

# ปภิวัดัการที่ 3

## การไทเทรตเบสเชิงซ้อน (Complex Base System Titration)



### วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของเบสเชิงซ้อนชนิดเบสผสม ด้วยวิธีไทเทรตร่วมกับการตกตะกอน และวิธีไทเทรตแบบ Double Indicator

### อุปกรณ์

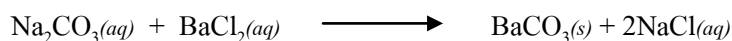
1. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL
2. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 mL
3. ปิปेट (Volumetric Pipette) ขนาด 25 mL
4. กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 25 และ 50 mL
5. ขาตั้ง (Stand)
6. ที่จับบิวเรต (Burette clamp)
7. ลูกยางดูด (Pipette bulb)
8. กระดาษกรอง No.1 (Filter paper No.1)

### สารเคมี

1. 0.10 M Hydrochloric acid (HCl)
2. Phenolphthalein indicator
3. Methyl Orange indicator
4. Bromocresol green indicator
5. 1% w/v Barium chloride (BaCl<sub>2</sub>)
6. สารละลายตัวอย่างของผสม NaOH + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

### 1. การไทเทรตแบบร่วมกับการตกตะกอน

เนื่องจาก  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  สามารถเกิดปฏิกิริยากับ  $\text{BaCl}_2$  กลายเป็นตะกอนที่กรองออกจากสารละลายได้ ดังสมการ



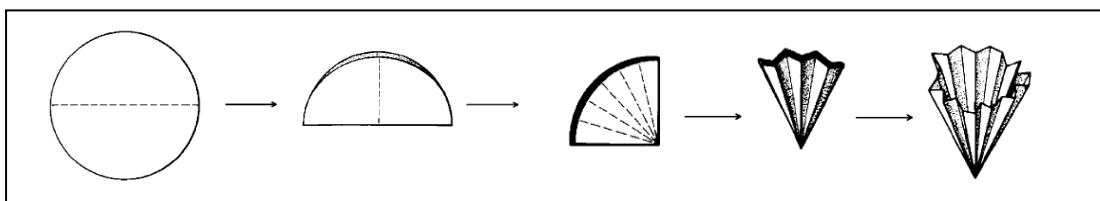
จึงสามารถแยก  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ออกจากสารละลายเบสผสมได้ เหลือเพียง  $\text{NaOH}$  เท่านั้น

การวิเคราะห์หาปริมาณ  $\text{NaOH}$  และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  โดยวิธีการไทเทรตร่วมกับการตกตะกอนมีวิธีทำดังนี้

ขั้นตอนแรกไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายกรดมาตรฐาน โดยใช้ Bromocresol green เป็นอินดิเคเตอร์ จะทราบปริมาณเบสทั้งหมด ( $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ )

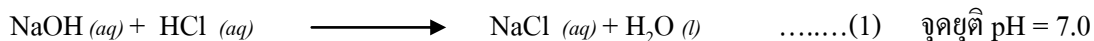
ขั้นตอนต่อไป นำสารละลายตัวอย่างไปทำการตกตะกอนด้วย  $\text{BaCl}_2$  จำนวนมากเกินพอ จะเหลือ  $\text{NaOH}$  ในสารละลาย แล้วไทเทรตหาปริมาณ  $\text{NaOH}$  ที่เหลือด้วยสารละลายกรดมาตรฐาน  $\text{HCl}$  โดยใช้ Phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์

#### วิธีพับกระดาษกรอง

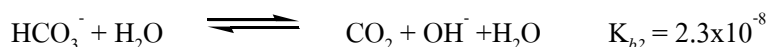


### 2. การไทเทรตแบบ Double Indicator

สารละลายเบสผสมระหว่าง  $\text{NaOH}$  และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ซึ่งเป็น polyfunctional base เมื่อไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรด  $\text{HCl}$  จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้



ค่าคงที่ของการแตกตัว  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  เป็นดังนี้

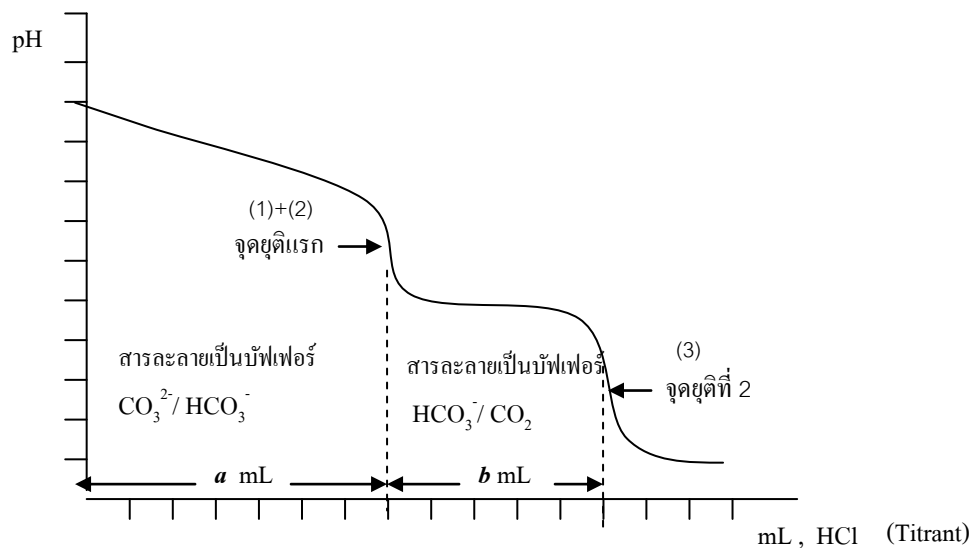


ปฏิกิริยาที่ 3 การไทเทรตเบสแข็งซ้อน

จุดยุติแรกของการไทเทรต  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  จะได้สารละลายที่มี pOH ประมาณ  $-\log(\sqrt{K_{b1} \cdot K_{b2}}) = 5.66$  หรือมี  $\text{pH} = 14 - 5.66 = 8.34$  ซึ่งใกล้เคียงกับจุดยุติของกรดแก่เบสแก่ (7.0) จึงไม่สามารถแยกออกจากกันได้

ดังนั้น เมื่อนำเบสผสมนี้มาไทเทรตกับ HCl จนถึงจุดยุติที่ 1 ซึ่งเป็นจุดที่ HCl ทำปฏิกิริยากับ NaOH ทั้งหมด (สมการที่ 1) และทำปฏิกิริยากับส่วนหนึ่งของ  $\text{OH}^-$  ที่มาจากการแตกตัวครั้งแรกของ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (สมการที่ 2) เกิดปฏิกิริยา กลายเป็น  $\text{NaHCO}_3$  สมมติให้ใช้ HCl ไป  $a$  mL

ไทเทรตต่อด้วย HCl จนถึงจุดยุติที่ 2 จะเกิดปฏิกิริยาได้  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (สมการที่ 3) ที่จุดยุติสารละลายมี pH น้อยกว่า 4 เพราะค่าคงที่การแตกตัวของ  $\text{H}_2\text{CO}_3$   $K_{a1} = 4.3 \times 10^{-7}$  pH ของสารละลายจะลดลงอย่างรวดเร็วเพราะถูกไทเทรตด้วยกรด แก่ สมมติให้ใช้เพิ่มขึ้นจากเดิมอีก  $b$  mL ดังแสดงในรูป 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงกราฟการไทเทรต  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ด้วย HCl

อินดิเคเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการไทเทรตนี้ แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อินดิเคเตอร์ที่เลือกใช้

indicator	pH range	การเปลี่ยนแปลงสี
Phenolphthalein	8.3 - 10.0	ไม่มีสี - ชมพู
Bromocresol green	3.8 - 5.4	เหลือง - ฟ้า
Methyl Orange	3.1 - 4.4	ส้ม - เหลือง

## วิธีการทดลอง

### การทดลองที่ 3.1 วิธีไทเทรตร่วมกับการตกตะกอน

- 3.1.1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 10.00 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL เติม Bromocresol green เป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจะเป็นสีฟ้า ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน HCl จนสารละลายเป็นเขียว
- 3.1.2 นำสารละลายที่ได้มาต้มให้เดือด 5-10 นาที เพื่อไล่แก๊ส  $\text{CO}_2$  ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้า ปล่อยให้สารละลายเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปไทเทรตต่อ เมื่อถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีเขียวจาง บันทึกปริมาตรของกรดที่ใช้ไป ( $x$  mL)
- 3.1.2 ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง
- 3.1.3 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 10.00 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL อุณหภูมิประมาณ  $70^\circ\text{C}$
- 3.1.4 หยดสารละลาย 1% w/v  $\text{BaCl}_2$  ทีละหยดลงไป สารละลายตัวอย่างที่ยังอุ่นพร้อมกับเขย่า จะเกิดการตกตะกอนสีขาว หยดลงไปจนกระทั่งปริมาณตะกอนไม่เกิดเพิ่มขึ้นอีก ปล่อยให้ตะกอนนอนก้นเพื่อให้สารละลายใส
- 3.1.5 ตกตะกอนโดยหยด 1% w/v  $\text{BaCl}_2$  อีกครั้ง ถ้าไม่เห็นตะกอนจากการหยดครั้งนี้ แสดงว่าเกิดตะกอนสมบูรณ์แล้ว (หากยังเกิดตะกอนเพิ่ม ให้ทำซ้ำข้อ 3.1.4) ปล่อยให้เย็นลงจนเท่าอุณหภูมิห้อง
- 3.1.6 กรองตะกอนออกและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง โดยทุกครั้งให้น้ำล้างตะกอนลงในขวดรูปชมพู่
- 3.1.7 นำสารละลายที่ได้ทั้งหมดจากการกรองมาเติม Phenolphthalein 2-3 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน HCl อย่างช้าๆ จนอินดิเคเตอร์เปลี่ยนจากสีชมพูเป็นไม่มีสี บันทึกปริมาตรของกรดที่ใช้ ( $y$  mL)
- 3.1.8 ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง
- 3.1.9 นำผลการทดลองไปคำนวณปริมาณ NaOH และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ในสารละลายตัวอย่าง (ในหน่วย mg/L)

### การทดลองที่ 3.2 วิธีการไทเทรตแบบ Double Indicator

- 3.2.1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 10.00 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL เติม Phenolphthalein 2 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน HCl จนสีชมพูของสารละลายจางหายไป จดปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน HCl ที่ใช้ไว้ในช่อง  $a$  mL (ดูรูป 3.1 ประกอบ)
- 3.2.2 เติม Bromocresol green (หรือ Methyl Orange) 2 – 3 หยด ไทเทรตต่อไปด้วยสารละลายมาตรฐาน HCl จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียว (หรือสีส้มของ Methyl orange) จดปริมาตรที่ใช้ครั้งหลังนี้ไว้ที่ช่อง  $b$  mL (ดูรูป 3.1 ประกอบ)
- 3.2.2 ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง
- 3.2.3 การทดลองไปคำนวณหาความเข้มข้นของ NaOH และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (ในหน่วย mg/L)

## ปฏิบัติการที่ 3

### การไทเทรตเบสเชิงซ้อน

#### (Complex Base System Titration)

รหัสประจำตัว.....ชื่อ - สกุล.....  
 หมายเลขตู้.....วันที่ทำการทดลอง.....เวลา.....น.

การทดลองที่ 3.1 การหาปริมาณ NaOH และ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ในของผสม โดยวิธีการไทเทรตแบบร่วมกับการตกตะกอน

ครั้งที่	ปริมาตรตัวอย่าง (mL)	ปริมาตร 0.10 HCl ที่ใช้ mL		ความเข้มข้นจากการคำนวณ (mg/L)	
		x	y	NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
1					
2					
3					
ความเข้มข้นเฉลี่ย					

เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น และแสดงวิธีการคำนวณ

การทดลองที่ 3.2 การหาปริมาณ NaOH และ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> โดยการไทเทรตแบบ Double Indicator

ครั้งที่	ปริมาตรตัวอย่าง (mL)	ปริมาตร 0.1 HCl ที่ใช้ (mL)		ความเข้มข้นจากการคำนวณ (mg/L)	
		<i>a</i>	<i>b</i>	NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
1					
2					
3					
ความเข้มข้นเฉลี่ย					

เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น และแสดงวิธีการคำนวณ

(ส่งภายในชั่วโมงปฏิบัติการ)