

การทดลองที่ 14

การเตรียมสารละลายและการหาความเข้มข้นแน่นอนของสารละลาย HCl (Preparation of solutions and standardization of HCl)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อฝึกทักษะการเตรียมสารละลาย
2. เพื่อทดลองหาความเข้มข้นแน่นอนของสารละลาย HCl

หลักการ

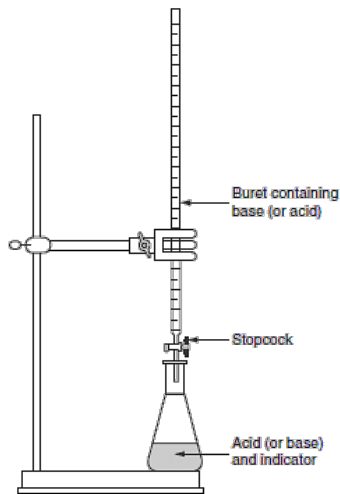
การหาความเข้มข้นของสารละลายกรดกรดไฮโดรคลอริก (HCl) โดยการใช้สารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ทราบความเข้มข้น มาทำการไทเทรตกับสารละลาย HCl ตัวอย่าง จำนวนหนึ่ง เมื่อทราบปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl จำนวนหนึ่ง และมีอินดิเคเตอร์เป็นตัวบ่งจุดยุติ ทำให้สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของกรด HCl ได้ [1]

สารละลายมาตรฐาน (Standard solution) คือสารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่ถูกต้องและแน่นอน ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังนี้ [2]

- 1) มีความเข้มข้นคงที่เป็นระยะเวลานาน
- 2) ทำปฏิกิริยากับสารที่สนใจได้อย่างรวดเร็ว
- 3) ทำปฏิกิริยากับสารที่สนใจได้สมบูรณ์มากที่สุด โดนที่สีของอินดิเคเตอร์เปลี่ยนแปลง ณ จุดยุติปรากฏอยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง
- 4) ทำปฏิกิริยากับสารที่สนใจในอัตราส่วนของตัวเลขลงตัวที่แน่นอน เพื่อเขียนปฏิกิริยาที่สามารถดุลสมการได้ (Balance equation) ทางเคมีได้

การเตรียมสารละลายมาตรฐานสามารถทำได้ 2 วิธี

- 1) สารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (Primary standard solution) เตรียมได้จากการชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของสารที่ต้องการใช้ แล้วละลายในตัวทำละลายให้มีปริมาตรที่ต้องการในขวดปรับปริมาตร จากนั้นจึงคำนวณค่าความเข้มข้นที่แน่นอนจากการชั่งน้ำหนักและปริมาตรที่เตรียม
- 2) สารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary standard solution) เตรียมได้จากสารละลายที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้น แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย เรียกว่า การเทียบค่าความเข้มข้น (Standardize)



รูปที่ 14.1 การไทเทรต [1]

สำหรับการทดลองนี้เป็นการไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl โดยที่ จะบรรจุ อยู่ในบิวเรตต์ ซึ่งจะมีก๊อกไขปิด-เปิดเพื่อหยดสารละลายมาตรฐานมายังขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลาย มาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนอย่างโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ในการไทเทรตจะค่อยๆ หยด สารละลายที่บรรจุในบิวเรตต์ลงมาทำปฏิกิริยากับสารละลายในขวดรูปชมพู่ ทำการเขย่าหรือหมุนขวดรูปชมพู่ เพื่อให้สารผสมกันพอดี ไทเทรตจนกระทั่งอินดิเคเตอร์อย่างเมทิลออเรนจ์ (Methyl orange) เกิดการเปลี่ยนสี จึงหยุดไทเทรต แล้วบันทึกปริมาณสารละลายละลาย HCl ที่ใช้ เพื่อนำไปคำนวณหาความเข้มข้นสารละลาย HCl ได้จากสมการที่ 14.1 [3-4]

สมการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



จะเห็นได้ว่า ตัวไทเทรต T จำนวน t โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับสาร A จำนวน a โมล ฉะนั้น

$$\frac{\text{mol A}}{a} = \frac{\text{mol T}}{t}$$

$$\frac{\text{mmol A}}{a} = \frac{\text{mmol T}}{t}$$

$$\text{mmol A} = \left[\frac{a}{t} \right] \text{mmol T} \quad (14.1)$$

เมื่อทราบหรือต้องการทราบน้ำหนัก (mg) จะได้

$$\text{mmol A} = \frac{\text{mg}_A}{\text{Mw. A}}$$

หรือ

$$\text{mmol T} = \frac{\text{mg}_T}{\text{Mw. T}}$$

หากต้องการทราบหรือต้องการทราบความเข้มข้น (mol/L) หรือปริมาตร (mL) จะได้

$$\text{mmol A} = M_A V_A$$

หรือ

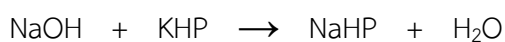
$$\text{mmol T} = M_T V_T$$

เมื่อ	mg A หรือ T	คือ น้ำหนักของ A หรือ T ที่ใช้ (g)
	Mw. A หรือ T	คือ น้ำหนักโมเลกุลของ A หรือ T ที่ใช้ (g/mol)
	V A หรือ T	คือ ปริมาตรสารละลายที่ใช้ (mL)
	M A หรือ T	คือ ความเข้มข้น (M)

ตัวอย่างเช่น KHP 1.505 g ทำการไทเทรตกับสารละลาย NaOH พบว่าที่จุดยุติใช้ปริมาตรของสารละลาย NaOH 20.00 mL หาความเข้มข้นของ NaOH (กำหนดให้ Mw. KHP = 204.20 g/mol)

วิธีทำ

เขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



จะเห็นได้ว่า สารละลาย NaOH 1 โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับ KHP จำนวน 1 โมล และ KHP 1.505×10^3 mg

จะได้



$$\begin{aligned} \text{mmol NaOH} &= \text{mmol KHP} \\ M_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}} &= \frac{\text{mg}_{\text{KHP}}}{\text{MW}_{\text{KHP}}} \\ M_{\text{NaOH}} &= \frac{\text{mg}_{\text{KHP}}}{(\text{MW}_{\text{KHP}})(V_{\text{NaOH}})} \end{aligned}$$

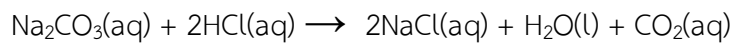
$$M_{\text{NaOH}} = \frac{1.505 \times 10^3}{204.20 \times 20.00}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH เท่ากับ 0.3685 M

ตัวอย่าง นำสารตัวอย่าง NaHCO_3 หนัก 0.545 g ละลายในน้ำแล้วนำมาไทเทรตกับสารละลาย HCl พบว่าที่จุดยุติใช้ปริมาตร HCl 19.20 mL และการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl ที่นำไปไทเทรตกับ Na_2CO_3 0.1005 g พบว่าปริมาตร HCl ที่จุดยุติเท่ากับ 15.00 mL จงหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl (กำหนดให้ $M_w. \text{Na}_2\text{CO}_3 = 105.99 \text{ g/mol}$)

วิธีทำ

เขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



จะเห็นได้ว่า สารละลาย HCl 2 โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับ Na_2CO_3 จำนวน 1 โมล และ Na_2CO_3 0.1005×10^3 mg

จะได้

$$\text{mmol HCl} = (2) \text{ mmol Na}_2\text{CO}_3$$

$$M_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} = (2) \left(\frac{\text{mg}_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_w_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} \right)$$

$$M_{\text{HCl}} = (2) \left(\frac{0.1005 \times 10^3}{105.99 \times 15.00} \right)$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลาย HCl เท่ากับ 0.1264 M

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสาร
2. บิวเรต ขนาด 50.00 mL
3. ปีกเกอร์ ขนาด 50, 600 mL
4. ปิเปต (Graduated pipette) ขนาด 10, 25 mL

สารเคมี

1. HCl 36%w/w (Mw. 36.46 g/mol, ความหนาแน่น 1.18 g/mL)
2. เมทิลออเรนจ์ (Methyl orange)
3. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (Mw. 105.99 g/mol)
4. น้ำกลั่น (DI water)



วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 เตรียมสารละลาย HCl

1. เติมน้ำกลั่น 250 mL ใส่ในบีกเกอร์ 600 mL
2. ปิเปตสารละลาย HCl ปริมาตร 2.00 mL ใส่ลงในบีกเกอร์ในข้อที่ 1 และผสมให้เข้ากัน

ตอนที่ 2 การหาความเข้มข้นแน่นอน (Standardization) ของสารละลาย HCl

1. ชั่ง Na_2CO_3 ประมาณ 0.10XX กรัม ในบีกเกอร์ 50 mL เติมน้ำกลั่น 25.00 mL โดยใช้ปิเปตขนาด 25 mL ใส่ขวดรูปชมพู่
2. หยดสารละลายอินดิเคเตอร์เมทิลออเรนจ์ 5-6 หยด
3. ไทเทรตด้วยสารละลาย HCl ที่บรรจุอยู่ในบิวเรต จนสารละลายเปลี่ยนจากสารละลายเหลืองส้มเป็นสีแดง จดปริมาตรสารละลาย HCl ที่ใช้ (ตามหลักเลขนัยสำคัญ)
4. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง
5. นำปริมาตรสารละลาย HCl ที่ใช้ และน้ำหนักที่แน่นอนของ Na_2CO_3 มาคำนวณหาความเข้มข้นสารละลาย HCl ในหน่วยโมลาร์ (M)



รายงานผลการทดลองที่ 14 การเตรียมสารละลายและการหาความเข้มข้นแน่นอนของสารละลาย HCl

(Preparation of solutions and standardization of HCl)

เขียนปฏิกิริยาการไทเทรต $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{aq}) + 2\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

ความเข้มข้นของสารละลาย HCl ...1.058...M

รายการ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
น้ำหนัก Na_2CO_3 (g)	0.1068	0.1043	0.1002
ปริมาตรสารละลาย HCl ก่อนเริ่มการไทเทรต (mL)	50.00	50.00	50.00
ปริมาตรสารละลาย HCl หลังสิ้นสุดการไทเทรต (mL)	27.50	32.00	35.00
ปริมาตรสารละลาย HCl ที่ใช้ไป (mL)	22.50	18.00	15.00
ปริมาตรสารละลาย HCl ที่ใช้ไป เฉลี่ย (mL)	18.50		

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย HCl

จาก น้ำหนัก Na_2CO_3 ที่ใช้เฉลี่ย = 0.1038 g = 0.1038×10^3 mg

และปริมาตรสารละลาย HCl ที่ใช้ไปเฉลี่ย = 18.50 mL

จากสูตรคำนวณ จะได้

$$\text{mmol HCl} = 2 \text{ mmol Na}_2\text{CO}_3$$



$$M_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} = (2) \left(\frac{\text{mg}_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{\text{MW}_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} \right)$$
$$M_{\text{HCl}} = (2) \left(\frac{0.1038 \times 10^3}{105.99 \times 18.50} \right)$$
$$M_{\text{HCl}} = 0.1058 \text{ M}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลาย HCl เท่ากับ 1.058 M

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองการเตรียมสารละลายเพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl ซึ่งเตรียมโดยใช้สารละลาย HCl 2.00 mL ในน้ำกลั่น 250 mL ทำการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานที่เตรียมจาก โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) น้ำหนัก 0.10 กรัม ซึ่งคิดเป็น 1.0 mmol และมีเมทิลออเรนจ์ (Methyl orange) เป็นอินดิเคเตอร์ เพื่อเป็นตัวสังเกตในการยุติการไทเทรต โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายจากสีเหลืองส้มเป็นสีแดงอย่างถาวร

ดังนั้น การไทเทรตใช้ปริมาตรของสารละลาย HCl เฉลี่ยอยู่ที่ 18.50 mL ทั้งนี้อาจมีข้อผิดพลาดจากการไทเทรต เนื่องจากการไทเทรตต้องอาศัยความแม่นยำในการยุติการไทเทรต ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายอย่างถาวร การไทเทรตจึงมีการยุติการไทเทรตที่ล่าช้า ทำให้ปริมาตรคาดเคลื่อนไป ทำให้ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl มีความเข้มข้น 0.1058 M



อ้างอิง

- [1] J. Grover, “Acid-Base Titration: Types, Examples & Titration Curve,” 31 8 2023. [ออนไลน์]. Available: <https://collegedunia.com/exams/acid-base-titration-chemistry-articleid-7130>.
- [2] สุทธิณี มีสุข, “สารละลายมาตรฐาน,” 2011. [ออนไลน์]. Available: chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://reo13.mnre.go.th/th/view/?file=GMgMTqjqP5cBUt1pQWgYKqcGTSgnTqHqP1cAat5pQygAap5GQuqATp5qQEczKtkpQlgZKpgTEgMJqfqTycMatipTIgoUqcGTMgY2q1qTycAKt2pQSgY3qxGTSgo2qfqUOcKti&n=54-01-28_Standard%20solut. [เข้าถึง 15 9 2023].
- [3] พรพรรณ อุดมกาญจนนันท์ และ สุชาดา จุอนุวัฒน์กุล, เคมีปริมาณวิเคราะห์ : เทคนิคและการทดลอง, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2008.
- [4] วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, เคมีวิเคราะห์ (หลักการและเทคนิคการคำนวณเชิงปริมาณ), กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2020.

