออดิเนชัน ตัวอย่างเช่น



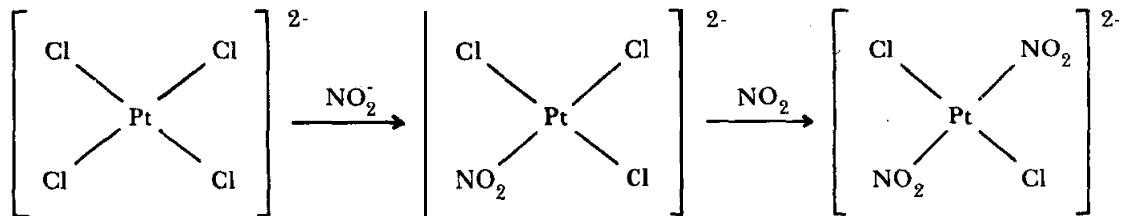
หรือในสารประกอบโพสทีนเวคัลลี ก็อาจเกิดการเปลี่ยนลิแกนด์กับศูนย์กลางโคบอลต์ เช่น



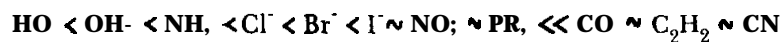
การทดลองในบทนี้จะศึกษาเฉพาะจีโอเมตรีคัลไอโซเมอร์ ซึ่งในการเตรียม ซีส- และทรานส- ไอโซเมอร์ นั้นจะไม่มีวิธีการเตรียมโดยเฉพาะ แต่จะมีวิธีที่แตกต่างกันไปในสารประกอบชนิดหนึ่ง ๆ เช่น อาจเตรียมสารประกอบตัวหนึ่งแล้วแยกซีส- และทรานส- โดยอาศัยการละลายที่ต่างกัน ดังนั้น ทรานส- ไดออกซาลาเลโตไดเอโคโคโรเมียม (III) คลอไรด์ อาจเตรียมโดยใช้ ซีส- ไอโซเมอร์ มาตกผลึกอย่างช้า ๆ โดยการระเหย ทรานส-ไอโซเมอร์จะตกผลึกออกมา ทำให้สามารถแยกซีส- และทรานส-ไอโซเมอร์ออกจากกันได้

#### ผลของทรานส (The trans effect)

จากการศึกษาพบว่าลิแกนด์บางตัวสามารถเกิดการแทนที่ในตำแหน่งทรานสกับตัวมันเอง ได้ดีกว่าลิแกนด์บางชนิด จากประโยชน์อันนี้ทำให้สามารถที่จะวางแผนสังเคราะห์สารบางชนิด ให้มีสเตอริโอเคมีตามที่ต้องการได้ เช่น ในปฏิกิริยาของไนเตรตอิออน กับเตตระคลอโรพลาทีเนต (II) อีออน



โดยที่ไนเตรตอิออนกรุปที่สอง จะเข้าไปในตำแหน่งที่เป็นทรานสกับกรุปแรก แสดงว่าไนเตรตมีกลไกการเข้าเป็นทรานสกับตัวมันเองได้มากกว่าคลอไรด์ ผลจากการศึกษาการแทนที่ของลิแกนด์ในตำแหน่งทรานสได้ดีมีลำดับ ดังนี้



### 3. การทดลอง

#### 3.1 การเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนของ ซีส- และทรานส- โปแตสเซียม-ไดออกซาเลโตไดโอควาโครเมต (III)

##### 3.1.1 สารเคมีที่ใช้

โปแตสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate)

กรดออกซาลิก (Oxalic dihydrate)

เอทานอล (ethanol)

##### 3.1.2 วิธีการเตรียม

###### 3.1.2.1 ทรานส- ไอโซเมอร์ของ $K[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)_2] \cdot 3H_2O$

ละลายกรดออกซาลิก 6 กรัม ในน้ำร้อนที่มีปริมาณน้อยที่สุด (ควรใช้บีกเกอร์ที่มีปริมาตรไม่ต่ำกว่า 300 มิลลิลิตร) แล้วค่อย ๆ เติมลงในโปแตสเซียมไดโครเมต 2 กรัม ซึ่งละลายในน้ำร้อนปริมาณน้อยที่สุด ใช้กระจกนาฬิกาปิดบีกเกอร์ เนื่องจากปฏิกิริยาเกิดรุนแรง เมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุดลง นำสารละลายที่ได้ไประเหยจนปริมาตรเหลือประมาณหนึ่งในสามของปริมาตรเริ่มต้น เมื่อตะกอนตกลงมา กรองและล้างตะกอนด้วยน้ำเย็นและอัลกอฮอล์ บันทึกรูปผลที่ได้ ตะกอนที่ได้จะเป็นทรานส-ไอโซเมอร์ ซึ่งมีสูตรเป็น  $trans-K[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)_2] \cdot 3H_2O$

###### 3.1.2.2 ซีส- ไอโซเมอร์ของ $K[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)_2] \cdot 3H_2O$

บดโปแตสเซียมไดโครเมต 2 กรัม อย่างละเอียด แล้วบดกรดออกซาลิก 6 กรัม อย่างละเอียด (ห้ามใช้ที่บดอันเดียวกัน) แล้วเอามาผสมเข้าด้วยกันในถ้วยกระเบื้องที่ใช้ระเหย โดยนำมากองให้เป็นลักษณะยอดแหลม หยคน้ำลงบนของผสมนี้ 1 หยด ใช้กระจกนาฬิกาปิดตั้งไว้จนปฏิกิริยาเกิดขึ้นจะมีไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นของเหลวหนืดสีม่วงแดง เติมเอทานอล 15 มิลลิลิตร และคนจนได้ตะกอน ถ้าเกิดตะกอนช้า (ยังมีลักษณะเป็นของเหลวหนืด) ให้รินของเหลวทิ้ง และเติมเอทานอลลงไปให้ 10 มิลลิลิตร คนจนเกิดผลึก กรองด้วยกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วยเอทานอล แล้วทำให้แห้งในเดซิเคเตอร์แบบสูญญากาศ ตะกอนที่ได้มีสูตรเป็น  $cis-K[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)_2] \cdot 3H_2O$

#### 3.2 การทดสอบความบริสุทธิ์ของไอโซเมอร์

วางผลึกของสารที่เตรียมได้อย่างละ 2-3 ผลึกบนกระดาษกรอง หยดแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง 2-3 หยด ถ้าสารนั้นเป็น ซีส-ไอโซเมอร์ จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอย่างรวดเร็ว และแผ่กระจายไปทั่วกระดาษกรอง ไม่มีส่วนที่เป็นของแข็งเหลืออยู่ แต่ถ้าเป็นทรานส-ไอโซเมอร์

จะยังคงเป็นของแข็งมีสีน้ำตาล

### 3.3 การหาปริมาณโครเมียมและออกซาเลทจากซีส- และทรานส-ไอโซเมอร์

#### 3.3.1 การหาปริมาณออกซาเลท

ชั่งสารตัวอย่างที่เตรียมได้อย่างละเอียด (ประมาณ 0.3 กรัม) แล้วนำมาละลายใน 5% โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ต้มจนไม่มีตะกอนของโครเมียม (III) ออกไซด์เกิดขึ้นอีก กรองตะกอนและล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนเล็กน้อย เอาของเหลวที่ผ่านการกรองรวมทั้งน้ำล้างตะกอนไปหาปริมาณออกซาเลทโดยเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 6 มิลลิลิตร และทำให้สารละลายนั้นมีอุณหภูมิประมาณ 25–30 องศาเซนติเกรด พร้อมกับคนตลอดเวลา จนได้สารละลายใส แล้วนำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน 0.02 M โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ที่อุณหภูมิประมาณ 70–80 องศาเซนติเกรด จนกระทั่งถึงจุดยุติโดยที่อุณหภูมิไม่ควรต่ำกว่า 60 องศาเซนติเกรด ควรทำการทดลองเปรียบเทียบ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของออกซาเลท ทำการเปรียบเทียบปริมาณทางทฤษฎีและที่ได้จากการทดลองในสารประกอบเชิงซ้อนนั้น

#### 3.3.2 การหาปริมาณโครเมียม

ชั่งตะกอนอย่างละเอียด (ประมาณ 0.03 กรัม) ละลายในน้ำร้อน 50 มิลลิลิตร เติมโปแตสเซียมเปอร์ออกไซด์ไดซัลเฟต ( $K_2S_2O_8$ ) 0.5 กรัม ต้มด้วยไฟอ่อน ๆ ประมาณ 30 นาที ตั้งไว้จนเย็นแล้วเทสารละลายสีเหลืองที่ได้รวมทั้งน้ำล้างภาชนะที่ใส่สารนี้ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ทำให้ถึงปริมาตรที่ต้องการด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water) นำสารละลายนี้ไปหาปริมาณโครเมียมโดยวิธีเปรียบเทียบสี (colorimetric method)

เตรียมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ให้มีช่วงความเข้มข้น 2–20 มิลลิกรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร นำสารละลายทั้งหมดไปวัดการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (nanometer) พร้อมทั้งวัดการดูดกลืนของสารละลายตัวอย่างด้วย พลอตกราฟมาตรฐาน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนกับความเข้มข้นของโครเมียม คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของโครเมียมจากสารละลายตัวอย่างได้

## 4. การหาอัตราการเปลี่ยนแปลงไอโซเมอร์จากทรานส- ไปเป็นซีส-

### 4.1 ความรู้ทั่วไป

จากค่าการดูดกลืนคลื่นแสง  $A$  ของสารละลายที่เวลา  $t$  ซึ่งสารละลายนี้ประกอบด้วยสาร 2 ชนิด (species) สมมุติให้เป็น  $X$  และ  $Y$  ที่สามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ตามกฎ เพราะฉะนั้นค่า  $A$  ตามกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต เป็นดังนี้

$$A_t = 1 \{ \Sigma_x [X]_t + \Sigma_y [Y]_t \} \quad \text{-----} \quad (1)$$

โดย x เป็นตัวตั้งต้น และ y เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น, l เป็นความหนาของเซลล์ อัตราการเปลี่ยนจาก X ไปเป็น Y เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (first order reaction) ดังนั้น

$$\frac{d[X]}{dt} = -k[X] \quad \text{-----} \quad (2)$$

เมื่ออินทิเกรตสมการ (2) จะได้

$$[X]_t = [X]_0 e^{-kt} \quad \text{-----} \quad (3)$$

$[X]_t$  เป็นความเข้มข้นของ X ที่เวลา t

$[X]_0$  เป็นความเข้มข้นของ X เมื่อเริ่มต้น

ดังนั้นความเข้มข้นของ Y หลังเวลา t จะมีค่า

$$[Y]_t = [X]_0 - [X]_t = [X]_0 (1 - e^{-kt}) \quad \text{-----} \quad (4)$$

แทนค่า  $[X]_t$  และ  $[Y]_t$  ในสมการ (1)

$$A_t = 1 \{ \Sigma_x [X]_0 e^{-kt} + \Sigma_y [X]_0 (1 - e^{-kt}) \}$$

หรือ

$$\frac{A_t}{[X]_0} = (\Sigma_x - \Sigma_y) e^{-kt} + \Sigma_y$$

หรือ

$$\frac{A_t}{[X]_0} - \Sigma_y = (\Sigma_x - \Sigma_y) e^{-kt} \quad \text{-----} \quad (5)$$

เมื่อพลอตระหว่าง  $\log \left\{ \frac{A_t}{[X]_0} - \Sigma_y \right\}$  กับเวลา t จะได้เส้นตรงที่มีสโลปเท่ากับ -k ซึ่งในการพลอตนั้น จะทำได้เมื่อทราบค่า  $\Sigma_y$  และ  $[X]_0$  แต่ในการทดลองที่ไม่ทราบค่า  $\Sigma_y$  จึงต้องใช้วิธีอื่น ในการทดลองนี้สามารถทำได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ต่างกันของการเปลี่ยนทรานส-ไอโซเมอร์ในสารละลายเทียบกับไอโซเมอร์ที่เปลี่ยนไปอย่างสมบูรณ์

ถ้าให้  $A_c$  เป็นค่าการดูดกลืนของทรานส-ไอโซเมอร์ในสารละลาย

$A_c$  เป็นค่าการดูดกลืนของซิส-ไอโซเมอร์ในสารละลาย

$A_1, A_2, A_3$  เป็นค่าการดูดกลืนของสารละลายที่เวลา  $t_1, t_2, t_3$

$A_1', A_2', A_3'$  เป็นค่าการดูดกลืนของสารละลายที่เวลา  $t_1 + \Delta t, t_2 + \Delta t, t_3 + \Delta t$

$\Delta t$  เป็นช่วงเวลาที่คงที่ = เวลาที่เกิดการเปลี่ยนไอโซเมอร์ของสารละลาย

จากอัตราของปฏิกิริยาลำดับที่หนึ่ง จะได้ว่า

$$A_c - A_t = (A_c - A_t) e^{-kt} \quad \text{-----} \quad (6)$$

โดยที่  $A_c - A_t$  เป็นค่าที่วัดจากความเข้มข้นเริ่มต้นเมื่อเป็นทรานส-ไอโซเมอร์



เพราะฉะนั้น  $A_c - A_t$  เป็นค่าที่วัดเมื่อยังคงเป็นทรานส-ไอโซเมอร์หลังเวลา  $t$

$$\therefore A_c - A_t = (A_c - A_t) e^{-k(t_1 + \Delta t)} \quad (7)$$

สมการ (7) - (6)

$$A_t^i - A_t = (A_c - A_t) \{e^{-kt_1} - e^{-k(t_1 + \Delta t)}\} \quad (8)$$

ดังนั้น  $A_t^i - A_t = 1 - e^{-k \Delta t}$

หรือ  $e^{kt_1} = \frac{(1 - e^{-k \Delta t}) (A_c - A_t)}{A_t^i - A_t}$

เมื่อใส่  $\ln$  ทั้งสองข้าง

$$kt_1 = \ln(1 - e^{-k \Delta t}) (A_1 - A_t) - \ln(A_1^i - A_t)$$

ค่าอื่น ๆ ก็หาได้ในทำนองเดียวกันเช่น

$$kt_2 = \ln(1 - e^{-k \Delta t}) (A_c - A_t) - \ln(A_2^i - A_t)$$

เพราะฉะนั้นเขียนเป็นสูตรโดยทั่วไป ดังนี้

$$kt = \text{ค่าคงที่} - 2.303 \log A$$

ค่า  $A$  คือ ค่าความแตกต่างของการดูดกลืนแสงของสารละลายที่เวลา  $t$  เทียบกับซีส-ไอโซเมอร์ ดังนั้นพลอต  $\log A$  กับเวลา (วินาที) จะได้เส้นตรงซึ่งแสดงว่าเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง จากกราฟก็สามารถหาค่า  $k$  สำหรับการไอโซเมอไรซ์ได้

## 4.2 การทดลอง

### 4.2.1 หาค่าความยาวคลื่นของการดูดกลืนของแต่ละไอโซเมอร์

เตรียมสารละลายตัวอย่างของสารทั้งสองไอโซเมอร์ ให้มีความเข้มข้น 2 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ( $\text{gdm}^{-3}$ ) ในกรณีที่สารตัวอย่างเป็นทรานส-ไอโซเมอร์ ให้ละลายในน้ำเย็นเพื่อป้องกันการเกิดไอโซเมอร์ไรซ์ หรือทำให้เกิดเป็น ซีส-ไอโซเมอร์ได้น้อยที่สุด นำสารละลายทั้งสองไปวัดค่าการดูดกลืนในช่วงความยาวคลื่น 300-600 นาโนเมตร หาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่สุด จากกราฟที่พลอตระหว่างค่าการดูดกลืนกับความยาวคลื่น ซึ่งก็คือ ค่าที่ผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนของทั้งสองไอโซเมอร์สูงสุด

### 4.2.2 ศึกษาทางโคเนติก โดยวัดอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอร์ไรซ์จากทรานส-ไปเป็นซีส-ไอโซเมอร์

ละลายทรานส-ไอโซเมอร์ที่ชั่งอย่างละเอียด (ประมาณ 0.1 กรัม) ในสารละลายกรดเปอร์คลอริกที่มีความเข้มข้น  $10^{-4} \text{ M}$  ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ตั้งสารละลายไว้ที่อุณหภูมิ

ประมาณ 25 องศาเซนติเกรด ประมาณ 2 ซม. จนแน่ใจว่าการไอโซเมอไรซ์เกิดอย่างสมบูรณ์ ใช้สารละลายนี้เป็นฐาน (reference) ในเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ แล้วเตรียมสารตัวอย่างอีกอันหนึ่ง ให้มีความเข้มข้นเท่าเดิม ควรทำที่สภาวะเดียวกัน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างรวดเร็วที่สุดเท่าที่เป็นได้ และวัดทุก ๆ 2 นาที และเมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลงก็เพิ่มช่วงเวลา เช่น ทุกๆ 5 นาที แล้วนำค่าที่ได้ไปพลอตกราฟระหว่าง  $\log A$  กับเวลา จากกราฟ สามารถหาค่า  $k$  ได้

## แบบข้อมูลรายงานผลการทดลอง

### 1) ปริมาณออกซาเลท

ตัวอย่าง	1	2
น้ำหนักตัวอย่าง/กรัม		
ค่าที่อ่านจากบuret/มิลลิลิตร		
ปริมาณโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้/มิลลิลิตร		

### 2) ปริมาณโครเมียม

น้ำหนักตัวอย่าง/กรัม	2	5	10	15	20
ค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (A) ที่มีความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร					

ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของตัวอย่าง

### 3) อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรซ์

ก) ค่าความยาวคลื่นที่ทำให้ค่าการดูดกลืน \_\_\_\_\_ นาโนเมตร  
คลื่นแสงระหว่างซีสและทรานส ที่แตกต่างกันมากที่สุด

เวลาที่วัด/นาที	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30
ค่าการดูดกลืนคลื่นแสง ที่ความยาวคลื่น _____ nm.										

### คำถามท้ายบท

- 1) ออกซาเลทือออนนอกจากจะทำหน้าที่เป็นลิแกนด์คู่แล้ว ยังทำหน้าที่เป็นอะไรได้อีก
- 2) จงแสดงสมการที่เกิดขึ้นทั้งหมดในการเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนในการทดลองนี้
- 3) มีวิธีการอย่างอื่นอีกหรือไม่ที่จะตรวจสอบซีส-ไอโซเมอร์