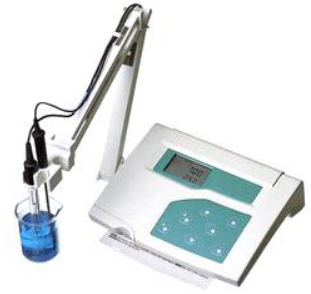


ปฏิบัติการที่ 8

การไทเทรตแบบโพเทนชิโอเมทรี (Potentiometric Titration)



วัตถุประสงค์

เพื่อให้สามารถใช้เครื่อง Potentiometer (pH meter) ติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของปฏิกิริยา ในระหว่างการไทเทรต และสามารถเขียนกราฟการไทเทรต (Titration Curve) จากค่าศักย์ไฟฟ้า (E) และสามารถหาจุดยุติจากกราฟ

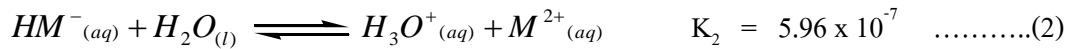
อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL
2. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 mL
3. ปิเปต (Pipette) ขนาด 10 mL
4. กระบอกลูกทวง (Cylinder)
5. ขาตั้ง (Stand)
6. ที่จับบิวเรต (Burette clamp)
7. ขวดนึ่งน้ำกลั่น (Washing bottle)
8. เครื่องวัดค่า พีเอช (pH meter)

สารเคมี

1. 0.0500 M Maleic acid
2. 0.10 M NaOH
3. Bromocresol green
4. Phenolphthalein

กรด Maleic เป็นกรด Polyfunctional acid ที่สามารถแตกตัวได้มากกว่า 1 ครั้ง ดังนี้



ก่อนการไทเทรต คำนวณ pH ของสารละลายกรดได้จากการแตกตัวของ H^+ จากปฏิกิริยาในสมการ (1)

$$K_{a1} = \frac{[H^+][HM^-]}{[H_2M]} \quad \dots\dots\dots(3)$$

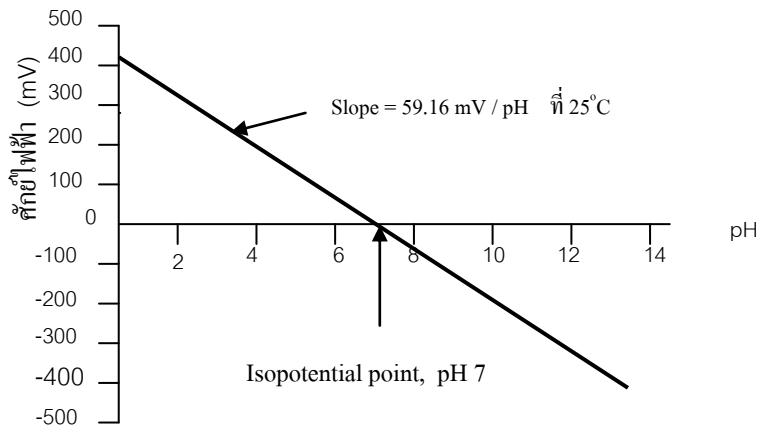
การไทเทรตด้วย NaOH สารละลายจะมีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วย H_2M กับ HM^- การหา pH ก็ยังคงหาจากปฏิกิริยาในสมการ (1) (บททวนบทที่ 5 การไทเทรตกรดเชิงซ้อน (2)) เมื่อไทเทรตต่อไป ความเข้มข้นของ H_2M และ HM^- จะเปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้ความเข้มข้นของ H^+ เปลี่ยนไปซึ่งหมายถึง pH เปลี่ยนไป

ทางทฤษฎี การคำนวณ pH ณ จุดต่างๆ คำนวณได้เช่นเดียวกันกับ การทดลองที่ 5 การไทเทรตกรดเชิงซ้อน (2)

ค่า pH มีความสัมพันธ์กับค่า ศักย์ไฟฟ้า (E_{cell}) หน่วยโวลต์ ดังนี้

$$pH = - \frac{E_{cell} - K}{0.0592} \quad \text{เมื่อ } K \text{ เป็นค่าคงที่ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)}$$

ดังนั้น การไทเทรตจึงมีการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าตลอดเวลา ซึ่งค่าศักย์ไฟฟ้าสัมพันธ์กับ ค่า pH ดังแสดงในรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้า กับค่า pH

จากกราฟ ค่า slope ของเส้นตรง ทำให้เราสามารถคำนวณค่า K ซึ่งเป็นจุดตัดบนแกน y ได้

$$\begin{aligned} \text{ค่า } K &= 7 \times 59.16 \text{ mV} \\ &= 414.12 \text{ mV} = 0.414 \text{ V} \end{aligned}$$

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 8.1 การหาจุดยุติ

- 8.1.1 ปิเปต 10.00 mL 0.0500 M Maleic acid ลงไปในขวดรูปชมพู่ และเติมน้ำกลั่นประมาณ 30 mL
- 8.1.2 หยดอินดิเคเตอร์ Bromocresol green ลงไป 2-3 หยด จะได้สารละลายสีเหลือง
- 8.1.3 นำไปไทเทรตกับสารละลาย 0.10 M NaOH เมื่อถึงจุดยุติที่ 1 สารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีเขียว บันทึกปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไป
- 8.1.4 นำสารละลายจากข้อ 8.1.3 มาเติมอินดิเคเตอร์ Phenolphthalein ลงไป 2-3 หยด
- 8.1.5 นำไปไทเทรตกับสารละลาย 0.10 M NaOH ต่อ เมื่อถึงจุดยุติที่ 2 สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีคราม บันทึกปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไป

การทดลองที่ 8.2 การทำโค้งของการไทเทรต (Titration Curve)

- 8.2.1 ปิเปต 10.00 mL 0.0500 M Maleic acid ลงในบีกเกอร์ ขนาด 100 mL เติมน้ำกลั่นประมาณ 30 mL และวัดค่าศักย์ไฟฟ้า (E) หน่วย mV ณ จุดเริ่มต้นการไทเทรต
- 8.2.2 นำไปไทเทรตกับสารละลาย 0.10 M NaOH ช่วงก่อนถึงจุดยุติแรก ให้ไทเทรต 3 ครั้ง (ตามตาราง 8.2) โดยแบ่งให้ปริมาตรเท่าๆกันพร้อมกับวัดค่าศักย์ไฟฟ้าทุกครั้ง (หน่วย mV)
- 8.2.3 เมื่อถึงจุด ก่อนจุดยุติแรก 1 mL ให้ไทเทรตถึงขึ้น โดยไทเทรตครั้งละ 0.2 mL (ตามตาราง 8.2) พร้อมกับวัดค่าศักย์ไฟฟ้าทุกครั้ง (หน่วย mV)
- 8.2.4 หลังจุดยุติแรก 1 mL ให้ไทเทรตครั้งละ 0.2 mL เช่นเดียวกับข้อ 8.2.3
- 8.2.5 ก่อนจุดยุติที่สอง ให้ไทเทรต 3 ครั้ง เช่นเดียวกับข้อ 8.2.2
- 8.2.6 เมื่อถึงจุด ก่อนจุดยุติที่สอง 1 mL ให้ไทเทรตถึงขึ้น เช่นเดียวกับข้อ 8.2.3
- 8.2.7 หลังจุดยุติที่สองไป 1 mL ให้ไทเทรตครั้งละ 0.2 mL เช่นเดียวกับข้อ 8.2.3
- 8.2.8 หลังจากจุดยุติที่สอง ให้ไทเทรตอีก 4 ครั้ง เช่นเดียวกับข้อ 8.2.2
- 8.2.9 นำผลการทดลองที่ได้ไปเขียนกราฟ ด้วยโปรแกรม Excel
- 8.2.10 คำนวณ pH ของสารละลาย 5 ค่า ดังนี้ (ดูการคำนวณจากการทดลองที่ 5 การไทเทรตกรดเชิงซ้อน)
 - 1) ณ จุดก่อนถึงจุดยุติแรก
 - 2) ณ จุดยุติแรก
 - 3) ณ จุดก่อนถึงจุดยุติที่สอง
 - 4) ณ จุดยุติที่สอง
 - 5) ณ จุดหลังยุติที่สอง
 แล้วเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้ กับค่าที่อ่านจากกราฟ

หมายเหตุ หลังทำปฏิบัติการที่ 8 Potentiometric Titration เสร็จ ให้ชั่งตัวอย่างเพื่อเตรียมทำการทดลองในปฏิบัติการที่ 9 Spectroscopic Method

ปฏิบัติการที่ 8

การไทเทรตแบบโพเทนชิโอเมตริก (Potentiometric Titration)

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

ตารางที่ 8.1 การไทเทรตหาจุดยุติ

ปริมาตร NaOH ที่จุดยุติแรก (1°) = _____ mL

ปริมาตร NaOH ที่จุดยุติที่สอง (2°) = _____ mL

ตารางที่ 8.2 การไทเทรตเพื่อทำ Titration curve

	ปริมาตร NaOH (mL)	E (mV)	ΔE	ΔV	$\frac{\Delta E}{\Delta V}$
ก่อนจุดยุติ 1°	0.0				
ก่อนจุดยุติ 1° 1 mL	x-1.0 =				
	(x-1.0)+0.2 =				
	(x-1.0)+0.4 =				
	(x-1.0)+0.6 =				
	(x-1.0)+0.8 =				
1°	x =				
หลังจุดยุติ 1° 1 mL	x+0.2 =				
	x+0.4 =				
	x+0.6 =				
	x+0.8 =				
	x+1.0 =				

	ปริมาตร NaOH (mL)	E (mV)	ΔE	ΔV	$\frac{\Delta E}{\Delta V}$
ก่อนจุดยุติ 2°					
ก่อนจุดยุติ 2° 1 mL	y-1.0 =				
	(y-1.0)+0.2 =				
	(y-1.0)+0.4 =				
	(y-1.0)+0.6 =				
	(y-1.0)+0.8 =				
2°	y =				
หลังจุดยุติ 2° 1 mL	y+0.2 =				
	y+0.4 =				
	y+0.6 =				
	y+0.8 =				
	y+1.0 =				
หลังจุดยุติ 2°					

นำข้อมูลไปเขียนกราฟการไทเทรต ด้วยโปรแกรม Excel ดังนี้

- เขียนกราฟระหว่าง ปริมาตร NaOH (mL) กับ ค่า E (mV)
- เขียนกราฟระหว่าง ปริมาตร NaOH (mL) กับ ค่า $\frac{\Delta E}{\Delta V}$

	ก่อนจุดยุติแรก	ณ จุดยุติแรก	หลังจุดยุติแรก	ณ จุดยุติที่สอง	หลังจุดยุติที่สอง
จากทฤษฎี	mL = pH =	mL = pH =	mL = pH =	mL = pH =	mL = pH =
จากกราฟ	mL = pH =	mL = pH =	mL = pH =	mL = pH =	mL = pH =

(ส่งหลังชั่วโมงปฏิบัติการ)