

การทดลองที่ 2

การไทเทรตระหว่างกรดกับเบส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่
2. สามารถเตรียมสารละลายมาตรฐานได้
3. สามารถหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างโดยการไทเทรตได้

หลักการ

การไทเทรตกรด-เบส (acid-base titration)

การไทเทรตกรด-เบสเป็นการวิเคราะห์โดยการวัดปริมาตรของสารที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน ซึ่งมีอินดิเคเตอร์เป็นตัวบ่งชี้จุดยุติ ณ จุดนี้สารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่างอาจจะทำปฏิกิริยาพอดีกันหรือไม่พอดีกันก็ได้ขึ้นอยู่กับอินดิเคเตอร์ที่ใช้ ถ้าเลือกใช้อินดิเคเตอร์ได้เหมาะสมสารละลายทั้งสองก็จะทำปฏิกิริยาพอดีกัน ณ จุดนี้เรียกว่า **จุดสมมูล** การไทเทรตจะให้ผลที่ถูกต้องก็ต่อเมื่อจุดยุติและจุดสมมูลเป็นจุดเดียวกันหรือใกล้เคียงกันมากๆ การเลือกใช้อินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก

สารละลายมาตรฐาน (standard solution) คือสารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน เช่น 0.1 M H_2SO_4

สารละลายมาตรฐานสำหรับการไทเทรตกรดเบส

กรดหรือเบสที่ใช้เป็นสารละลายมาตรฐานสำหรับการไทเทรตจะเป็นกรดแก่หรือเบสแก่เสมอ เพราะสามารถแตกตัวได้สมบูรณ์ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่จุดสมมูลของปฏิกิริยาได้ชัดเจน กรดมาตรฐานที่นิยมใช้ได้แก่ hydrochloric acid (HCl) หรือ sulfuric acid (H_2SO_4) เป็นต้น การเตรียมสารละลายกรดมาตรฐานไม่นิยมเตรียมให้เป็นสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard solution) แต่มักใช้วิธีเจือจางกรดเข้มข้นโดยประมาณที่ต้องการ แล้วนำไปไทเทรตกับเบสมาตรฐานปฐมภูมิ จากนั้นจึงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดมาตรฐาน เบสมาตรฐานปฐมภูมิที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นเบสอ่อนหรือเกลือของกรดอ่อน เช่น sodium carbonate (Na_2CO_3) potassium iodate (KIO_3) sodium oxalate ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) เป็นต้น

เบสมาตรฐานที่นิยมใช้ได้แก่ sodium hydroxide (NaOH) หรือ potassium hydroxide (KOH) ในทางปฏิบัตินิยมใช้สารละลาย sodium hydroxide มากกว่า อย่างไรก็ตาม sodium hydroxide เหล่านี้ก็ไม่อาจที่จะใช้เป็นสารมาตรฐานปฐมภูมิได้เพราะมักจะมี chloride ion (Cl^-) และ sulfate ion (SO_4^{2-}) ปะปนอยู่ นอกจากนี้ยังดูดความชื้นจากอากาศได้ด้วย ในทางปฏิบัติจึงมักเตรียมสารละลายเบสให้มีความเข้มข้นโดยประมาณตามต้องการแล้วจึงนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดมาตรฐานปฐมภูมิซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดอินทรีย์อย่างอ่อน เช่น potassium hydrogen phthalate ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) หรือ benzoic acid ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) เป็นต้น จากนั้นจึงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายเบสมาตรฐาน

pH เป็นค่าที่ใช้บอกความเป็นกรด หรือ เบสของสารละลาย โดยกำหนดว่า

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

หรือ $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$

ในทำนองเดียวกัน $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$

หรือ $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$

เนื่องจาก $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

ดังนั้น $\text{pOH} = 14 - \text{pH}$

พิจารณามาตราส่วนแสดงค่า pH ดังนี้



ดังนั้น สารละลายที่เป็นกลางจะมี $\text{pH} = 7$

สารละลายที่เป็นกรดจะมี $\text{pH} < 7$

สารละลายที่เป็นเบสจะมี $\text{pH} > 7$

จากนิยามกรด-เบส ตามความหมายของอาร์เรเนียส (Arrhenius)

กรดคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ H^+

เบสคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ OH^-

ดังนั้น

กรดแก่ (strong acid) คือกรดที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ H_3O^+ หรือ H^+ ได้มาก เช่น HCl H_2SO_4 HNO_3

กรดอ่อน (weak acid) คือกรดที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ H_3O^+ หรือ H^+ ได้น้อย เช่น H_2CO_3 CH_3COOH

เบสแก่ (strong base) คือเบสที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ OH^- ได้มาก เช่น NaOH KOH $\text{Sr}(\text{OH})_2$

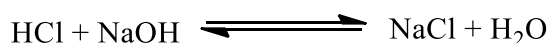
เบสอ่อน (weak base) คือเบสที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ OH^- ได้น้อย เช่น NH_4OH

หลักการเลือกใช้อินดิเคเตอร์

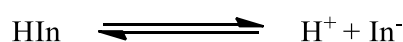
การเลือกใช้อินดิเคเตอร์ ต้องเลือกอินดิเคเตอร์ที่มีช่วง pH ใกล้เคียงกับ pH ของสารละลายที่จุดสมมูล

ตัวอย่าง การไทเทรตระหว่าง HCl กับสารละลายมาตรฐาน NaOH มีจุดสะเทินที่ pH ของสารละลายเท่ากับ 7 ควรเลือกใช้ bromothymol blue เป็นอินดิเคเตอร์ เพราะมีช่วง pH ที่ใกล้เคียงกับจุดสมมูลมากที่สุด

เมื่อ



พิจารณาสมดุลของปฏิกิริยาเมื่อเติม HIn คือ bromothymol blue



สีเหลือง

สีน้ำเงิน

ถ้าเติม NaOH ลงเบอกเล็กน้อยจะทาเหสารละลายมฤทธเปนเบสซึ่งจะทำให้สีของอินดิเคเตอร์เปลี่ยนไปเป็นสีที่อยู่ในรูปของเบส ในทำนองเดียวกันถ้าเติม HCl ลงไปอีกเล็กน้อย สารละลายก็จะมีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งก็ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนไปเป็นสีที่อยู่ในกรด สีของสารละลายจึงเปลี่ยนไปตามสีของอินดิเคเตอร์นั้นเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรดหรือเบสแล้วแต่กรณี

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของอินดิเคเตอร์บางชนิดสำหรับการไทเทรตระหว่างกรดกับเบส

อินดิเคเตอร์	ช่วง pH	pK _{indicator}	กรด	เบส
methyl yellow	2.9-4.0	3.3	red	yellow
methyl orange	3.1-4.4	4.2	red	yellow
bromocresol green	3.8-5.4	4.7	yellow	blue
methyl red	4.2-6.2	5.0	red	yellow
chlorophenol red	4.8-6.4	6.0	yellow	red
bromothymol blue	6.0-7.6	7.1	yellow	blue
phenol red	6.4-7.6	7.4	yellow	red
cresol purple	7.4-9.0	8.5	yellow	purple
thymol blue	8.0-9.6	8.9	yellow	blue
phenolphthalein	8.0-9.8	9.7	colorless	red
thymolphthalein	9.3-10.5	9.9	colorless	blue

การทดลอง

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 100 cm³ กลุ่มละ 2 อัน
2. ปีกเกอร์ขนาด 50 cm³ และขนาด 100 cm³
3. บิวเรตขนาด 50 cm³
4. ปิเปตขนาด 10 cm³
5. ขาตั้งและที่ยึดบิวเรต
6. แท่งแก้วคน

สารเคมี

1. สารละลายตัวอย่าง ได้แก่ hydrochloric acid (HCl)
2. สารละลาย NaOH ความเข้มข้นประมาณ 0.1 M
3. อินดิเคเตอร์ ได้แก่ phenolphthalein
4. potassium hydrogen phthalate (KHC₈H₄O₄)

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การไทเทรตระหว่างสารละลายมาตรฐาน $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ และ NaOH

1. บรรจुสารละลาย NaOH ลงในบิวเรต และใช้ปิเปตตูด 0.10 M $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 10 cm^3 แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีน 2 หยด
2. ไทเทรต 0.10 M $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ ด้วยสารละลาย NaOH จนกระทั่งเห็นสีชมพูอ่อนๆ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ไป ควรทำการไทเทรตซ้ำอีก 1 ครั้ง แล้วนำค่าปริมาตรที่เฉลี่ยแล้วไปคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย NaOH สารละลายที่ได้จัดเป็นสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ

ตอนที่ 2 การไทเทรตระหว่างกรดแก่ (HCl) กับเบสแก่ (NaOH)

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง HCl ปริมาตร 10 cm^3 (เป็นสารละลายที่ไม่ทราบความเข้มข้นแน่นอน) ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 cm^3 จากนั้นทำการวัดค่า pH ด้วย **Universal indicator pH paper** แล้วทำการเติม phenolphthalein 2 หยด
2. นำสารละลายในข้อ (1) มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH (ความเข้มข้นคำนวณจากตอนที่ 1) จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนๆ (ต้องอ่อนมากๆ) จึงหยุดการไทเทรต (นับเป็นการไทเทรตครั้งที่ 1) จดปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ และวัด pH หลังจากไทเทรตด้วย **Universal indicator pH paper อีกครั้ง แล้วบันทึกผล**
3. ทำการทดลองซ้ำ อีก 1 ครั้ง และคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย HCl โดยใช้ปริมาตรเฉลี่ยของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อทำการไทเทรต 1 M HNO_3 ปริมาตร 20 cm^3 กับ 0.5 M KOH อยากทราบว่าเมื่อถึงจุดสมมูลแล้วจะต้องใช้ 0.5 M KOH ปริมาตรเท่าใด
2. เมื่อใช้ H_2SO_4 ปริมาตร 20 cm^3 ไทเทรตกับ 2 M NaOH พบว่าที่จุดสมมูลใช้ NaOH ไป 30 cm^3 อยากทราบว่า H_2SO_4 จะมีความเข้มข้นเท่าไร
3. เราจะนำความรู้เกี่ยวกับการไทเทรตไปใช้ในการตรวจหาปริมาณของ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ในยาลดกรดได้อย่างไร จงอธิบาย

รายงานผลการทดลองที่ 2

การไทเทรตระหว่างกรดกับเบส

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

ชื่อผู้รายงาน..... รหัส.....

ผู้ร่วมรายงาน 1..... รหัส.....

2..... รหัส.....

3..... รหัส.....

วันที่ทำการทดลอง.....

อาจารย์ผู้ควบคุม.....

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของ NaOH (Molar) โดยทำการไทเทรตกับ 0.1M

KHC₈H₄O₄ ปริมาตร 10 cm³

ครั้งที่	ปริมาตรของ KHC ₈ H ₄ O ₄ (cm ³)	ปริมาตรของ 0.1 mol/L NaOH ที่ใช้ (cm ³)		
		ค่าเริ่มต้น	ค่าสุดท้าย (จุดยุติ)	ปริมาตรของ NaOH (cm ³) (ปริมาตรสุดท้าย - ปริมาตรเริ่มต้น)
1	10			
2	10			
ปริมาตรเฉลี่ยของสารละลาย NaOH (mL)				
ความเข้มข้นของ NaOH (mol/L)				

คำนวณหาความเข้มข้นของ NaOH (mol/L)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 การไทเทรตระหว่างกรดแก่ (HCl) กับ เบสแก่ (NaOH)

ครั้งที่	ปริมาตรของ HCl (cm ³)	ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ (cm ³)		
		ค่าเริ่มต้น	ค่าสุดท้าย (จุดยุติ)	ปริมาตรของ NaOH (cm ³) (ปริมาตรสุดท้าย - ปริมาตรเริ่มต้น)
1	10			
2	10			
ปริมาตรเฉลี่ยของสารละลาย NaOH (mL)				
ความเข้มข้นของ HCl (mol/L)				

pH ของสารละลายในขวดรูปชมพู่ ก่อนไทเทรต มีค่า _____

pH ของสารละลายในขวดรูปชมพู่ หลังไทเทรต มีค่า _____

คำนวณหาความเข้มข้นของ HCl (mol/L)

.....

.....

.....

.....

สรุปและอธิบายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....