

แบบฝึกหัดบทที่ 7

ปริมาตรวิเคราะห์

- 1) จงอธิบายความหมายของคำต่อไปนี้
 - a) titrant
 - b) standard solution
 - c) end point
 - d) equivalence point
 - e) titration error

- a) Titrant คือสารละลายที่ใส่ไว้ในบิวเรต สำหรับไทเทรตสารละลายที่อยู่ในขวดรูปกรวย และวัดปริมาตรของไทเทรนต์ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารที่อยู่ในขวดรูปกรวย ได้จากการอ่านปริมาตรที่บิวเรต โดยปกติแล้วสารละลายที่อยู่ในบิวเรต (ไทเทรนต์) จะคือสารละลายมาตรฐาน (standard solution)
- b) Standard solution คือสารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่ถูกต้องและแน่นอนแล้ว ใช้สำหรับทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างโดยวิธีการที่เรียกว่า การไทเทรต คือวัดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารตัวอย่างจากบิวเรต แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณของสารตัวอย่างได้เมื่อทราบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
- c) End point คือจุดยุติของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการไทเทรตโดยสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นจุดเดียวกับจุดสมมูล ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอินดิเคเตอร์ อินดิเคเตอร์ที่เลือกใช้สำหรับการไทเทรตควรมีคุณสมบัติที่สามารถเปลี่ยนแปลงสีให้มองเห็นได้ ณ จุดที่ใกล้เคียงกับจุดสมมูลมากที่สุด
- d) Equivalence point คือจุดที่เกิดจากการทำการไทเทรตของสารสองชนิด เข้าทำปฏิกิริยากันพอดีตามทฤษฎีซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรงจะใช้การสังเกตจากจุดยุติ (end

point) แทน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาให้เข้าใจอย่างลึกซึ้งในการที่จะเลือกใช้อินดิ-
เคเตอร์เพื่อให้ได้จุดยุติใกล้เคียงกับจุดสมมูลมากที่สุด

e) Titration error คือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการไทเทรตเนื่องจากจุดยุติไม่ใกล้เคียงกับ
จุดสมมูล ทั้งนี้เป็นเพราะการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ไม่เหมาะสม

2) การเตรียมสารละลายมาตรฐานทำได้อย่างไร

วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐานมีอยู่ 2 วิธี คือ

1) Direct method เตรียมโดยการชั่งน้ำหนักของสารอย่างถูกต้องจากเครื่องชั่ง
อย่างละเอียด แล้วทำเป็นสารละลายให้ได้ปริมาตรที่แน่นอนโดยใช้ขวดเตรียมสารละลาย
มาตรฐาน (volumetric flask) จากน้ำหนักและปริมาตรที่แน่นอนก็สามารถคำนวณหาความ
เข้มข้นที่ถูกต้องได้ แต่ทั้งนี้สารที่นำมาใช้เตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานต้องมีคุณสมบัติ
เช่นเดียวกับสารปฐมภูมิ (primary standard substance)

2) Indirect method เตรียมได้โดยการชั่งน้ำหนัก และวัดปริมาตรของสารอย่าง
หยาบ ๆ แล้วนำสารละลายปฐมภูมิ (primary standard solution) มาหาความเข้มข้นที่
แน่นอน สารละลายมาตรฐานที่เตรียมได้

3) สารที่จะนำมาใช้เป็นสารปฐมภูมิ (primary standard) ควรมีคุณสมบัติอย่างไร

คุณสมบัติของสารปฐมภูมิ มีดังนี้คือ

1) เป็นสารที่ง่ายต่อการทำให้บริสุทธิ์ ทำให้แห้งได้ง่ายและสามารถเก็บไว้ได้ใน
สภาวะที่คงความบริสุทธิ์ตลอดไป

2) เป็นสารที่มีความบริสุทธิ์สูง ถ้ามีมลทินปนอยู่ต้องทราบความบริสุทธิ์ที่แน่นอน
(เช่น 98.55 %) ซึ่งทำให้สามารถคำนวณหาความเข้มข้นที่ถูกต้องได้ และมลทินที่ปน
อยู่จะต้องไม่ทำปฏิกิริยาร่วมด้วยในการวิเคราะห์

3) เป็นสารที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในขณะที่ทำการชั่ง เช่นดูดความชื้น ถูกออกซิไดซ์
ด้วยอากาศ หรือทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

4) เป็นสารที่เสถียร (Stable) ณ อุณหภูมิที่ใช้ออบสารเพื่อทำให้แห้ง

5) เป็นสารประกอบที่สามารถละลายได้ในสภาวะที่ทำการทดลอง

6) เป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

7) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับสารละลายมาตรฐานจะต้องเป็นอัตราส่วนของเลขลงตัวที่แน่นอน

4) ทำไมสารปฐมภูมิจึงต้องมีน้ำหนักโมเลกุลสูง

คำตอบ สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะต้องใช้ปริมาณที่มากกว่าสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เมื่อต้องการเตรียมเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นที่เท่ากัน ทำให้มีข้อผิดพลาดในการชั่งได้น้อยกว่า ตัวอย่างเช่น สาร A มีน้ำหนักโมเลกุล 250 กรัม ถ้าต้องการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้น 0.01 M จำนวน 100 ลบ.ซม. พบว่าต้องใช้สาร Aหนัก 0.2500 กรัม สำหรับเครื่องชั่งไฟฟ้าที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณ สามารถชั่งได้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 ดังนั้นข้อผิดพลาดในการชั่งคือ ± 0.0001 กรัม นั่นคือสาร A จะมีข้อผิดพลาดในการชั่งเท่ากับ 0.04% แต่ถ้าใช้สาร B ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 40 กรัม ถ้าต้องการเตรียมเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.01 M จำนวน 100 ลบ.ซม. เช่นกัน พบว่าต้องใช้สาร Bหนัก 0.0400 กรัม นั่นคือสาร B จะมีข้อผิดพลาดในการชั่งเท่ากับ 0.25% ซึ่งมากกว่าสาร A จะเห็นได้ว่าสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีข้อผิดพลาดในการชั่งน้อยกว่า

5) การหาจุดยุติของการไทเทรตทำได้กี่วิธี อะไรบ้าง

คำตอบ

สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีสังเกตด้วยตาเปล่า (Visual method หรือ Chemical indicator method) การสังเกตด้วยตาเปล่าจะบอกจุดยุติของการไทเทรตได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์เกิดขึ้น อินดิเคเตอร์ที่นำมาใช้ในการไทเทรต ได้แก่

- 1.1 ไทแทรนด์ทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์เอง
- 1.2 อินดิเคเตอร์ กรด-เบส
- 1.3 รีดอกซ์อินดิเคเตอร์
- 1.4 อินดิเคเตอร์ที่เกิดสารประกอบที่มีสีกับไทแทรนด์
- 1.5 อินดิเคเตอร์ที่ตกตะกอนกับไทแทรนด์

2. วิธีการเชิงไฟฟ้า (Electrical methods) ในระหว่างการไทเทรตจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารละลายเกิดขึ้น ถ้านำคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปมาพลอตกราฟเทียบกับปริมาณของไทเทรนต์ที่เติมลงไป ในช่วงของจุดสมมูลจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถหาจุดยุติจากกราฟได้ คุณสมบัติทางไฟฟ้าที่สามารถนำมาใช้หาจุดยุติของการไทเทรตได้ คือ

2.1 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้า เรียกวิธีการนี้ว่า Potentiometric titration

2.2 การวัดค่าการนำไฟฟ้า เรียกวิธีการนี้ว่า Conductometric titration

2.3 การวัดกระแสไฟฟ้า เรียกวิธีการนี้ว่า Amperometric titration

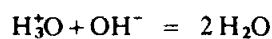
2.4 การวัดปริมาณไฟฟ้า เรียกวิธีการนี้ว่า Coulometric titration

รายละเอียดในหัวข้อการหาจุดยุติ (Detection of end-point) ในหนังสือเคมีวิเคราะห์ 1 หน้า 240

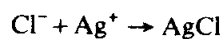
6) ปฏิกริยาการวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธีปริมาตรวิเคราะห์ (volumetric reaction) แบ่งได้กี่ชนิด อะไรบ้าง

ปฏิกริยาการวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธีปริมาตรวิเคราะห์ สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ

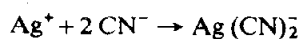
1) ปฏิกริยาการสะเทิน เป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดกับเบส ผลที่ได้คือเกลือกับน้ำ สามารถเขียนปฏิกริยาโดยย่อเป็น



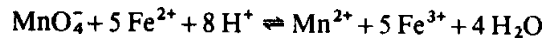
2) ปฏิกริยาการตกตะกอน ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจะให้ผลเป็นตะกอน ตะกอนที่เกิดขึ้นต้องเป็นตะกอนที่ละลายน้ำได้ยาก (sparingly soluble compound) ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์โดยทำการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน Ag^+ ได้ปฏิกริยาดังนี้



3) ปฏิกริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน เป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างไอออนของโลหะที่ต้องการวิเคราะห์เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับลิแกนด์ ที่ใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน ตัวอย่างเช่น



4) ปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้น โดยมีตัวรีดิวซ์เป็นตัวให้อิเล็กตรอนและตัวออกซิไดส์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ตัวอย่างเช่น



7) การวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธีปริมาตรวิเคราะห์ (Volumetric Analysis) มีหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ทั่ว ๆ ไปอย่างไร

หลักทั่ว ๆ ไปในการวิเคราะห์หาปริมาณ คือ

- 1) สารตัวอย่างที่ใช้ไม่ควรมียุทธศาสตร์เกินเกินไปเพราะจะทำให้มีข้อผิดพลาดในการชั่งได้มาก
 - 2) ปริมาณไทเทรนต์ที่ใช้ไม่ควรน้อยจนเกินไป
 - 3) ปริมาณของสารตัวอย่างที่ใช้ไม่ควรมากจนทำให้ไทเทรนต์ที่ใช้มีปริมาณมากจนเกินปริมาณที่มีอยู่ในบิวเรต
 - 4) ความเข้มข้นของไทเทรนต์ที่ใช้ควรมีความเข้มข้นที่พอเหมาะที่ทำการปฏิบัติปฏิกิริยาพอดีกับสารที่ต้องการหาปริมาณ
 - 5) วิธีการที่ใช้ควรเป็นวิธีที่สามารถไทเทรตได้โดยตรง และมีอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม
 - 6) ในการทดลองควรทำอินดิเคเตอร์แบบลบล้างด้วย
- สำหรับรายละเอียดสามารถอ่านเพิ่มเติมเพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้นในหนังสือเคมี-วิเคราะห์ 1 (CH 233) หน้า 242

8) จงหาน้ำหนักของ As_2O_3 ที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลาย 1 ลบ.ดม. เข้มข้น 0.100 N As (III) [arsenic (+3) ถูกออกซิไดส์ไปเป็น arsenic (+5)]

คำตอบ As(III) เข้มข้น 0.1000 N จะมี As(III) = 0.1000 กรัม สมมูลต่อ ลบ.ดม.
 หรือมี As_2O_3 = 0.1000 กรัม สมมูลต่อ ลบ.ดม.
 = 0.1000 × eq. wt As_2O_3 กรัม
 = 0.1000 × $\frac{197.85}{4}$
 ∴ ต้องใช้ As_2O_3 น้หนัก = 4.95 กรัม

9) สาร KHP หนัก 0.7546 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ NaOH 34.79 ลบ.ซม. ในการหาความเข้มข้นที่แน่นอน จงคำนวณหาความเข้มข้นของ NaOH

คำตอบ KHP หนัก 0.7546 กรัม = $\frac{0.7546}{204.23}$ โมล

$$\frac{N \times 34.79}{1,000} = \frac{0.7546}{204.23}$$

$$N_{NaOH} = \frac{0.7546 \times 1,000}{204.23 \times 34.79}$$

∴ ความเข้มข้นของ NaOH = 0.1062 N

10) สารละลายชนิดหนึ่งเมื่อนำมาเจือจางลง 12 เท่า ปรากฏว่าได้ความเข้มข้นเท่ากับ 0.125 M จงคำนวณหาความเข้มข้นเริ่มต้น

คำตอบ

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นเริ่มต้น} &= 12 \times 0.125 \\ &= 1.5 \text{ M} \end{aligned}$$

11) ต้องใช้สารละลายต่อไปนี้เท่าไร ในการเตรียมให้มีความเข้มข้น 0.10 M จำนวน 2 ลบ.ดม.

a) 1.5 M HNO₃ ตอบ 133.3

b) 6.7 M NaOH

c) 0.25 M HF

คำตอบ

a) ปริมาตร HNO₃ ที่ต้องใช้ = $\frac{0.10 \times 2}{1.5}$

$$= 0.133 \text{ ลบ.ดม.}$$

$$= 133 \text{ ลบ.ซม.}$$

b) ปริมาตร NaOH ที่ต้องใช้ = $\frac{0.1 \times 2}{6.7}$

$$\begin{aligned}
 &= 0.0298 \quad \text{ลบ.คม.} \\
 &= 29.8 \quad \text{ลบ.ซม.} \\
 \text{c) ปริมาตร HF ที่ต้องใช้} &= \frac{0.1 \times 2}{0.25} \\
 &= 0.8 \quad \text{ลบ.คม.} \\
 &= 800 \quad \text{ลบ.ซม.}
 \end{aligned}$$

12) จะต้องใช้กรดเกลือเข้มข้นที่ลูกบาศก์เซนติเมตร ในการเตรียมให้ได้สารละลายเข้มข้น 0.100 M จำนวน 1 ลบ.คม. ถ้า HCl เข้มข้นมีค่า 38% (wt/wt) และความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.19

คำตอบ

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{MM \times 100}{pd} \\
 &= \frac{0.100 \times 36.45 \times 100}{38 \times 1.19} \\
 &= 8.1 \quad \text{ลบ.ซม.}
 \end{aligned}$$

นั่นคือ ต้องใช้ HCl เข้มข้นจำนวน 8.1 ลบ.ซม. เพื่อเตรียมเป็นสารละลาย HCl ที่เข้มข้น 0.100 M จำนวน 1 ลบ.คม.

13) จงหาปริมาตรของ H_2SO_4 เข้มข้น 0.5000 N ที่ต้องใช้เติมลงไปใน 200 ลบ.ซม. ของ 0.1500 N H_2SO_4 และเมื่อเจือจางเป็น 500 ลบ.ซม. แล้วมีความเข้มข้นเป็น 0.1000 N พอดี

คำตอบ เมื่อเจือจางให้มีปริมาตร 500 ลบ.ซม. และมีความเข้มข้น 0.1000 N

$$\begin{aligned}
 \text{แสดงว่ามีเนื้อกรด } H_2SO_4 &= \frac{500 \times 0.1000}{1,000} \quad \text{กรัม สมมูล} \\
 &= 0.0500 \quad \text{กรัม สมมูล} \\
 \text{ก่อนเพิ่มกรด } H_2SO_4 &\text{ จะมีเนื้อกรดอยู่แล้ว} \\
 &= \frac{0.1500 \times 200}{1,000} \\
 &= 0.0300 \quad \text{กรัม สมมูล} \\
 \therefore \text{ ต้องเพิ่มกรดลงไปอีก} &= 0.0500 - 0.0300 \\
 &= 0.0200 \quad \text{กรัม สมมูล}
 \end{aligned}$$

$$0.0200 = \frac{0.5000 \times V}{1,000}$$

$$\therefore V = \frac{0.0200 \times 1,000}{0.500}$$

ต้องเติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 0.500 N = 40 ลบ.ชม.

14) ต้องใช้รีเอเจนต์ที่เข้มข้นจากโรงงานจำนวนเท่าไร เพื่อเตรียมเป็นสารละลายต่อไปนี้ (ดูความเข้มข้นของรีเอเจนต์จากภาคผนวก 3)

- a) 250 ลบ.ชม. ของ 1.0 M HClO_4
- b) 5 ลบ.ดม. ของ 2.0 mM NH_3
- c) 10 ลบ.ชม. ของ 8 M HCl
- d) 0.5 ลบ.ดม. ของ 0.3 M CH_3COOH

คำตอบ (เฉพาะข้อ a)

a) จากตารางภาคผนวก 3 ความเข้มข้นของกรด HClO_4 เข้มข้นเท่ากับ 11.7 F
จำนวนมิลลิโมลของ HClO_4 ที่ต้องการ = 250×1.0 มิลลิโมล

$$\begin{aligned} \therefore \text{ปริมาตรของกรด } \text{HClO}_4 \text{ เข้มข้นที่ต้องใช้} &= \frac{250 \times 1.0}{11.7} \\ &= 21.37 \quad \text{ลบ.ชม.} \end{aligned}$$

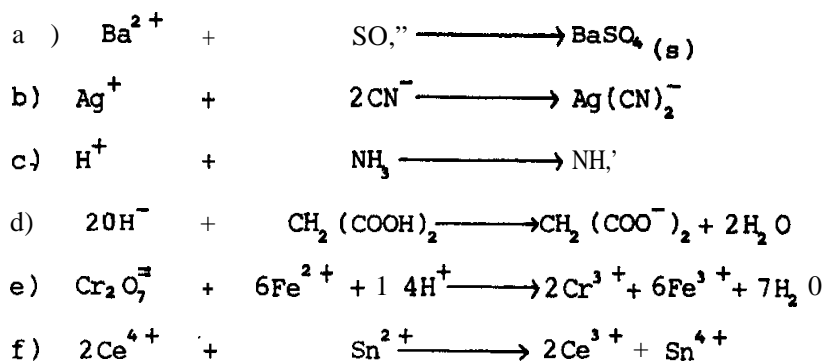
นั่นคือ ถ้าต้องการเตรียม 1.0 M HClO_4 จำนวน 250 ลบ.ชม. จะต้องนำกรด HClO_4 เข้มข้นจากโรงงานมาจำนวน 21.37 ลบ.ชม. แล้วทำให้มีปริมาตร 250 ลบ.ชม.

15), 16) ผูกหัดทำด้วยตนเอง

17) จงเขียนอัตราส่วนที่ทำปฏิกิริยาของปฏิกิริยาต่อไปนี้

ไทแทนต์

สารที่ถูกไทเทรต



คำตอบ

a) 1 : 1

d) 1 : 2

b) 2 : 1

e) 6 : 1

c) 1 : 1

f) 1 : 2

18) จากโจทย์ข้อ 17) จงเขียนน้ำหนักกรัมสมมูล (equivalent weight) ของสารที่ถูกไทเทรต ในเทอมของน้ำหนักสูตร

$$a) \text{ eq wt } SO_4^{2-} = \frac{\text{formula wt } SO_4^{2-}}{2}$$

$$b) \text{ eq wt } CN^- = 2 \times \text{formula wt } CN^-$$

$$c) \text{ eq wt } NH_3 = \text{formula weight } NH_3$$

$$d) \text{ eq wt } CH_2(COOH)_2 = \frac{\text{formula weight } CH_2(COOH)_2}{2}$$

$$e) \text{ eq wt } Fe^{2+} = \text{formula weight } Fe^{2+}$$

$$f) \text{ eq wt } Sn^{2+} = \frac{\text{formula weight } Sn^{2+}}{2}$$

19) ปฏิกิริยาต่อไปนี้นี้เป็นปฏิกิริยาชนิดใด และจงหาน้ำหนักกรัมสมมูลของสารประกอบที่อยู่ในคอลัมน์ขวามือในเทอมของน้ำหนักสูตร

ปฏิกิริยา	สารประกอบ (compound)
a) $\text{B}_4\text{O}_7^{2-} + 2 \text{H}^+ + 5 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}_3\text{BO}_3$	HClO_4 , B, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, $\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
b) $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2 \text{I}^-$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, I_2 , S, SO_2
c) $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$	NH_3 , $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$, HCl, CH_2N_4
d) $\text{MnO}_4^- + 6 \text{Fe}^{2+} + 8 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 6 \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	KMnO_4 , FeSO_4 , Fe_3O_4 , Fe

คำตอบ

ปฏิกิริยา

equivalent weight

a) acid-base reaction

$$\text{eq wt } \text{HClO}_4 = \text{formula wt } \text{HClO}_4$$

$$\text{eq wt B} = 2 \times \text{formula wt B}$$

$$\text{eq wt } \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 = \frac{\text{formula wt } \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7}{2}$$

$$\text{eq wt } \text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O} = 2 \times \text{formula wt } \text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$$

b) Redox reaction

$$\text{eq wt } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{formula wt } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$$

$$\text{eq wt } \text{I}_2 = \frac{\text{formula wt } \text{I}_2}{2}$$

$$\text{eq wt S} = 2 \text{ formula wt S}$$

$$\text{eq wt } \text{SO}_2 = 2 \text{ formula wt } \text{SO}_2$$

c) acid-base reaction

$$\text{eq wt } \text{NH}_3 = \text{formula wt } \text{NH}_3$$

$$\text{eq wt } \text{H}_2\text{NNH}_2 = \frac{\text{formula wt } \text{H}_2\text{NNH}_2}{2}$$

$$\text{eq wt HCl} = \text{formula wt HCl}$$

$$\text{eq wt } \text{CH}_2\text{N}_4 = \frac{\text{formula wt } \text{CH}_2\text{N}_4}{4}$$

d) Redox reaction

$$\begin{aligned} \text{eq wt KMnO}_4 &= \frac{\text{formula wt KMnO}_4}{5} \\ \text{eq wt FeSO}_4 &= \text{formula wt FeSO}_4 \\ \text{eq wt Fe}_3\text{O}_4 &= \text{formula wt Fe}_3\text{O}_4 \\ \text{ea wt Fe} &= \text{formula wt Fe} \end{aligned}$$

20) จงหาน้ำหนักกรัมสมมูลของทองแดง (II) คลอไรด์ (CuCl_2) ในเทอมของน้ำหนักสูตร

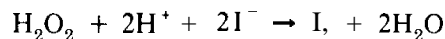
- a) ในปฏิกิริยา $\text{CuCl}_2 + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{AgCl}$
 b) ในปฏิกิริยา $2 \text{Cu}^{2+} + 4 \text{I}^- \rightarrow \text{Cu}_2\text{I}_2 + \text{I}_2$
 c) ในปฏิกิริยา $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$
 d) ในปฏิกิริยา $\text{Cu}^{2+} + \text{Cr}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+ + \text{Cr}^{3+}$

คำตอบ

- a) eq wt $\text{CuCl}_2 = \frac{\text{formula wt CuCl}_2}{2}$
 b) eq wt $\text{CuCl}_2 = \text{formula weight CuCl}_2$
 c) eq wt $\text{CuCl}_2 = \frac{\text{formula wt CuCl}_2}{2}$
 d) eq wt $\text{CuCl}_2 = \text{formula wt CuCl}_2$

21) ในสารละลายที่ประกอบด้วย KI หนัก 4.15 กรัม ซึ่งมีปริมาตรเท่ากับ 500 ลบ.ซม. จงบอกความเข้มข้นของสารละลาย KI ในเทอมของ

- a) ฟอร์แมลิตี
 b) นอร์แมลิตี เมื่อใช้ไทเทรนต์ Ag^+
 c) นอร์แมลิตี เมื่อเกิดปฏิกิริยา $\text{HgO} + 4\text{I}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HgI}_4^{2-} + 2\text{OH}^-$
 d) นอร์แมลิตี เมื่อใช้เป็นตัวรีดิวซ์เกิดปฏิกิริยา



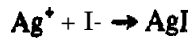
คำตอบ

a) M.W. KI = 166.01

$$\therefore \text{KI ที่มียอยู่ในสารละลาย } 500 \text{ ลบ.ชม.} = \frac{4.15}{166.01}$$
$$= 0.025 \text{ โมล}$$

$$\text{นั่นคือความเข้มข้นของ KI} = 0.025 \times 2$$
$$= 0.050 \text{ F}$$

b) เมื่อใช้ ไทแทนต์ Ag^+

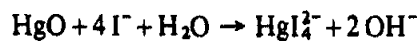


eq.wt.KI = formula wt KI

$$\text{KI ที่มียอยู่ในสารละลาย } 500 \text{ ลบ.ชม.} = \frac{4.15}{166.01}$$
$$= 0.025 \text{ กรัมสมมูล}$$

$$\therefore \text{KI เข้มข้น} = 0.025 \times 2$$
$$= 0.050 \text{ N}$$

c) จากปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน



eq wt KI = 2 formula weight KI

$$= 166.01 \times 2$$

$$= 332.02$$

\therefore จำนวนกรัมสมมูลของ KI ที่มียอยู่ในสารละลาย 500 ลบ.ชม.

$$= \frac{4.15}{332.02}$$

$$= 0.0125 \text{ กรัมสมมูล}$$

$$\therefore \text{KI เข้มข้น} = 0.0125 \times 2$$

$$= 0.025 \text{ N}$$

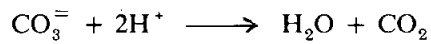
d) eq wt KI = formula wt KI

$$\therefore \text{ความเข้มข้นของ KI} = \frac{4.15}{166.01} \times 2$$

$$= 0.050 \text{ N}$$

22) สารละลายประกอบด้วย 2.120 กรัม ของโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ใน 400 ลบ.ซม. จงคำนวณหา

- a) ความเข้มข้นเป็นฟอร์แมล
b) ความเข้มข้นเป็นนอร์แมลเมื่อเกิดปฏิกิริยา



- c) ปริมาตรของ HCl เข้มข้น 0.150 N ที่ต้องใช้ในการทำให้ $\text{CO}_3^{=}$ ของสารละลายจำนวน 25.00 ลบ.ซม. กลายเป็น HCO_3^-

คำตอบ

a) $\text{M.W. Na}_2\text{CO}_3 = 105.99$

โซเดียมคาร์บอเนตในสารละลาย 400 ลบ.ซม. = $\frac{2.120}{105.99}$ โมล

= 0.0200 โมล

\therefore สารละลาย Na_2CO_3 เข้มข้น = $\frac{0.0200 \times 1,000}{400}$

= 0.050 F

b) จากปฏิกิริยา $\text{CO}_3^{=} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

แสดงว่า eq wt $\text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{\text{formula wt Na}_2\text{CO}_3}{2}$

= $\frac{105.99}{2}$

= 52.99

โซเดียมคาร์บอเนตในสารละลาย 400 มล. = $\frac{2.120}{52.99}$

= 0.0400 กรัมสมมูล

\therefore สารละลาย Na_2CO_3 เข้มข้น = $\frac{0.0400 \times 1,000}{400}$

= 0.100 N

c) no. eq wt HCl = no. eq wt Na_2CO_3

$$\frac{0.150 \times V}{1,000} = \frac{25.00 \times 0.050}{1,000}$$

$$V = \frac{25.00 \times 0.050}{0.150}$$

$$= 8.33$$

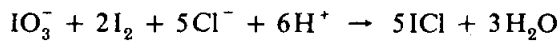
แสดงว่าต้องใช้สารละลาย HCl

$$= 8.33$$

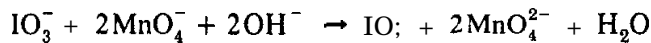
ลบ.ชม.

23) สารประกอบโพแทสเซียมไฮโดรเจนไอโอเดต $[KH(IO_3)_2]$ ที่บริสุทธิ์ถูกนำมาใช้เป็นสาร
ปฐมภูมิ โดยเตรียมเป็นสารละลาย 1 ลบ.ดม. จาก $KH(IO_3)_2$ จำนวน 9.75 กรัม จงบอก
ความเข้มข้นของสารละลาย $KH(IO_3)_2$ ในเทอมของ

- ฟอร์แมลิตี
- นอร์แมลิตี โดยใช้ $KH(IO_3)_2$ เป็นกรด
- ไทเตอร์ ; เป็น $mg. I_2/cm^3$ โดยเกิดปฏิกิริยา



- นอร์แมลิตี ; ในการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย MnO_4^- ในสารละลายที่เป็นเบส



คำตอบ

a) M.W. $KH(IO_3)_2$ = 389.92

\therefore สารละลาย $KH(IO_3)_2$ เข้มข้น $\frac{9.75}{389.92}$

= 0.025 F

b) เมื่อใช้ $KH(IO_3)_2$ เป็นกรด แสดงว่า $KH(IO_3)_2$ เป็นกรดโมโนโปรติก

\therefore สารละลาย $KH(IO_3)_2$ เข้มข้น = 0.025 N

c) IO_3^- 1 โมล $\equiv I_2$ 2 Fun

สารละลาย $KH(IO_3)_2$ 1 ลบ.ดม. จะมีเนื้อสาร = $\frac{9.75}{389.92}$

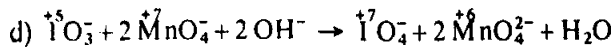
= 0.025 โมล

\therefore สารละลาย $KH(IO_3)_2$ 1 ลบ.ชม. จะมีเนื้อสาร = 0.025×10^{-3} โมล

I_2 ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $KH(IO_3)_2$ 1 ลบ.ชม. = $2 \times 0.025 \times 10^{-3}$ โมล

= $2 \times 0.025 \times 10^{-3} \times 253.8$ กรัม

= 12.69 มิลลิกรัม



จากปฏิกิริยาแสดงว่า IO_3^- มีการสูญเสียอิเล็กตรอน 2 ตัว

$$\therefore \text{eq wt KH (IO}_3)_2 = \frac{\text{M.W. KH (IO}_3)_2}{4}$$

$$= \frac{389.92}{4}$$

$$= 97.48$$

$$\cong 97.5$$

กรัม

$$\text{จำนวนกรัมสมมูลของ KH (IO}_3)_2 = \frac{97.5}{97.5}$$

$$= 0.10$$

กรัมสมมูล/ลบ.คม.

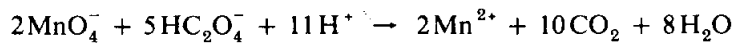
$$\text{แสดงว่าสารละลาย KH (IO}_3)_2 \text{ เข้มข้น} = 0.10$$

N

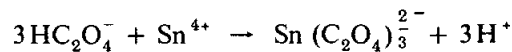
24) จงคำนวณหาน้ำหนักกรัมสมมูลของโพแทสเซียมไฮโดรเจนออกซาเลท ในเทอมของน้ำ-หนักสูตร

a) เมื่อใช้เป็นกรด (ให้ H^+)

b) เมื่อเกิดปฏิกิริยากับเปอร์แมงกาเนต



c) ใช้เป็นตัวทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ Sn (iv)



d) ใช้เป็นตัวตกตะกอน สำหรับ Ca^{2+}

$$a) \text{eq.wt.KHC}_2\text{O}_4 = \text{formula wt KHC}_2\text{O}_4$$

$$b) \text{eq.wt.KHC}_2\text{O}_4 = \frac{\text{formula wt. KHC}_2\text{O}_4}{2}$$

$$c) \text{eq.wt.KHC}_2\text{O}_4 = \frac{3 \text{ formula wt. KHC}_2\text{O}_4}{4}$$

$$d) \text{eq.wt.KHC}_2\text{O}_4 = \frac{\text{formula wt. KHC}_2\text{O}_4}{2}$$

25), 26) ฝึกหัดทำด้วยตนเอง

27) สารตัวอย่างคลอไรด์หนัก 0.3212 กรัมที่ไม่บริสุทธิ์ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 0.1070 N AgNO₃ จำนวน 35.52 ลบ.ซม. จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ NaCl ในสารตัวอย่าง

คำตอบ $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$

$$\begin{aligned} \text{mg NaCl} &= V_{\text{Ag}^+} \times N_{\text{Ag}^+} \times \text{M.W.}_{\text{NaCl}} \\ &= 35.52 \times 0.1070 \times 58.44 \\ &= 222.11 \\ \% \text{ NaCl} &= \frac{222.11 \times 10^{-3}}{0.3212} \times 100 \\ &= 69.15 \end{aligned}$$

28) จงคำนวณหาน้ำหนักของลวดเหล็ก ที่ใช้ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 1.0 N K₂Cr₂O₇ จำนวน 45.00 ลบ.ซม. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$

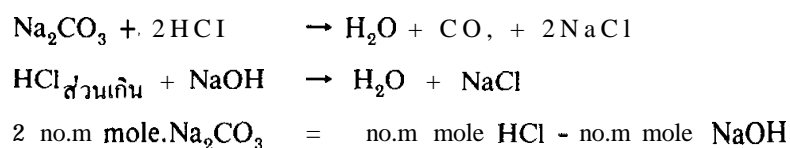
คำตอบ

$$\begin{aligned} \text{mg Fe} &= V_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} \times N_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} \times \text{eq wt}_{\text{Fe}} \text{ มิลลิกรัม} \\ &= 45.0 \times 1.0 \times 55.85 \times 10^{-3} \text{ กรัม} \\ &= 2.513 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

29) สารตัวอย่าง 0.500 กรัม ประกอบด้วย Na₂CO₃ กับสารเฉื่อย เมื่อนำมาวิเคราะห์โดยการเติม 50.0 ลบ.ซม. ของ 0.100 M HCl ให้มากเกินไปหลังจากนั้นทำการไทเทรตย้อนกลับปรากฏว่าใช้ NaOH 0.100 M จำนวน 5.6 ลบ.ซม. จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ Na₂CO₃ ในสารตัวอย่าง

ตอบ 47.1%

คำตอบ



$$\begin{aligned}
 &= (50.0 \times 0.100 - 5.6 \times 0.100) \\
 &= 4.44 \\
 \text{mg Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{1}{2} \times 4.44 \times 106 \\
 &= 235.32 \\
 \% \text{ Na}_2\text{CO}_3 \text{ ในสารตัวอย่าง} &= \frac{235.32 \times 10^{-3}}{0.500} \times 100 \\
 &= 47.1
 \end{aligned}$$

30) กรดอินทรีย์ที่บริสุทธิ์หนัก 0.6079 กรัม นำมาละลายใน NaOH 45.67 ลบ.ซม. แล้วไทเทรตเบสที่มากเกินไปด้วย 3.25 ลบ.ซม. ของ 0.1200 N HCl เมื่อนำเบสนี้มาไทเทรตอีกครั้งหนึ่งพบว่า 39.33 ลบ.ซม. ของ NaOH จะทำปฏิกิริยาพอดีกับกรด HCl จำนวน 31.69 ลบ.ซม. จงคำนวณหาน้ำหนักกรัมสมมูลของกรดอินทรีย์

$$\begin{aligned}
 \text{คำตอบ ความเข้มข้นของ NaOH} &= \frac{0.1200 \times 31.69}{39.33} \\
 &= 0.097 \quad \text{N} \\
 \text{จำนวนมิลลิกรัมสมมูลของกรดอินทรีย์ที่มีอยู่} &= 45.67 \times 0.097 - 3.25 \times 0.1200 \\
 &= 4.04 \quad \text{meq} \\
 \text{น้ำหนักกรัมสมมูลของกรดอินทรีย์} &= \frac{0.6079}{4.04} \times 10^3 \\
 &= 150.47 \quad \text{กรัม}
 \end{aligned}$$

31) จงคำนวณหาปริมาตรของ 0.0450 M HCl ที่ต้องใช้ในการไทเทรตกับสารตัวอย่าง โซเดียมคาร์บอเนต หนัก 0.1000 กรัม ซึ่งสารตัวอย่างนี้มี Na₂CO₃ อยู่เท่ากับ 90% ปฏิกิริยาของการไทเทรตคือ

$$2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

คำตอบ

สารตัวอย่างมี Na_2CO_3 90 % แสดงว่าสารตัวอย่างหนัก 0.1000 กรัม

$$\text{จะมี } \text{Na}_2\text{CO}_3 = 0.0900 \quad \text{กรัม}$$

$$= \frac{0.0900}{105.99} \quad \text{โมล}$$

$$V_A M_A \cdot R = V_B M_B = \text{จำนวนมิลลิโมลของ B}$$

$$V_A \times 0.0450 \times \frac{1}{2} = \frac{0.0900}{105.99} \times 10^3$$

$$V_A = \frac{0.0900 \times 10^3 \times 2}{105.99 \times 0.0450}$$

$$\therefore \text{ต้องใช้ปริมาตร HCl} = 37.74 \quad \text{ลบ.ซม.}$$

32) สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เตรียมจากการละลาย 4.68 กรัม KMnO_4 ในน้ำ แล้วเจือจางให้เป็น 500 ลบ.ซม. จงหาปริมาตรของสารละลายนี้ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารตัวอย่างแร่หนัก 0.500 กรัมที่มี Fe_2O_3 อยู่ 35.6%

คำตอบ

$$\text{สารตัวอย่างจะมี } \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{0.500 \times 35.6}{100}$$

$$= 0.178 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{แสดงว่าสารตัวอย่างมี } \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{0.178}{159.69}$$

$$= 1.11 \times 10^{-3} \quad \text{โมล}$$

ในการทำปฏิกิริยาเหล็กกับเปอร์แมงกาเนตต้องเปลี่ยน Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} ก่อน เมื่อทำปฏิกิริยากันจะเกิดปฏิกิริยาดังนี้



$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ 1 โมล จะมี Fe} = 2 \quad \text{โมล}$$

$$\cdot \text{ สารตัวอย่างแร่จะมี Fe} = 2.22 \times 10^{-3} \quad \text{โมล}$$

$$= 2.22 \times 10^{-3} \quad \text{กรัมสมมูล}$$

$$(\text{น้ำหนักกรัมสมมูล} = \text{น้ำหนักโมเลกุล})$$

$$\begin{aligned} \text{สารละลาย KMnO}_4 \text{ ที่เตรียมเข้มข้น} &= \frac{4.68 \times 2 \times 5}{158.04} \\ &= 0.2961 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_A \cdot N_A = V_B N_B$$

$$V_A \times 0.2961 = 2.22$$

$$V_A = \frac{2.22}{0.2961}$$

$$\text{ปริมาตรของ KMnO}_4 \text{ ที่ใช้} = 7.50 \text{ ลบ.ซม.}$$

33), 34) ฝึกหัดทำด้วยตนเอง

35) จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของคลอไรด์ในสารตัวอย่างหนัก 0.4179 กรัม ซึ่งทำปฏิกิริยาพอดีกับ 0.1012 N AgNO₃ จำนวน 34.67 ลบ.ซม.

คำตอบ

$$\begin{aligned} \text{Ag}^+ + \text{Cl}^- &\rightarrow \text{AgCl} \\ \text{A} \quad \text{B} \\ \% \text{ Cl}^- &= \frac{V_A N_A \cdot R \cdot (\text{M.W.}_B) \times 100}{\text{mg sample}} \\ &= \frac{34.67 \times 0.1012 \times 35.45 \times 100}{0.4179 \times 1,000} \\ &= 29.76 \% \end{aligned}$$

36) จงคำนวณหาน้ำหนักสารตัวอย่างแร่อะตาคาไมท์ [Cu₂Cl(OH)₃] เพื่อทำปฏิกิริยาพอดีกับ 0.1250 N AgNO₃ จำนวน 25.00 ลบ.ซม. ในการหาเปอร์เซ็นต์คลอไรด์

คำตอบ

$$\begin{aligned} \text{mg [Cu}_2\text{Cl(OH)}_3\text{]} &= 25.00 \times 0.1250 \times 213.53 \\ &= 667.3 \text{ มิลลิกรัม} \\ \text{น้ำหนักสารตัวอย่าง} &= 0.6673 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

37), 38), 39), 40) ฝึกหัดทำด้วยตนเอง

41) จงหาไตเตอร์ของสารละลาย 0.0500 M KMnO_4 ในเทอมของ $\text{mg. Fe}_2\text{O}_3/\text{cm}^3$

คำตอบ

$$\begin{aligned}\text{สารละลาย } \text{KMnO}_4 \text{ 1 ลบ.ซม. จะมีเนื้อสาร} &= 0.0500 \times 1 \\ &= 0.0500 \text{ มิลลิโมล}\end{aligned}$$

KMnO_4 1 โมล จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ Fe 5 โมล

" 1 " " " $\text{Fe}_2\text{O}_3 \frac{5}{2}$ โมล

แสดงว่าจำนวนโมลของ Fe_2O_3 ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ KMnO_4 1 ลบ.ซม.

$$= \frac{5}{2} \times 0.0500$$

$$= 0.125 \text{ มิลลิโมล}$$

$\therefore \text{Fe}_2\text{O}_3$ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ KMnO_4 1 ลบ.ซม.

$$= 0.125 \times 159.69$$

$$= 19.96 \text{ มิลลิกรัม}$$

ไตเตอร์ของสารละลาย KMnO_4 = 19.96 un. $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{ลบ.ซม.}$

42) ไตเตอร์ของสารละลาย AgNO_3 คือ 22.7 $\text{mg. Cl}/\text{cm}^3$ จงหาไตเตอร์ของสารละลาย AgNO_3 ในเทอมของ $\text{mg. Br}/\text{cm}^3$

คำตอบ จำนวนมิลลิโมล Cl^- ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ AgNO_3 1 ลบ.ซม.

$$= \frac{22.7}{35.45}$$

\therefore แสดงว่า Br^- ที่จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ AgNO_3 1 ลบ.ซม.

$$= \frac{22.7}{35.45} \text{ มิลลิโมล}$$

$$= \frac{22.7 \times 19.91}{35.45}$$

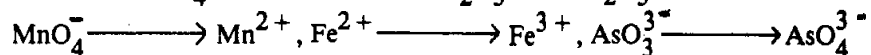
\therefore ไตเตอร์ของสารละลาย AgNO_3 = 51.2 $\text{mg. Br}/\text{cm}^3$

43) จงหาความเข้มข้นของสารละลายเป็นไทเตอริในเทอมต่าง ๆ กันคือ

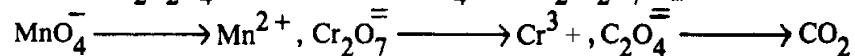
a) 0.150 N HCl ในเทอมของ CaO, Ca(OH)₂, Na₂O และ NaOH

b) 0.240 N NaOH ในเทอมของ HCl, HClO₄, H₂SO₄ และ CH₃COOH

c) 0.0200 M KMnO₄ ในเทอมของ FeO, Fe₂O₃ และ As₂O₃ ปฏิกริยาคือ



d) 0.120 M Na₂C₂O₄ ในเทอมของ KMnO₄ และ K₂Cr₂O₇ ปฏิกริยาคือ



คำตอบ (เฉพาะข้อ a)

a) - ในเทอมของ CaO

$$\begin{aligned} \text{ไทเตอริของสารละลาย } 0.150 \text{ N HCl} &= 0.150 \times \text{eq.wt. CaO} \\ &= 0.150 \times \frac{56}{2} \\ &= 4.20 \text{ mg. CaO/cm}^3 \end{aligned}$$

- ในเทอมของ Ca(OH)₂

$$\begin{aligned} \text{ไทเตอริของสารละลาย } 0.150 \text{ N HCl} &= 0.150 \times \text{eq.wt. Ca(OH)}_2 \\ &= 0.150 \times \frac{74}{2} \\ &= 5.55 \text{ mg. Ca(OH)}_2/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

- ในเทอมของ Na₂O

$$\begin{aligned} \text{ไทเตอริของสารละลาย } 0.150 \text{ N HCl} &= 0.150 \times \text{eq.wt. Na}_2\text{O} \\ &= 0.150 \times \frac{62}{2} \\ &= 4.65 \text{ mg. Na}_2\text{O/cm}^3 \end{aligned}$$

- ในเทอมของ NaOH

$$\begin{aligned} \text{ไทเตอริของสารละลาย } 0.150 \text{ N HCl} &= 0.150 \times \text{eq.wt. NaOH} \\ &= 0.150 \times 40 \\ &= 6.00 \text{ mg. NaOH/cm}^3 \end{aligned}$$

44) จงคำนวณหาจำนวนส่วนในล้านของคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ ถ้า 50.00 ลบ.ซม. ของสารตัวอย่างทำปฏิกิริยาพอดีกับ 27.38 ลบ.ซม. ของ 0.0785 N AgNO₃ โดยวิธีของ มอห์ร์ และมีการไทเทรตแบลนด์ = 0.15 ลบ.ซม.

คำตอบ

$$\begin{aligned}
 \text{AgNO}_3 \text{ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ } \text{Cl}^- &= 27.38 - 0.15 \\
 &= 27.23 && \text{ลบ.ซม.} \\
 \text{แสดงว่า } \text{AgNO}_3 \text{ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ } \text{Cl}^- &= 27.23 \times 0.0785 && \text{มิลลิโมล} \\
 &= 2.14 \\
 \therefore \text{สารตัวอย่าง } 50.00 \text{ ลบ.ซม. จะมีคลอไรด์} &= 2.14 \times 35.45 && \text{มิลลิกรัม} \\
 &= 0.0759 && \text{กรัม}
 \end{aligned}$$

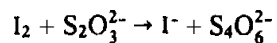
$$\begin{aligned}
 \text{ppm} &= \frac{\text{wt of solute}}{\text{wt of solution}} \times 10^6 \\
 &= \frac{0.0759}{50.00} \times 10^6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.518 \\
 \text{สารละลายจะมี } \text{Cl}^- \text{ เข้มข้น} &= 1,518 && \text{ppm} \\
 \text{สารละลายตัวอย่าง } 50.00 \text{ ลบ.ซม. จะมี } \text{NaCl} &= 2.14 \times 58.45 && \text{มิลลิกรัม} \\
 &= 0.1251 && \text{กรัม} \\
 \therefore \text{สารละลายจะมี } \text{NaCl} \text{ เข้มข้น} &= \frac{0.1251}{50.00} \times 10^6 \\
 &= 2502 && \text{ppm}
 \end{aligned}$$

แบบฝึกหัดเพิ่มเติมบทที่ 7

- 1) (a) Calculate the molarity of each of the following solutions:
- (1) 6.00 g of NaOH in 0.200 l of solution.
 - (2) 0.315 g of $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in 50.0 ml of solution.
 - (3) 21.03 g of CaO in 2.00 l of solution.
 - (4) 49.0 mg of H_2SO_4 in 10.0 ml of solution.
 - (5) 34.06 g of NH_3 in 5.00 l of solution.
- (b) Calculate the normality of each of the above solutions, assuming:
 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}^+$; $\text{CaO} = 2\text{H}^+$; $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{H}^+$; $\text{NH}_3 = 1\text{H}^+$; $\text{NaOH} = 1\text{H}^+$
- 2) (a) Calculate the molarity of each of the following solution:
- (1) 3.95 g K MnO_4 in 3.00 l solution.
 - (2) 14.71 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ in 200.0 ml solution.
 - (3) 2.171 g I_2 in 750.0 ml solution.
 - (4) 623.2 mg $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ in 30.00 ml solution.
- (b) Calculate the normality of each of the above solutions if the reactants and products are as follows:
 $\text{MnO}_4^- - \text{Mn}^{2+}$; $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} - \text{Cr}^{3+}$; $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} - \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$; $\text{I}_2 = \text{I}^-$
- 3) (a) Calculate the formalities of the following solution:
- (1) 7.40 g NaNO_3 in 1.20 l solution.
 - (2) 23.2 g CaCl_2 in 2.04 l solution.
 - (3) 36.6 mg K_2SO_4 in 2.50 ml solution.
- (b) Assuming that the salts in part (a) are completely dissociated in aqueous solution, Calculate the molarities of each of the ionic species.
- 4) It is found that 16.00 ml of a solution containing Ni^{2+} is required to react with 0.5210 g of pure KCN according to the equation.
- $$\text{Ni}^{2+} + 4 \text{CN}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{CN})_4^{2-}$$
- Calculate the molarity of the nickel solution.
- 5) Phosphate concentration in water is usually expressed as parts per million PO_4^{3-} by weight (ppm PO_4^{3-}). Thus a solution containing one milligram of PO_4^{3-} in one liter (one Kilogram) of aqueous solution has a concentration of 1 ppm PO_4^{3-} . What is the molarity of a 1.9 ppm PO_4^{3-} solution?
- 6) From the following data Calculate the normalities of the acid and base solution: weight of potassium acid phthalate (KHP). 100% pure, = 0.8234 g; volume of base used = 41.34 ml; volume of acid used in back-titration = 0.72 ml; 1.000 ml acid = 0.976 ml base.

- 7) A sample of pure iron wire weighing 0.2602 g is dissolved in hydrochloric acid. The iron is reduced to Fe^{2+} and titrated with 43.26 ml of potassium dichromate in acid solution. Calculate the normality of the dichromate solution. Reactions:
- $$\text{Fe}^{3+} - \text{Fe}^{2+}; \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} - \text{Cr}^{3+}$$
- 8) A 2.045 g sample of an impure acid required 38.34 ml of 0.0984 N base for titration. Calculate the percentage purity as (a) KHP, (b) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, (c) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Oxalic acid, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, furnishes 2H^+
- 9) A 20.00 ml sample of vinegar having a density of 1.055 g/ml requires 40.34 ml of 0.3024 N base for titration. Calculate the percentage of acetic acid ($\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$) in the sample.
- 10) A 1.600 g sample of an acid having an equivalent weight of 80.0 is titrated with standard base. It is found that the percentage purity is exactly 50.0 times the normality of the base. What volume of base was used in the titration?
- 11) An ore contains 25.0% Fe_2O_3 and 12.0% Fe_3O_4 . What volume of 0.120 N oxidizing agent is required to titrate a 0.600 g sample of the ore? Reaction: $\text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$.
- 12) An ore can be analyzed for MnO_2 by adding excess pure sodium oxalate, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, in acid medium. The following reaction occurs:
- $$\text{MnO}_2 + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- The excess oxalate is titrated with standard KMnO_4 , the oxalate being oxidized to CO_2 and the permanganate reduced to Mn^{2+} . Given the following data: weight sample = 1.000 g; weight $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 0.4020$ g; volume of 0.1000 N $\text{KMnO}_4 = 20.06$ ml. Calculate the percentage of MnO_2 in the sample.
- 13) The silver in a 1.000 g sample is determined by first precipitating the silver as Ag_2CrO_4 . The precipitate is dissolved in acid, excess KI added, and the chromate oxidized Iodide to iodine. The I_2 requires 30.00 ml of 0.0950 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ for titration. Calculate the percentage of silver in the sample.
- Reaction: $\text{CrO}_4^{2-} - \text{Cr}^{3+}; \text{I}^- - \text{I}_2; \text{Na}_2\text{SO}_3 - \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$
- 14) The sulfur in a steel sample is determined by oxidation to SO_3 and absorption of the SO_3 in standard base. The SO_3 from a 0.800 g sample of steel is absorbed in 50.00 ml of 0.0500 N NaOH , and the excess base requires 26.34 ml of 0.0600 N acid for titration. Calculate the percentage of sulfur in the steel.
- 15) A student found that a sample contained 10.0% S. He was told to report his result as SO_3 rather than S. By what factor should he multiply the percentage S to obtain percentage SO_3 ?
- 16) In a Kjeldahl analysis for nitrogen, the element is converted into NH_3 which is then distilled into a measured volume of standard acid. Excess acid is titrated with standard base. The ammonia from a 1.325 g sample of fertilizer is distilled into 50.00 ml of 0.2030 N H_2SO_4 , and 25.32 ml of 0.1980 N NaOH is required for back titration. Calculate the percentage of nitrogen (N) in the sample.
- 17) A sample of impure KI weighing 0.6125 g is dissolved in water, the solution acidified, and 20.00 ml of 0.0500 M KIO_3 (an excess) added. The following reaction occurs (unbalanced):
- $$\text{IO}_3^- + \text{S}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- The Iodine is boiled off, the solution cooled, and an excess of pure KI is added to react with the unused KIO_3 . The iodine produced is titrated with 25.34 ml of 0.1023 N thiosulfate. The following reaction occurs (unbalanced):



Balance the equation and calculate the percentage of KI in the sample.

- 18) A 0.2608 g sample consists of only $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ and KHC_2O_4 . It requires 50.00 ml of 0.0800 N KMnO_4 for titration in acid solution. In an acid-base titration a 0.2698 g sample of the same material requires how many milliliters of a 0.1600 N solution of NaOH ?
 Reaction: $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{CO}_2$; $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$; $\text{HC}_2\text{O}_4^- \rightarrow \text{CO}_2$.
- 19) Factor weight solution. What should be the normality of a solution of an oxidizing agent so that the volume (ml) of titrant divided by 2 gives the percentage Fe_2O_3 in a 0.5000 g sample of the ore?
 Reaction: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$.
- 20) What volume of 0.150 N KMnO_4 is required to react with 5.00 ml of H_2O_2 that has a density of 1.01 g/ml and contains 3.00% by weight H_2O_2 ?
 Reaction: $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$; $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2$.