การทดลองที่ 14
การเตรียมสารละลายและการหาความเข้มข้นแน่นอนของสารละลาย HCl
(Preparation of solutions and standardization of HCl)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อฝึกทักษะการเตรียมสารละลาย
2. เพื่อทดลองหาความเข้มข้นแน่นอนของสารละลาย HCl

หลักการ

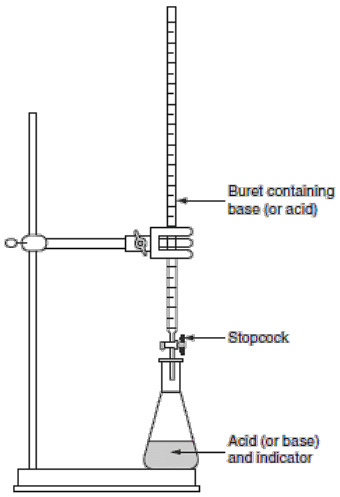
การหาความเข้มข้นของสารละลายกรดกรดไฮโดรคลอริก (HCl) โดยการใช้สารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ทราบความเข้มข้น มาทำการไทเทรตกับสารละลาย HCl ตัวอย่าง จำนวนหนึ่ง เมื่อทราบปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl จำนวนหนึ่ง และมีอินดิเคเตอร์เป็นตัวบอกจุดยุติ ทำให้สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของกรด HCl ได้ [1]

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 จะบรรจุอยู่ในบิวเรตต์ ซึ่งจะมีก๊อกไขปิด-เปิดเพื่อหยดสารละลายมาตรฐานมายังขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนอย่างโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ในการไทเทรตจะค่อยๆ หยดสารละลายที่บรรจุในบิวเรตลงมาทำปฏิกิริยากับสารละลายในขวดรูปชมพู่ ทำการเขย่าหรือหมุนขวดรูปชมพู่เพื่อให้สารผสมกันพอดี ไทเทรตจนกระทั่งอินดิเคเตอร์อย่างเมทิลออเรนจ์ (Methyl orange) เกิดการเปลี่ยนสี จึงหยุดไทเทรต แล้วบันทึกปริมาตรสารละลายละลาย HCl ที่ใช้ เพื่อนำไปคำนวณหาความเข้มข้นสารละลาย HCl ได้จากสมการที่ 14.1 [3-4]

สมการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

$$aA(aq) + tT(aq) \longrightarrow cC(aq)$$

จะเห็นได้ว่า ตัวไทเทรต T จำนวน t โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับสาร A จำนวน a โมล

ฉะนั้น

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

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

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

เมื่อทราบหรือต้องการทราบน้ำหนัก (mg) จะได้

$$\text{mmol A} = \frac{mg_A}{\text{Mw. A}}$$

หรือ

$$\text{mmol T} = \frac{mg_T}{\text{Mw. T}}$$

หากต้องทราบหรือต้องการทราบความเข้มข้น (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

$$NaOH + KHP \longrightarrow NaHP + H_2O$$

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

จะได้

$$\text{mmol NaOH} = \text{mmol KHP}$$

$$M_{NaOH} V_{NaOH} = \frac{mg_{KHP}}{Mw_{KHP}}$$

$$M_{NaOH} = \frac{mg_{KHP}}{(Mw_{KHP})(V_{NaOH})}$$

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

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 Mw. Na_2CO_3 = 105.99 g/mol)

วิธีทำ

เขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

$$Na_2CO_3(aq) + 2HCl(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(aq)$$

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

จะได้

$$\text{mmol HCl} = (2)\ \text{mmol } Na_2CO_3$$

$$M_{HCl}V_{HCl} = (2)\left(\frac{mg_{Na_2CO_3}}{Mw_{Na_2CO_3}}\right)$$

$$M_{HCl} = (2)\left(\frac{0.1005\times10^3}{105.99\times15.00}\right)$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลาย HCl เท่ากับ 0.1264 M

CATRE LAB

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสาร
2. บิวเรต ขนาด 50.00 mL
3. บีกเกอร์ 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)

CATRE LAB

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. นำปริมาตรสารละลายละลาย HCl ที่ใช้ และนำหนักที่แน่นอนของ Na_2CO_3 มาคำนวณหาความเข้มข้นสารละลาย HCl ในหน่วยโมลาร์ (M)

CATRE LAB

<u>รายงานผลการทดลองที่ 14 การเตรียมสารละลายและการหาความเข้มข้นแน่นอนของสารละลาย HCl</u>

<u>(Preparation of solutions and standardization of HCl)</u>

เขียนปฏิกิริยาการไทเทรต $Na_2CO_3(aq) + 2HCl(aq) \longrightarrow CO_2(aq) + 2NaCl(aq) + H_2O(l)$

ความเข้มข้นของสารละลาย HCl .....M

รายการ	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**
น้ำหนัก Na_2CO_3 (g)			
ปริมาตรสารละลาย HCl ก่อนเริ่มการไทเทรต (mL)			
ปริมาตรสารละลาย HCl หลังสิ้นสุดการไทเทรต (mL)			
ปริมาตรสารละลาย HCl ที่ใช้ไป (mL)			
ปริมาตรสารละลาย HCl ที่ใช้ไป เฉลี่ย (mL)			

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย HCl

CATRE LAB

<u>สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง</u>

.....

.....

.....

.....

.....

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] สุทธินี มีสุข, “สารละลายมาตรฐาน,” 2011. [ออนไลน์]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://reo13.mnre.go.th/th/view/?file=GTMgMTqjqP5cBUt1pQWgYKqcGTSgnTqHqP1cAat5pQygAap5GQugATp5qQEcZKtkpQIgZKpgGTEgMJqfqTycMatipTIgoUqcGTMgY2q1qTycAKt2pQSgY3qxGTSgo2qfqUOcqKti&n=54-01-28_Standard%20solut. [เข้าถึง15 9 2023].

[3] พรพรรณ อุดมกาญจนนันท์ และ สุชาดา จูอนุวัฒนกุล, เคมีปริมาณวิเคราะห์ : เทคนิคและการทดลอง, กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2008.

[4] วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, เคมีวิเคราะห์ (หลักการและเทคนิคการคำนวณเชิงปริมาณ), กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2020.

CATRE LAB