

การทดลองที่ 1

สมดุลเคมี

(Chemical Equilibrium)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของสถานะสมดุล (Equilibrium state)
2. เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นและอุณหภูมิต่อสถานะสมดุล

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ไม่ว่าจะใช้เวลานานเท่าใดเนื่องจากเป็น การเปลี่ยนแปลงที่ย้อนกลับได้ (irreversible process) ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า (forward reaction rate) จะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากความเข้มข้นของสารตั้งต้น (reactants) ลดลง และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (reverse reaction rate) จะสูงขึ้น เมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ จะเกิดสถานะสมดุล ซึ่งที่สถานะสมดุลนี้สมบัติทางกายภาพของระบบจะคงที่ แต่ระบบไม่ได้หยุดนิ่ง ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา จึงเรียกสถานะสมดุลนี้ว่า สมดุลไดนามิก (Dynamic equilibrium) ระบบจะเข้าสู่สมดุลเร็วหรือช้าขึ้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา



$$\text{ที่สถานะสมดุล } K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

เมื่อ K_c คือค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิหนึ่ง

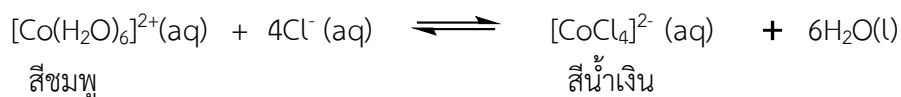
$[A], [B], [C]$ และ $[D]$ คือความเข้มข้นของสารขณะสมดุลในหน่วยโมล/ลิตร

หลักของเลอชาเตลิเยอร์ (Le'Chaterlier' principle) กล่าวไว้ว่า ถ้ารบกวนสมดุลของระบบ (เปลี่ยนความเข้มข้น , ความดัน หรือ อุณหภูมิ) ระบบจะเสียสมดุลไปแล้วระบบจะปรับตัวให้เข้าสู่สถานะสมดุลใหม่อีกครั้งโดยเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ทำให้รบกวนลดลง

จากสมการ (1) ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสาร C อัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจะเพิ่มขึ้นเพื่อให้ทำให้ความเข้มข้นของสาร C ลดลงและความเข้มข้นของสาร D ก็ลดลงตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นด้วยในขณะที่ความเข้มข้นของสาร A และ B จะเพิ่มความเข้มข้นจนกระทั่งระบบเข้าสู่สถานะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง ดังนี้

$$\frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} = K_c$$

ในการศึกษาผลของความเข้มข้นและอุณหภูมิที่มีผลต่อสถานะสมดุลนั้น ทำโดยใช้สารละลายโคบอลต์ (II) ไอออน ซึ่งเมื่ออยู่ในน้ำจะอยู่ในรูปของไอออนเชิงซ้อน (Complex ion) $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})]^{2+}$ โดยที่น้ำถึง 6 โมเลกุลจะจัดตัวอยู่รอบ ๆ โคบอลต์ไอออนเป็นโครงสร้างแบบออกตะฮีดรัล (Octahedral) สารละลายสีชมพู แต่ถ้ามีคลอไรด์ไอออนจะเข้าแทนที่โมเลกุลของน้ำใน $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ อย่างรวดเร็วเกิดเป็นไอออนเชิงซ้อน $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ ซึ่งเป็นสารสีน้ำเงิน มีการจัดโครงสร้างคลอไรด์ไอออนรอบโคบอลต์ไอออนเป็นแบบเตตระฮีดรัล (tetrahedral) สมดุลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการ



และมีค่าสมดุลเป็นดังข้างล่าง

$$K_c = \frac{[\text{CoCl}_4]^{2-}[\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}}$$

การทดลอง

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง 6 หลอด พร้อมที่วางหลอด
2. ปีกเกอร์ขนาด 50 cm³ และขนาด 250 cm³ อย่างละ 2 ใบ
3. กระบอกตวงขนาด 10 cm³ จำนวน 2 อัน
4. แท่งแก้วคน
5. แผ่นความร้อน (hot plate) ใช้ร่วมกันทั้งห้องเรียน

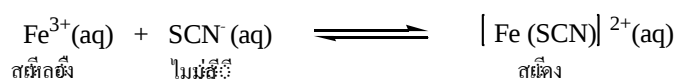
สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. 0.1 M iron(III) chloride (0.1 M FeCl₃)
3. 0.1 M ammonium thiocyanate (0.1 M NH₄SCN)
4. ammonium chloride (NH₄Cl)
5. 0.1 M acetic acid (0.1 M CH₃COOH)
6. methyl orange
7. 6 M sodium hydroxide (6 M NaOH)
8. hydrochloric acid (conc.HCl)
9. 0.4 M cobalt chloride (0.4 M CoCl₂) หรือ 0.4 M cobalt nitrate (0.4 M Co(NO₃)₂)
10. น้ำแข็ง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ความเข้มข้นกับภาวะสมดุล

1.1 สมดุลของไอออนเชิงซ้อน [Fe(SCN)]²⁺



นำหลอดทดลอง 2 หลอด ใส่ น้ำกลั่น ลงไปหลอดละ 10 cm³ หลอดที่หนึ่งเติมสารละลาย 0.1 M FeCl₃ 3 cm³ หลอดที่สองเติมสารละลาย 0.1 M NH₄SCN 5 หยด ผสมสารละลายทั้งสองหลอดเข้าด้วยกันในปีกเกอร์ขนาด 50 cm³ ทิ้งไว้จนเข้าสู่ภาวะสมดุล แบ่งสารละลายที่เกิดขึ้นออกเป็น 4 หลอด หลอดละเท่ากัน

หลอดที่ 1 เก็บไว้สำหรับเปรียบเทียบสี (blank)

หลอดที่ 2 เติมสารละลาย 0.1 M FeCl_3 3 หยด เขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง

หลอดที่ 3 เติมสารละลาย 0.1 M NH_4SCN 3 หยด เขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง

หลอดที่ 4 ค่อยๆ เติมผง NH_4Cl 0.1-0.3 g เขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง

เปรียบเทียบสีของสารละลายในหลอดทดลองทั้ง 4 หลอด บันทึกผล อธิบายการเปลี่ยนแปลงตามหลักของ Le Chatelier

1.2 สมดุลของ CH_3COOH



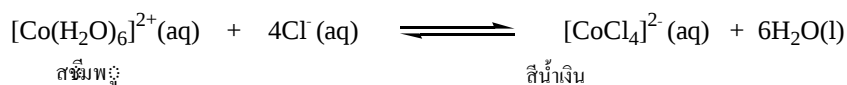
นำหลอดทดลอง 2 หลอด ใส่ 0.1 M CH_3COOH หลอดละ 2 cm^3 เติม methyl orange หลอดละ 2 หยด เขย่า บันทึกสีของสารละลายทิ้งไว้จนเข้าสู่ภาวะสมดุล

หลอดที่ 1 เติม กรด conc.HCl ลงไป 2 หยด เขย่า บันทึกผล สีของสารละลาย

หลอดที่ 2 เติม 6 M NaOH 2 หยด เขย่า บันทึกสีของสารละลาย

ตอนที่ 2 อุณหภูมิกับภาวะสมดุล

สมดุลของไอออนเชิงซ้อนของ Co^{2+}



เติมสารละลาย 0.4 M CoCl_2 2.5 mL ลงในหลอดทดลอง ค่อยๆ เติมสารละลาย conc.HCl ทีละหยดจนครบ 2 cm^3 เขย่าให้เข้ากันจะได้สารละลายสีม่วง (สีผสมระหว่างสีชมพูกับสีน้ำเงิน) ถ้าไม่เป็นสีม่วงให้เติม conc.HCl ลงไปอีกทีละหยดจนสารละลายเป็นสีม่วงทิ้งไว้จนเข้าสู่ภาวะสมดุล จากนั้นแบ่งสารละลายออกเป็น 3 ส่วนใส่ลงในหลอดทดลองแล้วทำการทดลองดังนี้

หลอดที่ 1 นำไปแช่ในอ่างน้ำแข็ง

หลอดที่ 2 นำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 80°C

หลอดที่ 3 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองที่ 1 และ 2 เทียบกับหลอดที่ 3 บันทึกผล

คำถามหลังการทดลอง

1. จากสมการ $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) + \text{ความร้อน}$ ภายในขวดที่ปิดจุกสนิท เมื่อนำขวดไปแช่ในน้ำแข็ง สีของแก๊สในขวดจะเป็นสีอะไร
2. จากสมการ $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ ที่ภาวะสมดุล จงเขียนสมการเพื่อหาค่า K_a
3. ผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกับอุณหภูมิของระบบที่สมดุลกระทบต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลอย่างไร
4. จากปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลที่กำหนดให้ เมื่อรบกวนภาวะสมดุลของระบบแล้วจะมีผลทำให้สมดุลของปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงอย่างไร

4.1 เมื่อรบกวนภาวะสมดุล Fe³⁺(aq) + SCN⁻(aq) ⇌ [Fe(SCN)]²⁺(aq) สีเหลือง ไม่มีสี สีแดง	ทิศทางการปรับตัว	ผลการเปลี่ยนแปลง		
		[Fe ³⁺]	[SCN ⁻]	[Fe(SCN) ²⁺]
1. เติม FeCl ₃				
2. เติม NH ₄ SCN				
3. เติม Na ₃ PO ₄				
4. เติม NaCl				
4.2 เมื่อรบกวนภาวะสมดุล CH₃COOH(aq) ⇌ H⁺(aq) + CH₃COO⁻(aq)	ทิศทางการปรับตัว	[CH ₃ COOH]	[H ⁺]	[CH ₃ COO ⁻]
1. เติม methyl orange				
2. เติม HCl				
3. เติม 6M NaOH				
4.3 เมื่อรบกวนภาวะสมดุล BiCl₃(aq) + H₂O(l) ⇌ BiOCl(s) + 2HCl(aq)	ทิศทางการปรับตัว	[BiCl ₃]	[BiOCl]	[HCl]
1. เติมน้ำกลั่น				
2. เติม conc.HCl				
4.4 เมื่อรบกวนภาวะสมดุล [Co(H₂O)₆]²⁺(aq) + 4Cl⁻(aq) ⇌ [CoCl₄]²⁻(aq) + 6H₂O(l) สีชมพู สีน้ำเงิน	ทิศทางการปรับตัว	[[Co(H ₂ O) ₆] ²⁺]	[Cl ⁻]	[[CoCl ₄] ²⁻]
1. ที่อุณหภูมิห้อง				
2. ที่อุณหภูมิร้อน				
3. ที่อุณหภูมิต่ำ				

รายงานผลการทดลองที่ 1

สมดุลเคมี

หมู่เรียน.....สาขาวิชา..... กลุ่มที่.....

ชื่อผู้รายงาน..... รหัส.....

ผู้ร่วมงาน 1..... รหัส.....

2..... รหัส.....

3..... รหัส.....

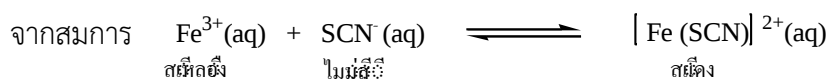
วันที่ทำการทดลอง.....

อาจารย์ผู้ควบคุม.....

ผลการทดลอง

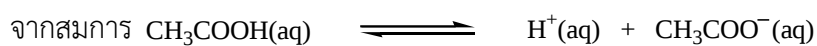
ตอนที่ 1 ความเข้มข้นกับภาวะสมดุล

1.1 สมดุลของ $\text{Fe}(\text{SCN})_3$



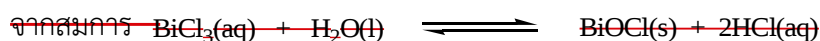
สารที่เติม	สีของสารละลาย	ทิศทางการปรับตัว
0.1M FeCl_3		
0.1 M NH_4SCN		
$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$		

1.2 สมดุลของ $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$



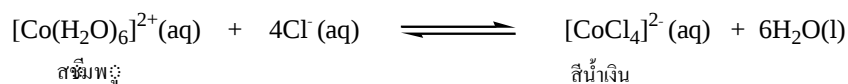
สารที่เติม	สีของสารละลาย	ทิศทางการปรับตัว
Methyl orange		
$\text{CH}_3\text{COONa}(\text{s})$		
6 M NaOH		

~~1.3 สมดุลของ BiCl_3~~



สารที่เติม	ผลการสังเกต	ทิศทางการปรับตัว
น้ำกลั่น		
conc.HCl		

ตอนที่ 2 อุณหภูมิกับภาวะสมดุล



อุณหภูมิ	สีของสารละลาย	ทิศทางของสมดุล
ที่อุณหภูมิห้อง		
ที่อุณหภูมิน้ำแข็ง		
ที่อุณหภูมิน้ำร้อน 80°C		
ที่อุณหภูมิห้อง		

วิเคราะห์ผลการทดลองและอภิปรายผล

(การวิเคราะห์ ขอให้วิเคราะห์โดยละเอียด โดยพยายามเชื่อมโยงทฤษฎี เช่น ในตอนที่ 1 หากเติม FeCl_3 ลงไปแล้ว เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และสาเหตุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างนั้น เพราะอะไร พยายามอธิบายหาเหตุผล และใส่อ้างอิงหากได้รับความรู้จากแหล่งไหน)

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

เอกสารอ้างอิง

.....

.....

.....

เขียนเอกสารอ้างอิงตามหลัก APA style พิจารณารายละเอียดได้จาก

<http://www.journalclinicpsy.org/index.files/APA6th.pdf>