การทดลองที่ 1
สมดุลเคมี
(Chemical Equilibrium)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของสถานะสมดุล (Equilibrium state)
2. เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นและอุณหภูมิต่อสถานะสมดุล

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ไม่ว่าจะใช้เวลานานเท่าใดเนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ย้อนกลับได้(irreversible process**)** ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า (forward reaction rate) จะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากความเข้มข้นของสารตั้งต้น (reactants) ลดลง และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (reverse reaction rate) จะสูงขึ้น เมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากันอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ จะเกิดสถานะสมดุล ซึ่งที่สถานะสมดุลนี้สมบัติทางกายภาพของระบบจะคงที่ แต่ระบบไม่ได้หยุดนิ่ง ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา จึงเรียกสถานะสมดุลนี้ว่าสมดุลไดนามิก (Dynamic equilibium) ระบบจะเข้าสู่สมดุลเร็วหรือช้าขึ้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา

ในปฏิกิริยาทั่ว ๆ ไป $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ .....(1)

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

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) $[Co(H_2O)]^{2+}$ โดยที่น้ำถึง 6 โมเลกุลจะจัดตัวอยู่รอบ ๆ โคบอลต์ไอออนเป็นโครงสร้างแบบออกตะฮีดรัล (Octahedral) สารละลายสีชมพู แต่ถ้ามีคลอไรด์ไอออนจะเข้าแทนที่โมเลกุลของน้ำใน $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ อย่างรวดเร็วเกิดเป็นไอออนเชิงซ้อน $[CoCl_4]^{2+}$ ซึ่งเป็นสารสีน้ำเงิน มีการจัดโครงสร้างคลอไรด์ไอออนรอบโคบอลต์ไอออนเป็บแบบเตตระฮีดรัล (tetrahedral) สมดุลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการ

$[Co(H_2O)_6]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}(aq) + 6H_2O(l)$

สีชมพู สีน้ำเงิน

และมีค่าสมดุลเป็นดังข้างล่าง

$$K_C = \frac{[CoCl_4]^{2-}[H_2O]^6}{[Co(H_2O)_6]^{2+}}$$

การทดลอง

อุปกรณ์

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

สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. 0.1 M iron(III) chloride (0.1 M $FeCl_3$)
3. 0.1 M ammonium thiocyanate (0.1 M NH_4SCN)
4. ammonium chloride (NH_4Cl)
5. 0.1 M acetic acid (0.1 M CH_3COOH)
6. methyl orange
7. 6 M sodium hydroxide (6 M NaOH)
8. hydrochloric acid (conc.HCl)
9. 0.4 M cobolt chloride (0.4 M $CoCl_2$) หรือ 0.4 M cobolt nitrate (0.4 M $Co(NO_3)_2$)
10. น้ำแข็ง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ความเข้มข้นกับภาวะสมดุล

1.1 สมดุลของไอออนเชิงซ้อน $[Fe(SCN)]^{2+}$

$Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftharpoons [Fe(SCN)]^{2+}(aq)$

สีเหลืองจาง ไม่มีสี สีแดง

นำหลอดทดลอง 2 หลอด ใส่น้ำกลั่นลงไปหลอดละ 10 cm^3 หลอดที่หนึ่งเติมสารละลาย 0.1 M $FeCl_3$ 3 cm^3 หลอดที่สองเติมสารละลาย 0.1 M NH_4SCN 5 หยด ผสมสารละลายทั้งสองหลอดเข้าด้วยกันในบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 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

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$$

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+}

$$[Co(H_2O)_6]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}(aq) + 6H_2O(l)$$

สีชมพู สีน้ำเงิน

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 $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ + ความร้อน ภายในขวดที่ปิดจุกสนิท เมื่อนำขวดไปแช่ในน้ำแข็ง สีของแก๊สในขวดจะเป็นสีอะไร
2. จากสมการ $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$ ที่ภาวะสมดุล จงเขียนสมการเพื่อหาค่า K_a
3 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกับอุณหภูมิของระบบที่สมดุลกระทบต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลอย่างไร
4. จากปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลที่กำหนดให้ เมื่อรบกวนภาวะสมดุลของระบบแล้วจะมีผลทำให้สมดุลของปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงอย่างไร

4.1 เมื่อรบกวนภาวะสมดุล $Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftharpoons [Fe(SCN)]^{2+}(aq)$ สีเหลืองจาง ไม่มีสี สีแดง	ทิศทางการปรับตัว	ผลการเปลี่ยนแปลง		
		$[Fe^{3+}]$	$[SCN^-]$	$[Fe(SCN)^{2+}]$
1. เติม $FeCl_3$				
2. เติม NH_4SCN				
3. เติม Na_3PO_4				
4. เติม NaCl				
4.2 เมื่อรบกวนภาวะสมดุล $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$	ทิศทางการปรับตัว	$[CH_3COOH]$	$[H^+]$	$[CH_3COO^-]$
1. เติม methyl orange				
2. เติม HCl				
3. เติม 6M NaOH				
4.3 เมื่อรบกวนภาวะสมดุล $BiCl_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons BiOCl(s) + 2HCl(aq)$	ทิศทางการปรับตัว	$[BiCl_3]$	$[BiOCl]$	$[HCl]$
1. เติมน้ำกลั่น				
2. เติม conc.HCl				
4.4 เมื่อรบกวนภาวะสมดุล $[Co(H_2O)_6]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}(aq) + 6H_2O(l)$ สีชมพู สีน้ำเงิน	ทิศทางการปรับตัว	$[[Co(H_2O)_6]^{2+}]$	$[Cl^-]$	$[[CoCl_4]^{2-}]$
1. ที่อุณหภูมิน้ำแข็ง				
2. ที่อุณหภูมิน้ำร้อน				
3. ที่อุณหภูมิห้อง				

รายงานผลการทดลองที่ 1
สมดุลเคมี

หมู่เรียน.....สาขาวิชา..... กลุ่มที่.....
ชื่อผู้รายงาน..... รหัส.....
ผู้ร่วมงาน 1..... รหัส.....
2..... รหัส.....
3..... รหัส.....
วันที่ทำการทดลอง.....
อาจารย์ผู้ควบคุม.....

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ความเข้มข้นกับภาวะสมดุล

1.1 สมดุลของ $Fe(SCN)_3$

จากสมการ $Fe^{3+}(aq) + SCN^{-}(aq) \rightleftharpoons [Fe(SCN)]^{2+}(aq)$
สีเหลืองจาง ไม่มีสี สีแดง

สารที่เติม	สีของสารละลาย	ทิศทางการปรับตัว
0.1M $FeCl_3$		
0.1 M NH_4SCN		
$NH_4Cl(s)$		

1.2 สมดุลของ $CH_3COOH(aq)$

จากสมการ $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^{+}(aq) + CH_3COO^{-}(aq)$

สารที่เติม	สีของสารละลาย	ทิศทางการปรับตัว
Methyl orange		
$CH_3COONa(s)$		
6 M NaOH		

~~**1.3 สมดุลของ $BiCl_3$**~~

~~จากสมการ $BiCl_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons BiOCl(s) + 2HCl(aq)$~~

~~สารที่เติม~~	~~ผลการสังเกต~~	~~ทิศทางการปรับตัว~~
~~น้ำกลั่น~~		
~~conc.HCl~~		

ตอนที่ 2 อุณหภูมิกับภาวะสมดุล

$$[Co(H_2O)_6]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}(aq) + 6H_2O(l)$$

สีชมพู สีน้ำเงิน

อุณหภูมิ	สีของสารละลาย	ทิศทางของสมดุล
ที่อุณหภูมิน้ำแข็ง		
ที่อุณหภูมิน้ำร้อน 80°C		
ที่อุณหภูมิห้อง		

วิเคราะห์ผลการทดลองและอภิปรายผล

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

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

เอกสารอ้างอิง

.....

.....

.....

เขียนเอกสารอ้างอิงตามหลัก APA style พิจารณารายละเอียดได้จาก
http://www.journalclinicpsy.org/index.files/APA6th.pdf