

บทที่ 18
การเตรียมโปแตสเซียมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟตโดยขบวนการ
แยกด้วยไฟฟ้า
(Electrolytic Preparation of $K_2S_2O_8$)

1. จุดประสงค์ของการทดลอง

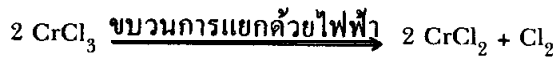
- เตรียมโปแตสเซียมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟตโดยขบวนการแยกทางไฟฟ้า แล้วทดสอบ
- ความสามารถในการออกซิไดซ์ของโปแตสเซียมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) เปรียบเทียบกับการออกซิไดซ์ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

2. บทนำ

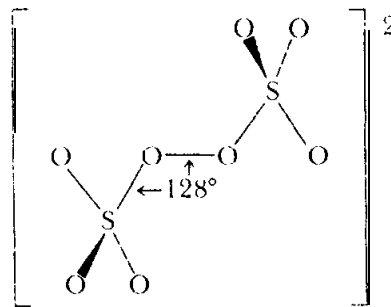
การเตรียมสารเคมีในอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมากโดยขบวนการแยกด้วยไฟฟ้ามีอยู่อย่างแพร่หลาย เช่น การเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ คลอรีน และไฮโดรเจน โดยขบวนการแยกด้วยไฟฟ้าจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในน้ำ หรือเตรียมโลหะโซเดียมและคลอรีนโดยขบวนการแยกด้วยไฟฟ้าจากการหลอมโซเดียมคลอไรด์ที่ปราศจากน้ำ หรือเตรียมโลหะแมกนีเซียมจากขบวนการแยกด้วยไฟฟ้าจากแมกนีเซียมคลอไรด์ และการเตรียมอลูมิเนียมออกไซด์โดยขบวนการของฮอลล์ (Hall process) ซึ่งเป็นการแยกด้วยไฟฟ้าวิธีหนึ่ง และยังมี การเคลือบโลหะโดยขบวนการแยกด้วยไฟฟ้าซึ่งก็ทำกันอย่างแพร่หลาย เช่น การเคลือบด้วย Ag, Au, Pt, Cr, Ni, และ Cu ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเงางามและทนทาน นอกจากนี้จะใช้ขบวนการแยกด้วยไฟฟ้าประยุกต์กับงานทั่ว ๆ ไปแล้ว ในบางครั้งขบวนการนี้ก็จำเป็นสำหรับการเตรียมสารบางชนิด เช่น การเตรียมฟลูออรีน ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงที่สุด ดังนั้นฟลูออไรด์จึงไม่สามารถถูกออกซิไดซ์ไปเป็นฟลูออรีนโดยใช้สารเคมีอื่นไปออกซิไดซ์ อย่างไรก็ตามถ้าเราใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอกใส่เข้าไปฟลูออไรด์ก็จะถูกออกซิไดซ์ได้โดยง่าย โดยทั่วไปแล้วมักใช้เกลือที่หลอมเหลวของโปแตสเซียมไฮโดรฟลูออไรด์ (KHF_2) นอกจากนี้ขบวนการแยกด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีการที่ใช้เสมอในการสังเคราะห์ที่ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นแยกออกได้ยาก เช่น การเตรียมสารละลายโครเมียมคลอไรด์ โดยการรีดิวซ์สารละลายโครมิกคลอไรด์ด้วยโลหะสังกะสี ดังปฏิกิริยา



สำหรับสารละลายโครเมียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นก็จะมีซิงค์คลอไรด์ปนอยู่ด้วยเพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งเจือปนสามารถทำได้โดยการแยกด้วยไฟฟ้าแทน โดยวิธีแยกด้วยไฟฟ้าของสารละลายโครเมียมคลอไรด์ทำให้ได้สารละลายโครเมียมที่บริสุทธิ์

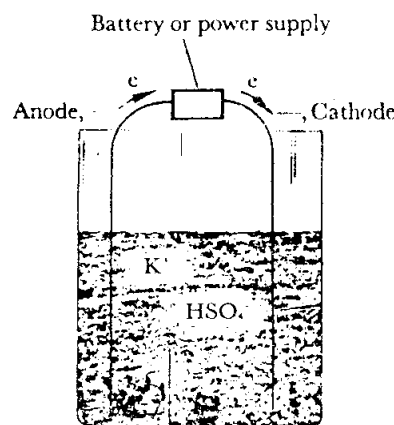


การเตรียมโปแตสเซียมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟต ในการทดลองนี้เป็นการเตรียมโดยขบวนการแยกด้วยไฟฟ้าจากสารละลายผสมของกรดซัลฟูริก และโปแตสเซียมซัลเฟต ซึ่งจากการศึกษาทางเอกซเรย์พบว่า อีออน $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ มีโครงสร้างดังรูปที่ 18.1



รูปที่ 18.1 โครงสร้างของอีออน $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$

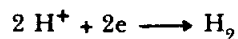
จากการศึกษาทางเอกซเรย์ พบว่าแต่ละอะตอมของซัลเฟอร์จะถูกล้อมรอบด้วยออกซิเจน อะตอม 4 อะตอม เป็นแบบเตตระฮีดรัล และมีมุม $\text{SOO} = 128^\circ$ ในสารละลายผสมของกรดซัลฟูริกและโปแตสเซียมซัลเฟต ที่ทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรไลต์ จะมีอีออนของ K^+ และ HSO_4^- เป็นส่วนประกอบที่เกิดขึ้น เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลายตามรูปที่ 18.2



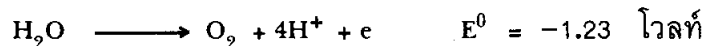
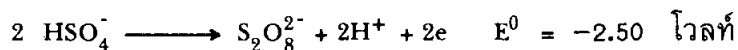
รูปที่ 18.2 ส่วนประกอบของอีออน K^+ และ HSO_4^- ที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

ที่ขั้วบวก (Cathode) จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันให้ก๊าซไฮโดรเจน



ที่ขั้วลบ (anode) จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ HSO_4^- และ H_2O ดังนี้



จากค่า E^0 แสดงว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำ น่าจะเกิดได้ดีกว่าของ HSO_4^- ซึ่งค่า E^0 ในการเกิดออกซิเจน = -1.23 โวลต์ ไม่ได้มาจากการวัดแต่ได้จากการคำนวณจากค่า ΔH^0 , ΔS , และ ΔG ในทางเทอร์โมไดนามิก แต่ในทางปฏิบัติแล้ว การที่จะทำให้ออกซิเจนเกิดจากน้ำนั้นจะต้องใช้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มากกว่า -1.23 โวลต์ ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาช้าและไม่ย้อนกลับ เพราะฉะนั้นในปฏิกิริยาช้าทางจลนศาสตร์ (Kinetically) จึงต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มาก (overvoltage) ก่อนที่ออกซิเจนจะเกิดขึ้น ซึ่งอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ นี้จะมีผลอย่างมากจากสารที่นำมาทำเป็นขั้วไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดออกซิเดชัน ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มากสำหรับขั้วไฟฟ้าที่เกิดออกซิเจนในสารละลาย 1 M โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ขึ้นอยู่กับสารที่ทำเป็นขั้วลบ เมื่อให้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ดังขั้วลบที่ใช้สารต่อไปนี้

| ขั้วลบ (anode) | แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มาก (overvoltage) |
|----------------|-------------------------------------|
| Ni | 0.87 |
| Cu | 0.84 |
| Ag | 1.14 |
| Pt | 1.38 |

จะเห็นว่าค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มากของขั้วไฟฟ้าข้างต้นขึ้นอยู่กับสารที่ทำเป็นขั้วลบ และจากค่าที่แตกต่างกันสามารถทำนายได้ว่าควรใช้ขั้วไฟฟ้าที่ทำจากสารใด ในปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้น ๆ

อย่างไรก็ตามแม้ว่าเราจะคุ้นเคยต่อการศึกษาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มาก แต่ก็เข้าใจปรากฏการณ์ของมันน้อยมาก เช่น นักเคมีสังเคราะห์ต้องการให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มากสำหรับออกซิเจน ดังนั้นจึงทำให้เกิดออกซิเดชันของสารอื่น ๆ ในน้ำได้ โดยออกซิเจนจะไม่เกิดขึ้นถ้าให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มาก เพราะฉะนั้น จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า Pt เหมาะที่จะใช้เป็นขั้วลบสำหรับการเตรียม $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$

เพื่อที่จะให้ได้ผลของ $K_2S_2O_8$ มากที่สุด นั่นคือ ออกซิเจนจะต้องเกิดน้อยที่สุด จะต้องปรับสภาวะของสารละลายไฟฟ้าให้ออกซิเจนมีค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ามาก ซึ่งจะพบว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มากอันนี้ จะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงต้องใช้กระแสไฟฟ้าสูง ถ้าทำให้สารละลายไฟฟ้ามีอุณหภูมิต่ำ อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะลดลง เพราะฉะนั้นการเกิดออกซิเดชันของน้ำจึงลดลงทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มากของออกซิเจนเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นที่อุณหภูมิต่ำ ๆ นั้น อีออนของ $S_2O_8^{2-}$ จะเกิดได้ดีกว่า O_2 และถ้าใช้สารละลายไฟฟ้าของ HSO_4^- ที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้เกิด $K_2S_2O_8$ มากที่สุด

ดังนั้นการเตรียม $S_2O_8^{2-}$ จาก HSO_4^- ควรทำดังนี้

- 1) ใช้ Pt เป็นขั้วไฟฟ้า
- 2) ให้กระแสไฟฟ้าที่มีความหนาแน่นสูง
- 3) ทำการทดลองที่อุณหภูมิต่ำ ๆ
- 4) ใช้สารละลายอิมตัวของ HSO_4^-

การเตรียมสารโดยการแยกด้วยไฟฟ้านั้น พบเสมอว่า ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบแล้วเกิดการแพร่ (diffuse) ไปยังขั้วบวก ในที่สุดเกิดการรีดิวซ์ไปเป็นสารเดิม ดังนั้นเพื่อป้องกันการรีดิวซ์ไปเป็นสารเดิม โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะแยกขั้วบวกและขั้วลบออกจากกัน และเชื่อมขั้วไฟฟ้าทั้งสองด้วยบริดจ์ (bridge) เช่น ในการทดลองเตรียม $S_2O_8^{2-}$ ที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบอาจจะเกิดการแพร่ไปยังขั้วบวก ดังนั้นก็จะถูกรีดิวซ์ไปเป็น HSO_4^- แทนที่ แต่เนื่องจาก $K_2S_2O_8$ ไม่ค่อยละลายน้ำ จึงตกตะกอนลงมาก่อนที่จะไปถึงขั้วบวก และในการทดลองแบบนี้ใช้ลวด Pt ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เกจ (gauge) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0644 ตารางเซนติเมตร และความยาวของลวดแพลตินัมที่จุ่มลงในสารละลาย HSO_4^- สามารถคำนวณได้จาก ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า} = \frac{\text{แอมแปร์}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของขั้วลบ}}$$

ถ้าใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 1.0 แอมแปร์ ผ่านเข้าไปในขั้วลบ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลาย ให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไหลผ่านสารละลาย ϵ วินาที คิดเป็นปริมาณไฟฟ้า Q คูลอมป์ และปริมาณไฟฟ้า 96500 คูลอมป์ สามารถออกซิไดซ์ หรือรีดิวซ์สารตั้งต้นได้ 1 สมมูล (equivalent)

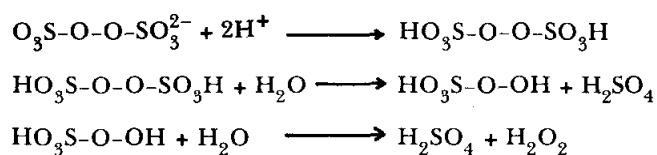
ดังนั้นผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ทางทฤษฎีจะเป็น ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ผลที่ได้ทางทฤษฎี} &= \frac{\text{ปริมาณไฟฟ้าที่ไหลผ่าน} \times \text{น้ำหนักสมมูล}}{96500 \text{ คุลอมป์/สมมูล}} \\ &= \frac{It}{96500} \times \text{น้ำหนักสมมูล} \end{aligned}$$

เนื่องจากผลที่ได้จริงมักจะน้อยกว่าทางทฤษฎี เพราะอาจจะเกิดปฏิกิริยาอื่นปนอยู่ด้วย โดยทั่วไป การหาอัตราร้อยละของผลิตภัณฑ์ในทางเคมีไฟฟ้าที่เรียกว่า ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า (current efficiency) คิดเป็น

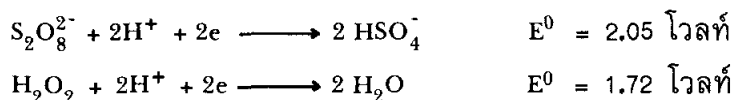
$$\text{อัตราร้อยละ} = \text{ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า} = \frac{\text{ผลที่ได้จริง}}{\text{ผลที่ได้ทางทฤษฎี}} \times 100$$

เกลือของเปอร์ออกซิไดซัลเฟตไอออน, $S_2O_8^{2-}$ จะมีความเสถียรมาก แต่ถ้าละลายในกรดจะให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังปฏิกิริยา

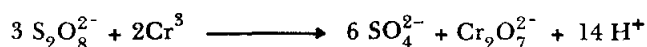


ภายใต้สภาวะที่แน่นอนสามารถหยุดปฏิกิริยาในขั้นมัธยันตร์ (intermediate) ซึ่งเกิดกรดเปอร์ออกซิโมโนซัลฟูริก, HO_3SOOH ได้ แต่ในการเตรียมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทางการค้า ปฏิกิริยาจะเกิดต่อไปจนสมบูรณ์ และทำการกลั่นเอาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกมาได้

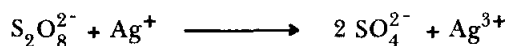
ไอออน $S_2O_8^{2-}$ เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงมากที่สุดตัวหนึ่ง ซึ่งแรงกว่า H_2O_2 ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



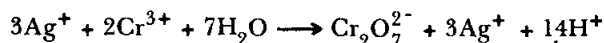
นอกจากนี้ $S_2O_8^{2-}$ ยังสามารถออกซิไดซ์ธาตุอีกหลายชนิดให้มีออกซิเดชันสเตทสูงสุดของธาตุนั้น ๆ ได้ เช่น ออกซิไดซ์ Cr^{3+} ไปเป็น $Cr_2O_7^{2-}$ ดังสมการ



ส่วนมากแล้วการออกซิไดซ์ของ $S_2O_8^{2-}$ นั้น ปฏิกิริยามักจะเกิดช้า แต่ถ้าเติมสารที่ตัวเร่ง เช่น ซิลเวอร์ไอออน Ag^+ จะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเร็วขึ้น ซึ่งกลไกของปฏิกิริยาที่เร่งด้วย Ag^+ เป็นดังนี้

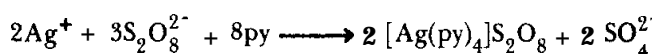


และ Ag^{3+} จะเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับ Cr^{3+} เป็น $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ดังปฏิกิริยา



รายละเอียดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเหล่านี้ยังไม่ทราบชัด แต่ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของ $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ จะเริ่มต้นด้วยการแตกพันธะ O-O ใน $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ เสมอ ซึ่งจะให้อนุมูลของอออนลบ, SO_4^- ที่เกิดปฏิกิริยาได้เร็วมาก และจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไป

$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ มีความสามารถในการออกซิไดซ์สูงมาก จึงทำให้สังเคราะห์สารประกอบของซิลเวอร์ที่มีออกซิเดชันสเตทเท่ากับ +2 ได้ ซึ่งปกติแล้วจะไม่เสถียร เช่น ในการสังเคราะห์สารประกอบเตตระไพริดีนซิลเวอร์ (II) เปอร์ออกโซไดซัลเฟต, $[\text{Ag}(\text{pyridine})_4]\text{S}_2\text{O}_8$ ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



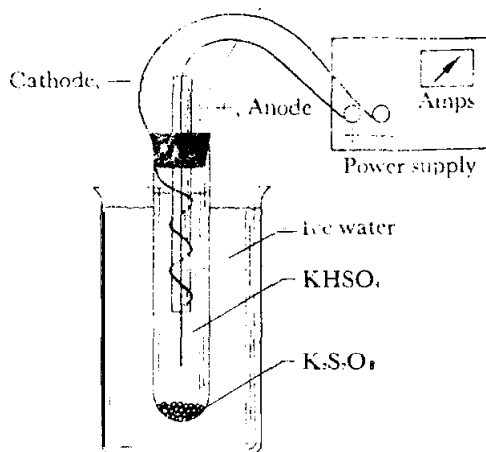
ซึ่งอออนบวก, $\text{Ag}(\text{py})_4^+$ มีโครงสร้างเป็นระนาบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (square planar) ซึ่งคล้ายกับ $\text{Cu}(\text{py})_4^{2+}$

3. การทดลอง

3.1 การเตรียมโปแตสเซียมเปอร์ออกโซไดซัลเฟต

3.1.1 สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้

เตรียมอิเล็กโทรไลซิสเซลล์ ตามรูปที่ 18.3



รูปที่ 18.3 อิเล็กโทรไลซิสเซลล์ ซีสเซลล์

ที่ขั้วลบ ใช้ลวดแพลตินัมขนาด 22 เกจ อยู่ในแท่งแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และให้ความยาวของเส้นลวดแพลตินัมสัมผัสกับสารละลายประมาณ 6 เซนติเมตร

ที่ขั้วบวก ใช้ลวดแพลตินัมพันรอบแท่งแก้ว ตามรูป 18.3 จุ่มขั้วไฟฟ้าโดยยึดด้วยจุกคอร์ก หรือจุกยาง ลงในหลอดทดลองที่มีขนาด 2×20 เซนติเมตร ต่อขั้วบวกและขั้วลบเข้ากับเครื่องกำเนิดพลังงาน (power supply) ซึ่งสามารถปรับกระแสไฟฟ้าได้ เพื่อความสะดวกใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 1.0 แอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ในการเตรียม $K_2S_2O_8$

3.1.2 วิธีเตรียมโปแตสเซียมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟต

เตรียมสารละลายอิมตัวของ $KHSO_4$ โดยผสมกรดซัลฟูริกเข้มข้นปริมาณ 60 มิลลิลิตร กับน้ำ 150 มิลลิลิตร ในปิกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร อุณหภูมิให้ร้อนก่อนเติม K_2SO_4 ขณะที่เติม K_2SO_4 ให้คนตลอดเวลาจน K_2SO_4 ไม่ละลายอีกต่อไป นำสารละลายนั้นไปทำให้เย็นที่ศูนย์องศาในภาชนะทำความเย็น (ice bath) เป็นเวลา 1 คืน เพื่อให้แน่ใจว่า K_2SO_4 ที่มากเกินไปตกตะกอนอย่างสมบูรณ์ รินส่วนที่เป็นสารละลาย (supernatant) ลงในอิเล็กโทรไลซิสเซลล์ แล้วจุ่มลงในภาชนะทำความเย็น ตามรูป 18.3 ให้กำลังไฟฟ้าเข้าไปด้วยเครื่องให้กำลังไฟฟ้าพร้อมกับจับเวลาปรับกระแสให้มีความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบเป็นเวลา 30–45 นาที ในระหว่างนี้จะได้ผลึกสีขาวของ $K_2S_2O_8$ ตกลงมากที่ก้นหลอดทดลอง เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงสิ้นสุดเวลาที่ต้องการแล้ว ปฏิกริยาจะเกิดซ้ำลงจน HSO_4^- ลดลง

หลังปฏิกริยาสิ้นสุดปิดเครื่องกำเนิดพลังงาน และบันทึกเวลาที่ทำการทดลองกรองผลึกของ $K_2S_2O_8$ ด้วยกรวยบุชเนอร์ ล้างผลึกด้วย 95% เอทานอล แล้วตามด้วยเอทิลเอเธอร์ทิ้งไว้จนแห้ง ชั่งน้ำหนักและคำนวณผลที่ได้จากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านและเวลา คำนวณหาประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า

3.2 ศึกษาปฏิกริยาของโปแตสเซียมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟต, $K_2S_2O_8$

เตรียมสารละลายอิมตัวของ $K_2S_2O_8$ โดยการละลาย 0.75 กรัม ของ $K_2S_2O_8$ ในน้ำด้วยปริมาตรน้อยที่สุด แล้วนำสารละลายที่เตรียมได้ทำปฏิกริยากับสารละลาย ดังต่อไปนี้

- 1) ละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ในสภาพที่เป็นกรด อุณหภูมิ
- 2) ละลายแมงกานีสซัลเฟต, $MnSO_4$ ในกรดซัลฟูริกเจือจาง ที่เติม 1 หยดของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต อุณหภูมิ
- 3) สารละลายโครมิกซัลเฟต, $Cr_2(SO_4)_3$ ในกรดซัลฟูริกเจือจางที่เติม 1 หยดของซิลเวอร์ไนเตรต อุณหภูมิ

4) สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต

ให้เปรียบเทียบปฏิกิริยาจาก 1)–4) กับปฏิกิริยาที่ใช้ 30% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แทน $K_2S_2O_8$

3.3 การเตรียมเคเตระไพริดีนซิลเวอร์ (II) เปอร์ออกโซไดซัลเฟต, $[Ag(py)_4]S_2O_8$

ใช้สารละลาย $K_2S_2O_8$ ที่เตรียมได้จาก 3.2 มา 2 กรัม ละลายในน้ำ 135 มิลลิลิตร และละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.16 กรัม ด้วยน้ำ 3.2 มิลลิลิตร เติมด้วยไพริดีน 1.4 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เทสารละลายผสมนี้ลงในสารละลาย $K_2S_2O_8$ ที่เตรียมไว้ ตั้งสารละลายไว้ 30 นาที จะได้ตะกอนสีเหลือง กรองตะกอนโดยการกรองแบบซัคชัน (suction filter) ดังรูปที่ 6.1 (บทที่ 6) ล้างตะกอนด้วยน้ำปริมาณเล็กน้อยและตั้งให้แห้งในเดซิเคเตอร์ กำหนดอัตราร้อยละของผลิตภัณฑ์และนำไปวัดสเปกตรัมในช่วงอินฟราเรด (infrared) โดยการทำนุจอลมัล (Nujol mull) ตามการทดลองบทที่ 5

คำถามท้ายบท

- 1) จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของ $K_2S_2O_8$ และ H_2O_2 กับสารต่อไปนี้ KI , $MnSO_4$, $Cu_2(SO_4)_3$ และ $AgNO_3$
- 2) จงคำนวณหาอัตราเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ $[Ag(py)_4]S_2O_8$
- 3) จงเขียนโครงร่างตาม ลิววิส โดอะแกรมของ $S_2O_8^{2-}$ อีออน
- 4) จงอธิบายว่าทำไมสารประกอบเชิงซ้อนของ $Ag(py)^{2+}$ ไม่มีสี และ $Ag(py)_4^{2+}$ มีสี
- 5) จากศักย์ออกซิเดชันมาตรฐานของ $S_2O_8^{2-}$ และ H_2O ท่านคิดว่า $S_2O_8^{2-}$ สามารถออกซิไดซ์น้ำได้เป็น O_2 และ H^+ ได้หรือไม่ จงอธิบายเหตุผลตามความคิดของท่านว่าปฏิกิริยานี้ควรเกิดหรือไม่
- 6) จงบอกสูตรของสารประกอบอื่นที่ประกอบด้วย Ag^{2+} อีออน นอกเหนือจาก $[Ag(Py)_4]S_2O_8$
- 7) จงเขียนปฏิกิริยาทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดอิเล็กโทรไลซิสของสารละลาย $KHSO_4$
- 8) ในการเตรียม $K_2S_2O_8$ ท่านสามารถใช้ K_2SO_4 และ $KHSO_4$ ได้หรือไม่ เพราะอะไร
- 9) ในการทำอิเล็กโทรไลซิส ทำไมขั้วบวกและขั้วลบให้อยู่ใกล้กันมากไม่ได้
- 10) ถ้าใช้เส้นลวดทองแดงแทนแพลตินัม ในการเตรียม $K_2S_2O_8$ เกิดขึ้นได้หรือไม่ อธิบาย