

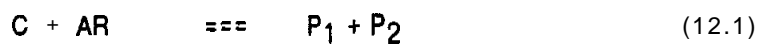
บทที่ 12

การหาปริมาณโดยการวัดปริมาตร (Volumetric Analysis or Titrimetric analysis)

12. การหาปริมาณโดยการวัดปริมาตร

12.1. บทนำ

กระบวนการหาปริมาณโดยการวัดปริมาตร จะใช้เทคนิคที่เรียกว่า การไทเทรต โดยอาศัยการวัดปริมาณของสารชนิดหนึ่งที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารอีกชนิดหนึ่ง โดยมากจะใช้ในการหาปริมาณของสารองค์ประกอบในสารตัวอย่าง โดยการวัดปริมาตรของรีเอเจนต์ (ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่า สารละลายมาตรฐาน เป็นสารที่เตรียมขึ้นโดยทราบความเข้มข้นที่แน่นอน) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับองค์ประกอบที่สนใจในสารตัวอย่าง

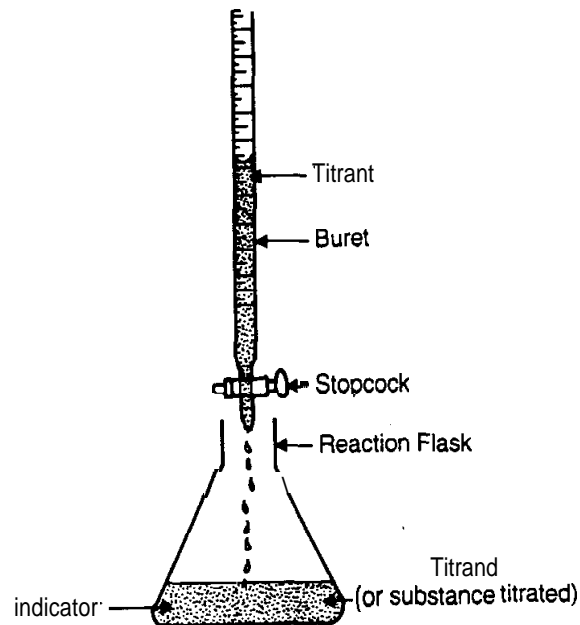


C = สารองค์ประกอบที่สนใจ (constituent)

AR = รีเอเจนต์ที่เติมลงไป (added reagent)

P = ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น (product)

ในการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการเติมสารละลายจากอุปกรณ์ที่เรียกว่า บิวเรต (Buret) ลงไปทำปฏิกิริยากับ สารละลายในขวดรูปกรวย (conical flask) เรียกว่า การไทเทรต (Titration) โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ หรือการเปลี่ยนแปลงอื่นๆที่วัดได้ ที่จุดสารทำปฏิกิริยาพอดีกัน ที่เรียกว่าจุดสมมูล (Equivalent point) และจุดที่เห็นการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เรียกว่า จุดยุติ (End point) หน้าที่ของนักเคมีวิเคราะห์คือเลือกอินดิเคเตอร์ที่มีช่วงการเปลี่ยนสีที่ใกล้เคียงกับจุดสมมูลของปฏิกิริยามากที่สุด ซึ่งจะได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง โดยทั่วไปจะเรียกสารละลายที่บรรจุในบิวเรตว่า “ตัวติเตรน (titrant)”



รูปที่ 12.1 การทดลองในเรื่องการไทเทรต

และสารละลายในขวดรูปกรวยที่จะทำปฏิกิริยากับตัวชี้วัดว่าสารละลายที่ถูกไทเทรต (substance to be titrated)

ในการไทเทรตสามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ การไทเทรตโดยตรง (Direct Titration) ใช้ในกรณีที่ปฏิกิริยาเกิดได้รวดเร็ว และมีอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม ส่วนในกรณีที่ปฏิกิริยาเกิดช้าและหาอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมไม่ได้จะใช้เทคนิคการไทเทรตแบบย้อนกลับ (Back Titration) โดยการเติมสารละลายมาตรฐานมากเกินไปพอแต่ทราบปริมาณที่แน่นอนลงในตัวอย่าง ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ แล้วทำการไทเทรตสารมาตรฐานที่เหลือจากปฏิกิริยากับสารมาตรฐานอีกชนิดหนึ่ง

12.2. การแบ่งชนิดของการวิเคราะห์หาปริมาณโดยการวัดปริมาตร

การวิเคราะห์หาปริมาณโดยการวัดปริมาตร โดยเทคนิคที่เรียกว่าการไตเตรท จะแบ่งออกตามลักษณะของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็น

- (1) ปฏิกิริยาการสะเทินระหว่างกรดและเบส (Acid-Base Reaction)
- (2) ปฏิกิริยาการเกิดตะกอน (Precipitation Reaction)
- (3) ปฏิกิริยาการเกิดสารเชิงซ้อน (Complex formation Reaction)
- (4) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation- Reduction Reaction หรือ Redox Reaction)

รายละเอียดของการไทเทรตโดยอาศัยปฏิกิริยาแต่ละชนิดจะกล่าวในบทต่อไป

ในทุกกิจกรรมปฏิกิริยาจะต้องเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ในปฏิกิริยาที่ดุลแล้วจะหาความสัมพันธ์ของมวลสารที่เข้าทำปฏิกิริยาได้ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตมักจะแสดงออกมาในรูปโมลาร์ (M) โมแลล (m) weight percent (%w)

12.3. สารมาตรฐาน (Standards)

สารประกอบที่ใช้ในการที่ใช้ในการหาปริมาณ หรือความเข้มข้นของสารอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า สารมาตรฐาน ซึ่งเตรียมขึ้นมาในรูปสารละลาย

12.3.1. สารละลายมาตรฐาน แบ่งออกเป็น

(1) สารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (Primary standards)

เป็นสารละลายที่เตรียมได้โดยตรงจากสารที่มีความบริสุทธิ์สูง ทราบปริมาณที่ถูกต้องและแน่นอน โดยการชั่งอย่างละเอียด และทำการวัดปริมาตรอย่างถูกต้องด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น ขวดวัดปริมาตร

(2) สารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary standards)

เป็นสารละลายที่เตรียมโดยประมาณจากสารเคมีที่ไม่ทราบความบริสุทธิ์และความเข้มข้นที่แน่นอน ซึ่งสามารถทำการหาความเข้มข้นที่ถูกต้องได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ เรียกว่า การทำให้เป็นมาตรฐาน (Standardization)

12.3.2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

(1) การเตรียมสารละลายมาตรฐานจากของแข็ง

ในกรณีนี้ที่ทราบ น้ำหนักสูตร(FW), Molarity (M),

$$L_D \times M_D \times FW_{sol} = \text{น้ำหนักสารที่ต้องชั่ง (g)}$$

เช่นเดียวกันถ้าทราบ น้ำหนักสมมูล(EW), Normality (N),

$$L_D \times N_D \times EW_{sol} = \text{น้ำหนักสารที่ต้องชั่ง (g)}$$

$$L_D \times \frac{\text{Equivalent}}{L} \times \frac{\text{grams}}{\text{Equivalent}} = \text{น้ำหนักสารที่ต้องชั่ง (g)}$$

L_D = ปริมาตร (ในหน่วยลิตร)ของสารละลายที่ต้องการ

M_D, N_D = ความเข้มข้น (ในหน่วยโมลต่อลิตร, จำนวนสมมูลต่อลิตร) ของสารละลายที่ต้องการ

Fw_{sol}, EW = น้ำหนักสูตร และน้ำหนักสมมูลของตัวถูกละลาย

ทำการชั่งน้ำหนักสารเคมีเท่าที่คำนวณได้ ละลายก่อนใส่ลงในขวดวัดปริมาตร แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตรตาม

ต้องการ เช่นถ้าต้องการเตรียมสารละลายในหน่วยเข้มข้นเป็นโมลาร์ ($M = \frac{\text{moles}}{\text{liter}}$) จะอาศัยความสัมพันธ์

$\text{liter of titrant} \times \frac{\text{moles of titrant}}{\text{liter of titrant}} = \text{moles of titrant}$
--

ตัวอย่างที่ 12.1

ต้องการเตรียมสารละลาย $\text{Ba}(\text{OH})_2$ เข้มข้น 0.10 N จำนวน 500 mL จากของแข็ง $\text{Ba}(\text{OH})_2$ บริสุทธิ์

$$\text{LD} \times \frac{\text{Equivalent}}{\text{L}} \times \frac{\text{grams}}{\text{Equivalent}} = \text{น้ำหนักสารที่ต้องชั่ง (g)}$$

$$0.500\text{L} \times \frac{0.10\text{Equivalent}}{\text{L}} \times \frac{85.68 \text{ grams}}{\text{Equivalent}} = 4.3 \text{ กรัม}$$

ชั่ง $\text{Ba}(\text{OH})_2$ หนัก 4.3 กรัม ละลายแล้วทำให้มีปริมาตร เป็น 500 mL

ตัวอย่างที่ 12.2

ต้องการเตรียมสารละลาย Phthalic acid เข้มข้น 0.35 N จำนวน 1 L จากของแข็ง Phthalic acid (FW = 166.14) บริสุทธิ์ มี H 2 ตัวสามารถถูกแทนที่ในปฏิกิริยาได้

$$\text{L} \times \frac{0.35\text{Equivalent}}{\text{L}} \times \frac{83.07 \text{ grams}}{\text{Equivalent}} = 29 \text{ กรัม}$$

ชั่ง จากของแข็ง Phthalic acid (FW = 166.14) บริสุทธิ์ หนัก 29 กรัมละลายแล้วทำให้มีปริมาตร เป็น 1 L

ตัวอย่างที่ 12.3

จงบอกวิธีเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.15 M จำนวน 500 mL จากของแข็ง NaOH

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักเป็นกรัมที่ต้องชั่ง} &= \text{LD} \times \text{MD} \times \text{Fw}_{\text{sol}} \\ &= 0.500\text{L} \times \frac{0.15 \text{ mole}}{\text{L}} \times \frac{40 \text{ grams}}{\text{mole}} \\ &= 3.0 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 12.4

ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย NaCl 0.1 M 100 mL จะสามารถทำได้อย่างไร (Na = 23, Cl = 35.5)

สารละลาย NaCl 0.1 M หมายความว่า

ในสารละลาย 1000 mL มี NaCl 0.1 โมล = 0.1×58.5 กรัม

ในสารละลาย 1000 mL มี NaCl 0.1 โมล = 0.5850 กรัม

ในการเตรียมสารละลาย NaCl 0.1 M 100 mL จะต้องชั่ง NaCl ซึ่งเป็นของแข็ง 0.5850 กรัมละลายน้ำให้ได้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 100 mL

ตัวอย่างที่ 12.5

ถ้าต้องการเตรียมสารละลายที่มีคลอไรด์ไอออน (Cl ion) 10^{-2} ppm จาก NaCl จะสามารถทำได้อย่างไร

$$10^{-2} \text{ ppm} = 10^{-2} \text{ mg/l} = 10^{-5} \text{ g/l}$$

หมายความว่า จะต้องเตรียม คลอไรด์ไอออนที่มีความเข้มข้น 10^{-5} กรัม จะต้องชั่ง NaCl มากี่กรัม

$$\text{Cl} \quad 35.5 \text{ กรัม มาจาก NaCl} = 58.5 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{Cl} \quad 10^{-5} \text{ กรัม มาจาก NaCl} = (58.5 / 35.5) \times 10^{-5} \text{ กรัม}$$

ชั่ง NaCl 1.64×10^{-5} กรัม แล้วละลายในน้ำให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 1000 mL

(2) การเตรียมสารละลายโดยวิธีการเจือจาง (Dilution Method)

สารละลายหลายชนิดสามารถเตรียมได้โดยการเจือจางจากสารละลายที่เข้มข้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารละลายกรด เพราะสารละลายส่วนใหญ่จะมีมาในลักษณะกรดเข้มข้น ในการเตรียมมีหลักตั้งนี้คือ จำนวนโมลของตัวถูกละลายจะไม่เปลี่ยนแปลงในกระบวนการเจือจาง นั่นคือ

จำนวนโมลของตัวถูกละลายก่อนการเจือจาง = จำนวนโมลของตัวถูกละลายหลังการเจือจาง

$$\text{moles}_{\text{ก่อนทำปฏิกิริยา}} = \text{moles}_{\text{หลังทำปฏิกิริยา}}$$

$$L \times \frac{\text{moles}}{L} = \text{moles}$$

$$M_B \times V_B = M_A \times V_A$$

(V = ปริมาตรในหน่วยลิตร หรือ มิลลิลิตร)

$$\frac{\text{moles}}{L} \times \text{mL} \times \frac{1L}{1000\text{mL}} = \frac{\text{moles}}{L} \times \text{mL} \times \frac{1L}{1000\text{mL}}$$

$$\text{จากสูตร } N_B \times V_B = N_A \times V_A$$

(วิธีการเช่นเดียวกับในหน่วยโมลาร์)

ตัวอย่างที่ 12.6

จงเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.5M จำนวน 500 mL จากสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 12 M

วิธีทำ

$$M_B \times V_B = M_A \times V_A$$

$$12.0 \times V_B = 0.15 \times 500$$

$$V_B = 6.3 \text{ mL}$$

ตัวอย่างที่ 12.7

จงเตรียมสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 0.50N จำนวน 2L จากสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 36N ได้อย่างไร

$$\text{จากสูตร } N_B \times V_B = N_A \times V_A$$

$$36.0 \times V_B = 0.50 \times 2.0$$

$$V_B = 0.028\text{L} = 28\text{mL}$$

นำสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 36N มา 28 mL เจือจกด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 2L

(3) การคำนวณแสดงการเปลี่ยนหน่วยจาก Normality เป็น Molarity

จะใช้ความสัมพันธ์

$$\frac{\text{Equivalents}}{\text{L}} \times \frac{\text{moles}}{\text{Equivalents}} = \frac{\text{moles}}{\text{L}}$$

ตัวอย่างที่ 12.8

สารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 36N จะมีความเข้มข้นกี่ M

$$\frac{\text{Equivalents}}{\text{L}} \times \frac{\text{moles}}{\text{Equivalents}} = \frac{\text{moles}}{\text{L}}$$

$$\frac{36.0 \text{Equivalents}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{mole}}{2 \text{Equivalents}} = \frac{18 \text{ moles}}{\text{L}} = 18\text{M}$$

(4) การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายจากสลากข้างขวด

โดยทั่วไปสารละลายที่มีจำหน่ายจะมีฉลากระบุความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ข้างขวด ใบฉลากจะบอกความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะของสารละลายมาให้ มวลโมเลกุล

เราจะต้องคำนวณหาปริมาตรให้ได้จาก $D = M / V$ หรือ $M = Vsd$ ($d = \text{density}$ ของน้ำ ซึ่งที่ 4°C มีค่าเท่ากับ 1)

ตัวอย่างที่ 12.9

บนฉลากข้างขวดกรดไนตริก กำหนดให้ จงคำนวณหาความเข้มข้นเป็นโมลาร์ของกรดไนตริกในขวด

Nitric acid Sp.gr.	1.420
M W	63.01
Assay	69-71 % W/W (เฉลี่ย 70%)

วิธีทำ

$$\text{จาก } M = Vsd$$

$$V = M/sd = 100/1.420 \times 1 \quad \text{mL}$$

สารละลาย 100/1.420 mL มีเนื้อ HN03 อยู่เท่ากับ 70/63.01 โมล

สารละลาย 1000 mL มีเนื้อ HN03 อยู่เท่ากับ 15.8 โมล

$$\text{ความเข้มข้นเป็นโมลาร์ของกรดไนตริกในขวด} = 15.8$$

ตัวอย่างที่ 12.10

บนฉลากข้างขวดกรดซัลฟูริกกำหนดให้ จงคำนวณหาความเข้มข้นเป็นโมลาร์ของกรดซัลฟูริกในขวด

Sulpheric acid density	1.787
M W	98
Assay	96% W/W

วิธีทำ

$$\text{จาก } D = M / V$$

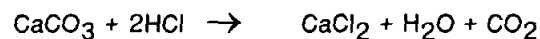
$$V = M / D = 100 / 1.787$$

สารละลาย 100/1.787 mL มีเนื้อกรดซัลฟูริกอยู่เท่ากับ 96/98 โมล

สารละลาย 1000 mL มีเนื้อกรดซัลฟูริกอยู่เท่ากับ 17.51 โมล

12.4. ปริมาณมวลสารสัมพันธ์

ในการศึกษาทางด้านปริมาณวิเคราะห์ทางเคมี ในการคำนวณจะเกี่ยวข้องกับปริมาณสารสัมพันธ์ หมายถึงอัตราส่วนของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาและอัตราส่วนของผลที่เกิดจากปฏิกิริยาซึ่งจะมาจากสมการเคมีที่ดุลแล้ว เช่น



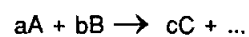
จากปฏิกิริยา 1 โมลของ CaCO_3 ต้องการ HCl 2 โมลเพื่อเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์

ดังนั้น ถ้า n แทนจำนวนโมลของสาร จะได้ว่า

$$n_{\text{HCl}} = 2 \times n_{\text{CaCO}_3}$$

จากจำนวนโมลสามารถนำไปหาน้ำหนักของสารในปฏิกิริยาได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ของน้ำหนัก
น้ำหนักโมล จำนวนโมลของสาร

ในการหาปริมาณสัดส่วนสัมพันธ์ที่ได้จากสมการเคมีที่ดุลแล้ว



จะได้ว่า

$$b \times n_A = a \times n_B, n_A, n_B \quad \text{คือจำนวนโมลของสาร A และ B ตามลำดับ}$$

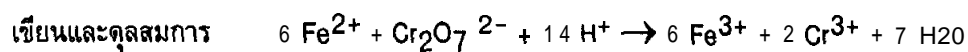
$$c \times n_A = a \times n_C, n_C \quad \text{คือจำนวนโมลของผลิตภัณฑ์ที่มาจาก n mole ของสาร A}$$

$$b \times n_C = C \times n_b, n_C \quad \text{คือจำนวนโมลของผลิตภัณฑ์พบมาจาก n mole ของสาร B}$$

ตัวอย่างที่ 12.11

เมื่อนำแร่เหล็กตัวอย่าง (0.5350 g) มาละลายในกรด H_2SO_4 พบว่า Fe^{3+} ถูกรีดิวซ์ไปเป็น Fe^{2+} และเมื่อนำมาสารละลายนั้นมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ ซึ่งได้มาจาก $K_2Cr_2O_7$ 0.4836 g ละลายในน้ำ 1 L และต้องใช้สารละลาย $K_2Cr_2O_7$ 28.46 mL ในการไทเทรตจนถึงจุดยุติ จงหาร้อยละของเหล็ก (%Fe) ในแร่ตัวอย่าง ($Fe = 55.8547, K = 39, Cr = 53, O = 16$)

วิธีทำ



จากสมการนี้จะได้ว่า

$$6 n \times Cr_2O_7^{2-} = n_{Fe^{2+}}$$

จากปฏิกิริยาที่จุดจบของการไทเทรต

$$n_{Cr_2O_7^{2-}} = (28.46/1000) \times (0.4836/294.18) = 4.697 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n_{Fe^{2+}} = 6 \times 4.697 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\% Fe = \frac{6 \times 4.697 \times 10^{-5} \times 55.847 \times 100}{0.5356}$$

$$= 2.927 \%$$

12.5. การหาเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบในสารตัวอย่าง โดยการไทเทรต

วัตถุประสงค์ในการหาปริมาณโดยการวัดปริมาตร คือการหาปริมาณของสารประกอบที่สนใจในสารตัวอย่าง ปริมาตรของตัวไตเตรนต์ที่ต้องการในการทำปฏิกิริยาพอดีกับสารประกอบที่สนใจในสารตัวอย่างจะถูกวัดและเปลี่ยนกลับไปเป็นปริมาณของสารที่สนใจโดยใช้หลักปริมาณมวลสารสัมพันธ์ ในกรณีนี้ การคำนวณโดยใช้หลักปริมาณมวลสารสัมพันธ์ จะประกอบด้วย การเปลี่ยนปริมาตร (litres) ของตัวไตเตรนต์ไปเป็นน้ำหนัก (grams) ของสารประกอบที่สนใจในสารตัวอย่าง

$$\% \text{ องค์ประกอบที่สนใจ} = \frac{\text{ปริมาตรสารมาตรฐาน} \times \text{ความเข้มข้น} \times \text{น้ำหนักต่อโมล} \times 100}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}}$$

ตัวอย่างที่ 12.12

ในการวิเคราะห์สารตัวอย่าง Soda ash เพื่อหาปริมาณ Na_2CO_3 ซึ่ง Soda ash น้หนัก 0.5203 กรัม ไตเตรทกับ สารละลายกรด HCl เข้มข้น 0.1167N จำนวน 36.42 mL จงคำนวณเปอร์เซ็นต์ Na_2CO_3 ในสารตัวอย่าง Soda ash

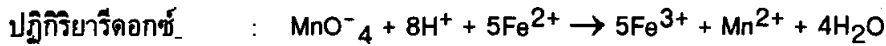
วิธีทำ

$$\begin{aligned} \% \text{ Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{L_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times EW_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{\text{sample weight}} \times 100 \\ \% \text{ Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{0.03642 \times 0.1167 \times 52.995}{0.5203} \times 100 \\ \% \text{ Na}_2\text{CO}_3 &= 42.25\% \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 12.13

แร่เหล็กตัวอย่าง 5.5536 กรัม ละลายในกรดและทำการรีดิวซ์ด้วย SO_2 own&J Fe^{3+} เปลี่ยนเป็น Fe^{2+} ทั้งหมด ปริมาณ SO_2 ที่มากเกินไป โดยการต้มสารละลายและทำการไทเทรต Fe^{2+} ด้วยสารละลาย KMnO_4 0.2035 M ซึ่งต้องใช้สารละลาย KMnO_4 15.55 ลบ. ซม. จึงจะถึงจุดจบของการไทเทรต จงคำนวณหาร้อยละ Fe ในแร่ตัวอย่าง ($\text{Fe} = 55.85$)

วิธีทำ

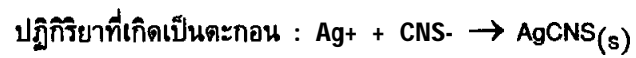


$$\begin{aligned} \text{จากปริมาณมวลสารสัมพันธ์ของสมการ } n_{\text{Fe}} &= 5 n_{\text{MnO}_4} \\ &= \frac{5 \times 15.55 \times 0.0235}{1000} \\ &= 0.01582 \text{ mol} \\ \% \text{Fe} &= \frac{0.01582 \times 55.85 \times 100}{5.5536} = 15.91 \% \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 12.14

การวิเคราะห์หาปริมาณของ Cl ที่มีอยู่ในสารละลายกรดคลอไรต์ โดยทำดังนี้ เติมสารละลาย AgNO_3 เข้มข้น 0.2500 M จำนวน 35.0 mL ลงในสารละลายกรดคลอไรต์จำนวน 50.0 mL เพื่อตกตะกอนคลอไรต์ทั้งหมดในรูป AgCl ตะกอน AgCl จะแยกออกโดยการกรอง และเหลือ Ag^+ ไว้ในสารละลาย ซึ่งทำการหาปริมาณโดยการไทเทรตกับสารละลาย KCNS เข้มข้น 0.1555 M โดยมี Fe^{3+} เป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดจบของการไทเทรต (เกิดสีแดงเลือดนกของ FeCNS^{2+}) จะใช้ สารละลาย KCNS จำนวน 25.35 mL จงคำนวณความเข้มข้นเป็นโมลาร์

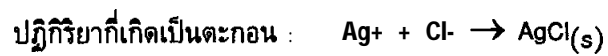
วิธีทำ



จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 n_{\text{CNS}^-} &= n_{\text{Ag}^+} \\
 25.25 \times 1.555 &= V_{\text{AgNO}_3} \times 0.2500 \\
 V_{\text{AgNO}_3} &= \frac{25.25 \times 0.1555}{0.2500} = 15.71 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

AgNO_3 (35.00-15.71) ทำปฏิกิริยากับ Cl^- ในสารละลายกรดคลอไรด์



$$\begin{aligned}
 n_{\text{Ag}} &= n_{\text{Cl}} \\
 (35.00 - 15.71) \times 0.2500 &= 50.0 M_{\text{Cl}} \\
 M_{\text{Cl}} &= \frac{1929 \times 0.2500}{50.0} = 0.09645
 \end{aligned}$$

คำถามเพิ่มเติมท้ายบท

12.1. สารตัวอย่างหนัก 0.2284 g ประกอบด้วย NaHCO_3 , MgO และสารเฉื่อย นำมาละลายในสารละลาย HCl เข้มข้น 0.5000M จำนวน 20.00 mL จากนั้นนำไปต้มเพื่อกำจัด CO_2 , ออก ทำการไทเทรตสารละลายกรด HCl ที่มากเกินไปด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1500 M จำนวน 40.00 mL นำตัวอย่างมาอีก 0.1142 g ละลายในกรด HCl แล้วทำการ pH ของสารละลายให้มีค่าเท่ากับ 10.00 โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ แล้วทำการไทเทรตด้วยสารละลาย EDTA เข้มข้น 0.0200 M จำนวน 0.0200 mL โดยใช้ Eriochrome Black T เป็นอินดิเคเตอร์ จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของสารเฉื่อย

ตอบ 8.79 %

12.2. แบริมในตัวอย่างหนัก 0.2508 g ตกตะกอนในรูป BaCrO_4 จากนั้นทำการกรอง ล้าง และนำมาละลายในกรด แล้วทำการไทเทรต Cr(VI) ด้วยสารละลาย Fe^{2+} เข้มข้น 0.1001 M จำนวน 32.12 mL จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของแบริมในตัวอย่าง

ตอบ 58.78 %

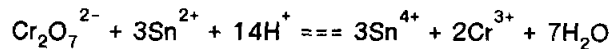
12.3. ตัวอย่างของ fuming sulfuric acid (สารละลายซึ่งประกอบด้วย SO_3 ใน H_2SO_4 ที่ปราศจากความชื้น) หนัก 0.2500 g ทำการเจือจางด้วยน้ำแล้วทำการไทเทรตโดยใช้สารละลาย NaOH 0.2000 M จำนวน 26.74 mL จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ SO_3 ในตัวอย่าง

ตอบ 35.13 %

12.4. ตัวอย่างชนิดหนึ่งหนัก 0.2958 g ประกอบด้วย NaHC_2O_4 และ $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ถูกไทเทรตในตัวอย่างที่เป็นกรดโดยใช้สารละลาย KMnO_4 เข้มข้น 0.1206 N จำนวน 40.00 mL ($\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$) จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ NaHC_2O_4 และ $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ในตัวอย่าง

ตอบ $\text{NaHC}_2\text{O}_4 = 47.22\%$; $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 52.18\%$

12.5. ดิบุก (II) ทำการหาปริมาณโดยการไทเทรตกับสารละลายไดโครเมต ดังปฏิกิริยา



หากว่าใช้สารละลายไดโครเมตเข้มข้น 0.10000M จำนวน 20.00 mL จงคำนวณหาน้ำหนักของ ดิบุกในตัวอย่าง

ตอบ 712.2 mg

12.6. สารตัวอย่างกรดผสมระหว่าง H_3PO_4 และ NaH_2PO_4 จำนวน 300 mg นำมาไทเทรตหาปริมาณ ด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1000 M เมื่อใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ใช้ NaOH จำนวน 21.00 mL จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ H_3PO_4 และ NaH_2PO_4

ตอบ $\text{H}_3\text{PO}_4 = 34.30\%$ และ $\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 83.99\%$

12.7. สารตัวอย่างของ MgCl_2 ไม่บริสุทธิ์หนัก 300 mg นำมาไทเทรตหาปริมาณด้วยสารละลาย

AgNO_3 เข้มข้น 0.1000 M จำนวน 45.00 mL จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ Cl และ MgCl_2 ในตัวอย่าง

ตอบ Cl = 53.18 % และ $\text{MgCl}_2 = 71.42\%$

12.8. สารตัวอย่างของ As_2O_3 หนัก 377.0 mg เมื่อนำมาละลายพบว่า As_2O_3 1 โมเลกุลให้

H_3AsO_3 2 โมเลกุล และถูกออกซิไดส์เป็น H_3AsO_4 โดยใช้ สารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.0502 M (0.1040N) จำนวน 31.48 mL จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ As_2O_3 ในตัวอย่าง

ตอบ 41.46 %

12.9. เติมสารละลาย $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ เข้มข้น 0.1000M จำนวน 50.00 mL ลงในสารตัวอย่าง NaF หนัก

1.000 g หลังจาก CaF_2 ตกตะกอนทำการกรองออกไป $\text{Ca}(\text{II})$ ที่มากเกินไปทำการไทเทรตด้วย สารละลาย EDTA เข้มข้น 0.0500 M จำนวน 24.20 mL จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ NaF ใน ตัวอย่าง

ตอบ 31.83%

12.10. จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ Na_2CO_3 ในตัวอย่างไม่บริสุทธิ์หนัก 510.0 mg เมื่อเติมสารละลาย

AgNO_3 เข้มข้น 0.1111 M จำนวน 50.00 mL เพื่อตกตะกอนเป็น Ag_2CO_3 ทำการกรองออกไป AgNO_3 ที่มากเกินไปทำการไทเทรตด้วยสารละลาย KSCN เข้มข้น 0.1050 M จำนวน 11.00 mL

ตอบ 45.67%

12.11. สารตัวอย่างของกรดโมโนโปรติกชนิดหนึ่งบริสุทธิ์หนัก 345.0 mg นำมาละลายและไทเทรตด้วย NaOH เข้มข้น 0.1000 M จำนวน 27.40 mL จงคำนวณหาน้ำหนักสูตรของกรดโมโนโปรติก

ตอบ 125.9