คู่มือปฏิบัติงาน

การเตรียมความพร้อมในการทำปฏิบัติการปฏิกิริยาเคมีของแคตไอออนและแอนไอออนบางชนิดในสารละลาย

ปรับปรุงครั้ง	1/2564
วันที่อนุมัติใช้	30 กันยายน 2564
จัดทำโดย	นางยุพิณ ฤทธิ์อ่อน
สอบทานโดย	อาจารย์สุธิดา ทองคำ
อนุมัติโดย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ ไกรเนตร์

คำนำ

คู่มือการปฏิบัติงาน การเตรียมความพร้อมในการทำปฏิบัติการปฏิกิริยาเคมีของแคตไอออนและแอนไอออนบางชนิดในสารละลายจัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานด้านการเตรียมความพร้อมของบทปฏิบัติการเคมีของแคตไอออนและแอนไอออนบางชนิดในสารละลายในรายวิชาเคมีวิเคราะห์ ของบุคลากร โดยมีการให้ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องแก้ว และสารเคมีที่ต้องใช้ในการทำปฏิบัติการ

ผู้จัดทำหวังว่าคู่มือเล่มนี้จะสามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นและสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

นางยุพิณ ฤทธิ์อ่อน
ผู้ปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
1.ความเป็นมา	1
2.วัตถุประสงค์	1
3.ขอบเขต	1
4.คำจำกัดความ	1
5.หน้าที่ความรับผิดชอบ	1
6.มาตรฐานคุณภาพงาน	2
7. ขั้นตอนการทำงาน	3
8. เอกสารอ้างอิง	4
9. แบบฟอร์มที่ใช้	4
10.การควบคุมเอกสาร	4
11.ข้อมูลสารสนเทศ	4
12. ข้อเสนอแนะ	4
13. ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก : ข้อควรปฏิบัติและความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี	5
ภาคผนวก ข : รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์	9
ภาคผนวก ค : รายการสารเคมีที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์	10
ภาคผนวก ง : เครื่องมือที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์	14
ภาคผนวก จ : บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์	17
ภาคผนวก ฉ : แบบฟอร์มการเบิกจ่ายอุปกรณ์ ,สารเคมี	46

ชื่อคู่มือ

คู่มือการปฏิบัติงาน เรื่อง การเตรียมความพร้อมในการปฏิบัติการ

วิเคราะห์แคตไอออน-แอนไอออนในสารละลาย

1. ความเป็นมา

การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมีเป็นการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับเตรียมอุปกรณ์-เครื่องแก้ว สารเคมี และเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในปฏิบัติการต่างๆ ของนักศึกษาในสาขาวิชาเคมีของรายวิชาต่างๆ สำหรับคู่มือเล่มนี้เป็นการนำเสนอในส่วนของ การเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ เครื่องแก้ว และเทคนิคการเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์แคตไอออน-แอนไอออนในสารละลาย ในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามมาตรฐานและแนวปฏิบัติเดียวกัน
2. เพื่อให้เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมีทราบเกี่ยวกับงานที่ต้องปฏิบัติ วิธีการปฏิบัติ ความรู้ความเข้าใจในงานที่ต้องปฏิบัติ และการประสานงานต่าง ๆ
3. เพื่อให้เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมีทราบและเข้าใจและปฏิบัติตามได้

3. ขอบเขต

ครอบคลุมการเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี ที่ใช้ในปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

4. คำจำกัดความ

1. อุปกรณ์-เครื่องแก้ว หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น บีกเกอร์ กระบอกตวง ขวดวัดปริมาตร

2. สารเคมี หมายถึง สารเคมี คือวัสดุใดๆ ที่สามารถระบุองค์ประกอบทางเคมีที่แน่นอนได้เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดไฮโดรคลอริก

5. หน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

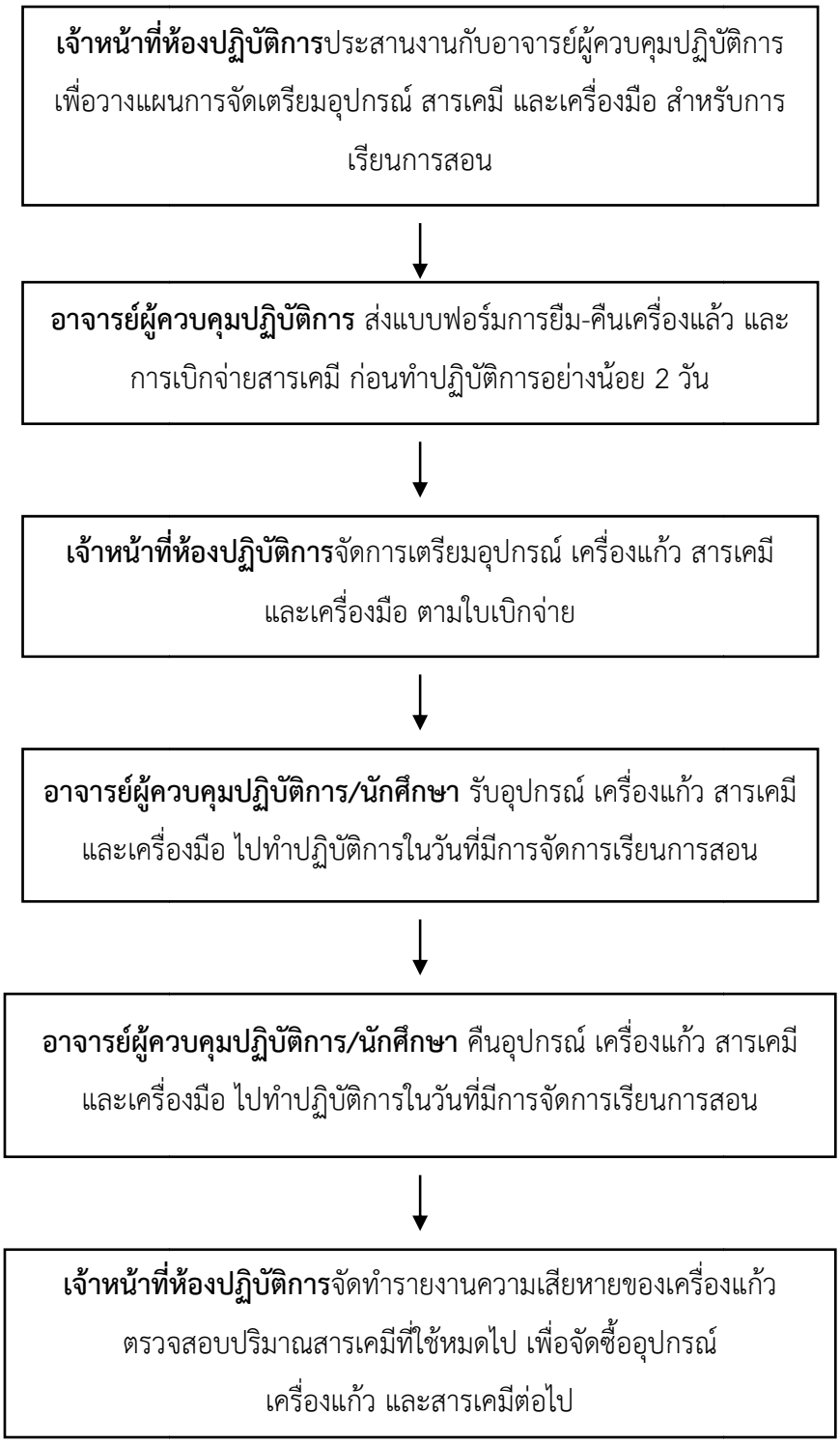
1. ประสานงานกับอาจารย์นักศึกษา นักวิจัย และผู้ที่เกี่ยวข้อง
2. จัดเตรียมอุปกรณ์-เครื่องแก้วต่าง ๆที่จำเป็นต้องใช้ในปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
3. จัดเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
4. จัดเตรียมความพร้อมของเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

6.มาตรฐานคุณภาพงาน

1. ตัวชี้วัด : ความพร้อมในการเตรียมอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือ รายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
2. เกณฑ์การให้คะแนน

2.1 ความพร้อม ร้อยละ 60	มีค่าเท่ากับ	1 คะแนน
2.2 ความพร้อม ร้อยละ 70	มีค่าเท่ากับ	2 คะแนน
2.3 ความพร้อม ร้อยละ 80	มีค่าเท่ากับ	3 คะแนน
2.4 ความพร้อม ร้อยละ 90	มีค่าเท่ากับ	4 คะแนน
2.5 ความพร้อม ร้อยละ 100	มีค่าเท่ากับ	5 คะแนน

7. ผังขั้นตอนปฏิบัติงาน



8. เอกสารอ้างอิง

กิตติมา ฉัตรวงศ์วาน และคณะ. ม.ป.ป. **ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เชิงปริมาณ.** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุนเจือ โล่สุวรรณ และคณะ. 2543. **ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

9. แบบฟอร์มที่ใช้

- แบบฟอร์มการเบิกจ่ายสารเคมี
- แบบฟอร์มการยืม-คืน อุปกรณ์เครื่องแก้ว

10. การควบคุมเอกสาร

ที่	ชื่อเอกสาร	การจัดเก็บ	ผู้รับผิดชอบ
1	คู่มือการปฏิบัติงาน การเตรียมความพร้อมในการทำปฏิบัติการ ปฏิกิริยาเคมีของแคตไอออนและแอนไอออนบางชนิดในสารละลาย	- เอกสาร - ไฟล์	ผู้ปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์

11.ข้อมูลสารสนเทศในการปฏิบัติงาน

-

12.ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาคู่มือก่อนใช้งาน เพื่อทำความเข้าใจการปฏิบัติงาน
2. ควรศึกษาวิธีการใช้สารเคมี เอกสารข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data Sheet, SDS) เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

13. ภาคผนวก

ภาคผนวก ก : ข้อควรปฏิบัติและความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี

ภาคผนวก ข : รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ภาคผนวก ค : รายการสารเคมีที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ภาคผนวก ง : เครื่องมือที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ภาคผนวก จ : บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ภาคผนวก ฉ : แบบฟอร์มการเบิกจ่ายอุปกรณ์ ,สารเคมี

ภาคผนวก ก.

1. ข้อควรปฏิบัติและความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี

1.1. การดำเนินการทั่วไป

อาจารย์และเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการ ต้องรับทราบนโยบายด้านความปลอดภัยของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น และรวมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการให้แก่นักศึกษาที่เข้าทำการทดลองหรือวิจัย อาจารย์และเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการต้อง

ดำเนินการดังนี้

1) อ่านคู่มือความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

2) ทราบตำแหน่งของอุปกรณ์ช่วยเหลือ และวิธีการปฏิบัติตนที่ถูกต้องเมื่อสัมผัสกับสารเคมี

3) ทราบวิธีการกำจัดของเสียที่เหมาะสม เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

4) ตรวจสอบว่าภาชนะบรรจุสารเคมีแต่ละตัว มีป้ายและฉลากที่ถูกต้อง และชัดเจน

5) ตรวจสอบการใช้เครื่องมือ ต้องเป็นไปตามลักษณะการใช้งานที่แท้จริงของเครื่องมือนั้นๆ

6) รายงานการเกิดอุบัติเหตุใดๆ ที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการแก่ผู้บังคับบัญชาโดยทันที

1.2. ข้อปฏิบัติในการทำงานในห้องปฏิบัติการ

1) ไม่ควรปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการโดยลำพัง โดยเฉพาะกรณีที่ต้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารอันตราย

2) สวมเสื้อคลุมปฏิบัติการที่พอดีตัว ติดกระดุมตลอดเวลารวมทั้งสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลตามความเหมาะสมทุกครั้งขณะทำการทดลอง

3) ห้ามมิให้นำอาหาร เครื่องดื่ม เข้ามาเก็บหรือรับประทานในห้องปฏิบัติการ

4) ห้ามนำเครื่องแก้ว หรือภาชนะที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ไปใช้เพื่อการปรุงอาหาร

5) ห้ามนำเด็กและสัตว์เลี้ยงเข้ามาในห้องปฏิบัติการ

6) ขณะอยู่ในห้องปฏิบัติการ

- ห้ามรบกวนผู้ที่กำลังปฏิบัติการวิจัยทดลอง
- ห้ามใช้เครื่องมือผิดประเภท
- ห้ามหยิบอุปกรณ์หรือเครื่องมือวิจัยของผู้อื่นก่อนได้รับอนุญาต
- ห้ามวิ่งเล่นหยอกล้อกัน
- ห้ามใช้อ่างน้ำในห้องปฏิบัติการล้างจานหรือแก้วน้ำ
- ห้ามสูบบุหรี่
- ห้ามทำกิจกรรมการแต่งใบหน้า

- ต้องสวมรองเท้าที่ปิดหน้าเท้าและ/หรือส้นเท้าตลอดเวลา ห้ามสวมรองเท้าแตะ
- รวบผมให้เรียบร้อยขณะทำปฏิบัติการ

7) นักศึกษาต้องลงชื่อเข้า-ออกห้องปฏิบัติการทุกครั้งที่เข้าใช้ห้องปฏิบัติการ

8) ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้ง เมื่อเลิกใช้ห้องปฏิบัติการ

9) ต้องลงบันทึกการใช้งาน (log book) เมื่อมีการใช้เครื่องมือ

10) รักษาพื้นที่ทำวิจัยส่วนตนและส่วนรวมให้สะอาดเรียบร้อยและห้ามวางของเกะกะ

11) ล้างมือทุกครั้งก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ

12) ห้ามปิดกั้นทางออก และทางเข้าถึงเครื่องมือรับเหตุฉุกเฉิน หรือแผงไฟ

1.3. การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

1.3.1. ข้อปฏิบัติทั่วไป

1) ห้ามใช้เปลวไฟในการให้ความร้อนแก่ของเหลวไวไฟ หรือในขบวนการกลั่น (distillation)

2) ให้ความระมัดระวังในการจุดไฟในห้องปฏิบัติการ ดับไฟทันทีเมื่อเลิกใช้งาน ไม่ควรปล่อยให้ไฟติดทิ้งไว้โดยไม่มีคนดู

3) ก่อนที่จะทำการจุดไฟ ควรย้ายวัสดุไวไฟออกจากบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้ควรแน่ใจว่าได้ปิดภาชนะที่บรรจุของเหลวไวไฟอย่างดีแล้ว

4) ควรเก็บสารเคมีไวไฟในตู้สำหรับเก็บสารเคมีไวไฟโดยเฉพาะ

5) ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ ในกรณีที่มีสารระเหยไวไฟ (Volatile flammablematerial)

6) ควรใช้ตู้ดูดควันในการถ่ายเท ผสม หรือ ให้ความร้อนสารเคมี

7) กรณีสามารถเลือกใช้สารเคมีได้ควรเลือกใช้สารเคมี ที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุด ในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่พึงกระทำได้

8) อ่านคู่มือ และเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ เมื่อต้องปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารก่อมะเร็ง

9) กรณีเกิดกลิ่นผิดปกติในห้องปฏิบัติการควรแจ้งให้อาจารย์หรือเจ้าหน้าที่ทราบโดยทันที

1.3.2. ข้อพึงปฏิบัติเมื่อต้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

1) ทราบอันตรายของสารเคมีที่ตนต้องใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถทราบได้จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (Material safety data sheets) หรือ MSDS

2) ทราบสถานที่และวิธีการเก็บรักษาสารเคมีที่เหมาะสม

3) ทราบวิธีการเคลื่อนย้ายสารเคมีภายในห้องปฏิบัติการ

4) ทราบวิธีการใช้เครื่องป้องกันตนเองที่เหมาะสมต่อสารเคมี

5) ทราบจุดเก็บ และวิธีใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในกรณีสัมผัสสารเคมี

6) ทราบแนวทางการปฏิบัติในกรณีเกิดอุบัติเหตุ เช่น เส้นทางออกจากห้องปฏิบัติการ วิธีปฏิบัติตนเมื่อสัมผัสสารเคมีอันตราย รวมถึงแนวทางการจัดการของเสีย

1.3.3. สุขอนามัยบุคคล (Personal hygiene)

1) หากผิวหนังถูกสัมผัสโดยสารเคมี ต้องล้างออกโดยทันทีด้วยน้ำประปา หรือน้ำสะอาดอย่างน้อย 15 นาที

2) หลีกเลี่ยงการสูดดมไอระเหยของสารเคมี ห้ามทดสอบชนิดของสารเคมีโดยการดมกลิ่นโดยตรงอย่างเด็ดขาด

3) ห้ามใช้ปากดูดปิเปต ให้ใช้อุปกรณ์ประกอบ เช่น ลูกยาง

4) เมื่อเลิกปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ควรล้างมือด้วยสบู่ และน้ำสะอาด

5) ห้ามดื่ม กิน เคี้ยวหมากฝรั่ง สูบบุหรี่ หรือ แม้แต่ทาเครื่องสำอางในห้องปฏิบัติการ

6) ห้ามนำเครื่องดื่ม อาหาร บุหรี่ และเครื่องสำอางเข้ามาเก็บในบริเวณห้องปฏิบัติการ

7) ห้ามใช้เครื่องไมโครเวฟในห้องปฏิบัติการเพื่อเตรียมกาแฟ อาหาร รวมทั้งห้ามใช้ตู้เย็นในห้องปฏิบัติการเพื่อเก็บอาหาร เช่นกัน

8) ควรช่วยกันรักษาความสะอาดของพื้นที่ทำงาน ทำความสะอาดพื้นที่ทำงานทุกครั้งเมื่อเสร็จภารกิจในแต่ละวัน

9) ควรทิ้งขยะ และของเสียในภาชนะที่จัดเตรียมไว้

10) ควรแยกเครื่องแก้วแตก ในภาชนะรองรับที่แยกต่างหากจากของเสียอื่นๆ

11) ไม่ควรเก็บสารเคมีในบริเวณทางเดิน บันไดหรือวางบนพื้น ควรเก็บในพื้นที่ที่จัดไว้โดยเฉพาะ

12) ภาชนะบรรจุสารเคมีทุกขวด ควรมีป้ายฉลากที่ชัดเจน

13) ของเสียที่เป็นสารเคมีควรแยกเก็บ พร้อมติดป้ายฉลากระบุชนิดของสารเคมีให้ชัดเจน

14) จัดให้มีการทำความสะอาดห้องปฏิบัติการเป็นประจำ กรณีที่มีการหกของสารเคมีต้องทำความสะอาดโดยทันที

1.4. สัญลักษณ์เตือนความเป็นอันตราย

ก่อนอื่นผู้ใช้สารเคมีควรทำความเข้าใจกับสัญลักษณ์เตือนความเป็นอันตรายที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน พบเห็นได้ที่ภาชนะทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่บรรจุสารเคมีหรือของเสีย และบนพาหนะขนส่งสารเคมีและของเสีย สัญลักษณ์เหล่านี้มาจากระบบการจำแนกความเป็นอันตรายที่แตกต่างกัน ซึ่งมีจุดประสงค์ของการสื่อสารที่แตกต่างกันเล็กน้อย ระบบสัญลักษณ์ทุกระบบที่กำหนดขึ้นมานั้นจะใช้การสื่อสารด้วยรูปภาพเพื่อให้สามารถเข้าใจความเป็นอันตรายของสารนั้นๆ ได้ง่ายขึ้น เช่น

ภาพที่ 1 สัญลักษณ์เตือนความเป็นอันตรายตามระบบ GHS

ภาคผนวก ข : รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

บีกเกอร์

beaker

หลอดทดลอง

test tube

ขวดฉีดน้ำ

polyethylene wash bottle

ลวดแพลทตินัม

Pt-wire

แท่งแก้วคนสาร

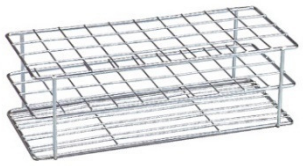
stirring rod

ชามระเหย

evaporating dish

ที่จับหลอดทดลอง

test tube holder



ที่ตั้งหลอดทดลอง

test tube rack

กระจกนาฬิกา

watch glass

หลอดหยด

medicine dropper

แปรง

test tube brush

เครื่องปั่นเหวี่ยง

centrifuge

ขวดรีเอเจนต์

reagent bottle

ภาพที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ภาคผนวก ค : รายการสารเคมีที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

1. ปฏิกิริยาเคมีของแคตไอออนบางชนิดในสารละลาย (Reaction of some Cation in solution)

1.1 อุปกรณ์

1.1.1 หลอดทดลอง (test tube)
1.1.2 ลวดนิโครม
1.1.3 แท่งแก้ว (stirring rod)
1.1.4 แท่นให้ความร้อน (hot plate)
1.15 หลอดหยด (dropper)
1.1.6 อ่างน้ำร้อน (water bath)
1.1.7 กระดาษลิตมัส (litmus paper)
1.1.8 เครื่องเหวี่ยง (centrifuge)
1.1.9 ตะเกียงแอลกอฮอล์หรือตะเกียงบุนเซน
1.1.10 ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (test tube rack)

1.2 สารเคมี

1.1.1 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ; 3 M HCl
วิธีการเตรียม : ปิเปต HCl 24.8 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.2 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ; 6 M HCl
วิธีการเตรียม : ปิเปต HCl 49.7 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.3 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ; Conc.HCl)

1.1.4 สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ; 6 M HNO_3
วิธีการเตรียม : ปิเปต HNO_3 37.5 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.5 กรดไนตริกเข้มข้น ; Conc. HNO_3)

1.1.6 สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ; 2 M H_2SO_4
วิธีการเตรียม : ปิเปต H_2SO_4 11.1 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.7 สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ; 6 M H_2SO_4
วิธีการเตรียม : ปิเปต H_2SO_4 33.3 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.8 สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ; Conc. H_2SO_4

1.1.9 สารละลายกรดแอซิติก (CH_3COOH) ; 2 M CH_3COOH
วิธีการเตรียม : ปิเปต (CH_3COOH) 11.7 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.10 สารละลายกรดแอซิติก (CH_3COOH) ; 6 M CH_3COOH
วิธีการเตรียม : ปิเปต (CH_3COOH) 35.2 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.11 สารละลายแอมโมเนีย (NH_3) ; 4 M NH_3
วิธีการเตรียม : ปิเปต (NH_3) 2.6 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.12 แอมโมเนีย conc. NH_3

1.1.13 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ; 6 M NaOH

วิธีการเตรียม : ชั่ง NaOH 24 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.14 สารละลายโพแทสเซียมโครเมต (K_2CrO_4) ; 1 M K_2CrO_4

วิธีการเตรียม : ชั่ง K_2CrO_4 19.4กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.15 สารละลายไธโออะเซตาไมด์ (CH_3CSNH_2) ; 10% CH_3CSNH_2

วิธีการเตรียม : ชั่ง CH_3CSNH_2 10 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.16 สารละลายแอมโมเนียมแอซิเตต (CH_3COONH_4) ;0.5 M CH_3COONH_4

วิธีการเตรียม : ชั่ง CH_3COONH_4 3.8 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.17 สารละลายโพแทสเซียมเฟอโรไซยาไนด์ ($K_4[Fe(CN)_6]$) ; 0.2 M $K_4[Fe(CN)_6]$

วิธีการเตรียม : ชั่ง $K_4[Fe(CN)_6]$ 8.4 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.18 สารละลายสแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) ; 0.2 M $SnCl_2$

วิธีการเตรียม : ชั่ง $SnCl_2$ 2.72 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.19 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ; 2 M NH_4Cl

วิธีการเตรียม : ชั่ง $SnCl_2$ 2.72 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.20 สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) ; 0.2 M Na_2S

วิธีการเตรียม : ชั่ง Na_2S 4.80 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.21 สารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนตอิ่มตัวในเอทานอล(NH_4SCN) ; Sat. NH_4SCN

วิธีการเตรียม : เติม NH_4SCN เติมลงในเอทานอลทีละน้อย แล้วคนด้วยแท่งเรื่อยๆ จน NH_4SCN ไม่สามารถละลายได้อีก

1.1.22 สารละลายแอมโมเนียมคาร์บอเนต ($(NH_4)_2CO_3$) ; 3 M $(NH_4)_2CO_3$

วิธีการเตรียม : ชั่ง $(NH_4)_2CO_3$ 34.20 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.23 สารละลายแอมโมเนียมออกซาเลต ($(NH_4)_2C_2O_4$) ; 3 M $(NH_4)_2C_2O_4$

วิธีการเตรียม : ชั่ง $(NH_4)_2C_2O_4$ 42.60 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.24 สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว ($(NH_4)_2SO_4$) ; Sat. $(NH_4)_2SO_4$

วิธีการเตรียม : เติม $(NH_4)_2SO_4$ เติมลงในน้ำกลั่นทีละน้อย แล้วคนด้วยแท่งเรื่อยๆ จนไม่สามารถละลายได้อีก

1.1.25 สารละลายโพแทสเซียมไธโอไซยาเนต (KSCN) ; 0.2 M KSCN

วิธีการเตรียม : ชั่ง KSCN 1.90 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.26 โซเดียมบิสมิวเทต ($NaBiO_3$) (ใช้ของแข็ง)

2. ปฏิกิริยาเคมีของแอนไอออนบางชนิดในสารละลาย (Reaction of some Anion in solution)

2.1. อุปกรณ์

2.1.1 หลอดทดลอง (test tube)
2.1.2 ลวดนิโครม
2.1.3 แท่งแก้ว (stirring rod)
2.1.4 เตาให้ความร้อน (hot plate)
2.1.5 หลอดหยด (dropper)
2.1.6 อ่างน้ำร้อน (water bath)
2.1.7 กระดาษลิตมัส (litmus paper)
2.1.8 เครื่องเหวี่ยง (centrifuge)
2.1.9 ตะเกียงแอลกอฮอล์หรือตะเกียงบุนเซน
2.1.10 ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (test tube rack)

2.2 สารเคมี

2.2.1 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ; 6 M HCl
วิธีการเตรียม : ปิเปต HCl 49.7 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.2 สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ; 6 M HNO_3
วิธีการเตรียม : ปิเปต HNO_3 37.5 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.3 สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) conc.H_2SO_4

2.2.4 สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 6 M H_2SO_4
วิธีการเตรียม : ปิเปต H_2SO_4 33.3 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.5 สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์($FeCl_3$) ; 0.1 M $FeCl_3$
วิธีการเตรียม : ชั่ง $FeCl_3$ 2.70 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.6 สารละลายแอมโมเนีย (NH_3) conc. NH_3

2.2.7 สารละลายแอมโมเนีย (NH_3) 6 M NH_3
วิธีการเตรียม : ปิเปต (NH_3) 40 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.8 สารละลายแบเรียมไนเตรต ($Ba(NO_3)_2$) ; 0.1 M $Ba(NO_3)_2$
วิธีการเตรียม : ชั่ง $Ba(NO_3)_2$ 2.60 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.9 สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) ; 0.1 M $AgNO_3$
วิธีการเตรียม : ชั่ง $AgNO_3$ 1.70 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.10 สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_2MoO_4$) ; 0.5 M $(NH_4)_2MoO_4$

วิธีการเตรียม : ชั่ง $(NH_4)_2MoO_4$ 61.79 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.11 สารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ; 20 % $FeSO_4$

วิธีการเตรียม : ชั่ง $FeSO_4$ 20 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.12 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ; 2 M NH_4Cl

วิธีการเตรียม : ชั่ง NH_4Cl 10.60 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2.13 โพแทสเซียมเปอร์ออกซีซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) (s)

2.2.14 ไดคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2)

ภาคผนวก ง : เครื่องมือที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

เครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

1. เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) เป็นเครื่องมือใช้แยกตัวอย่างของเหลวออกจากของแข็งอนุภาคขนาดเล็กหรือใช้เพื่อแยกของเหลวหลายๆชนิดที่มีความถ่วงจำเพาะต่างกันให้เกิดการแยกชั้น โดยอาศัยหลักการเร่งให้อนุภาคตกตะกอนเร็วขึ้น ภายใต้สนามของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง แรงนอนก้นของอนุภาคจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงหนีศูนย์กลาง ทำให้อนุภาคนอนก้นด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ภายใต้สนามแรงหนีศูนย์กลางอนุภาคจะตกตะกอนด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน การปั่นแยกตะกอน จึงต้องใช้เวลานานพอเพียงที่อนุภาคขนาดเล็กจะนอนก้นหมด จะแบ่งเป็น2ส่วน คือ ส่วน ตะกอน (pellet) และส่วนของเหลว

ข้อปฏิบัติในการใช้เครื่องปั่นเหวี่ยง

1.ก่อนที่จะนำหลอดทดลองที่มีตะกอนใส่ลงในเครื่องปั่นเหวี่ยง ให้เตรียมหลอดทดลองอีกหลอดหนึ่งที่มีน้ำหนักเท่าๆ กัน ใส่น้ำลงในหลอดเปล่าจนกระทั่งมีระดับเท่ากับหลอดที่มีตะกอน

2. ใส่หลอดทดลองทั้งสองลงไปในปลอกของเครื่องปั่นเหวี่ยงที่อยู่ตรงข้ามกันหลอดละข้าง

3. ของเหลวในหลอดทดลองจะต้องต่ำกว่าปากหลอดอย่างน้อย 1 เซนติเมตร เพราะถ้าของเหลวล้นหลอดจะกัดปลอดทำให้เกิดสนิมและอาจทำให้น้ำหนักของปลอกต่างกัน (ถ้าน้ำหนักสองข้างไม่สมดุลกันเครื่องปั่นเหวี่ยงจะสั่นสะเทือนมากและมีเสียงดัง)

4. ปิดฝาเครื่องปั่นเหวี่ยง เปิดสวิทช์ให้เครื่องปั่นเหวี่ยงหมุนนาน 30-40 วินาที จึงปิดสวิทช์ ทิ้งไว้ 30 วินาที รอให้เครื่องปั่นเหวี่ยงหยุดนิ่งจึงเปิดฝา ไม่จำเป็นต้องทำให้เครื่องปั่นเหวี่ยงหยุดนิ่งโดยกะทันหัน เช่น กดปุ่มเบรกบนฝาเครื่องปั่นเหวี่ยงเพราะจะทำให้ตะกอนฟุ้งกระจายขึ้นมาอีก

5. ถ้ามีเสียงดังเกิดขึ้นและสั่นสะเทือนมากผิดปกติหรือมีควันเกิดขึ้น ให้ปิดสวิทช์ทันที และแจ้งอาจารย์ หรือเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุม

ภาพที่ 3 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)

2. เครื่องชั่งไฟฟ้า เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่มีใช้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ใช้สำหรับชั่งสารเคมีหรือสิ่งที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ เพื่อให้การตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนด เครื่องชั่งจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบและสอบเทียบ เนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อผลการตรวจวิเคราะห์

ภาพที่ 4 เครื่องชั่งไฟฟ้าระบบแม่เหล็กไฟฟ้า

3. เตาไฟฟ้า (Hot plate)

เตาไฟฟ้า เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่มีความจำเป็นที่ต้องใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี เตาไฟฟ้าประเภทนี้จะมีรูปลักษณ์ภายนอกคล้ายเตาแก๊ส แต่ส่วนบนจะมีลักษณะเป็นแผ่นสีดำ ด้านใต้แผ่นสีดำจะมีขดลวดทำความร้อนอยู่ เตาไฟฟ้าประเภทนี้มีการปรับความร้อนขึ้นลงค่อนข้างช้า เพราะความร้อนต้องส่งผ่านหลายชั้นตั้งแต่ขดลวด แผ่นเพลต จนถึงภาชนะ

ภาพที่ 5 เตาไฟฟ้า (Hot plate)

3. เครื่อง Waterbath (อ่างควบคุมอุณหภูมิ) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการต้มหรืออุ่นสาร โดยการตั้งอุณหภูมิและเวลาในการทำงาน

วิธีการเก็บรักษา

1. หลังเลิกใช้งาน***อ่างน้ำร้อน***แล้วควรเปลี่ยนถ่ายน้ำทันที ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้

2. การทำความสะอาด ควรเช็ดทำความสะอาดที่ขดลวดทำความร้อนและอ่างให้สะอาด และเช็ดให้แห้ง โดยไม่ควรใช้ของมีคม หรือกระดาษทรายถูหรือขัดที่ (Heater) และอ่าง

3. ควร Drain น้ำทิ้งและทำความสะอาด ***Water Bath*** ทุกครั้ง เมื่อไม่ใช้งานหลายๆ วัน

4. ในส่วนของสารเคมีที่นำมาใช้ภายใน***อ่างน้ำร้อน***ที่อาจจะส่งผลให้เกิดความเสียหายเมื่อใช้งานเสร็จให้รีบทำความสะอาดและเช็ดให้แห้ง

5. ถ้าใช้กับสารเคมีให้ทำความสะอาดบริเวณภายนอกทันทีเมื่อเลิกใช้งาน

6. ควรใช้น้ำกลั่นหรือ น้ำกรอง ในการใช้งาน เพื่อป้องกันคราบตะกลันที่จะจับที่ตัว Heater หรือตัว ***อ่างน้ำร้อน***

ภาพที่ 6 เครื่อง Waterbath (อ่างควบคุมอุณหภูมิ)

ภาคผนวก จ : บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ปฏิกิริยาเคมีของแคตไอออนบางชนิดและการวิเคราะห์คุณภาพ
(Reaction of some Cation and Qualitative Analysi)

หลักการและทฤษฎี

แคตไอออนเป็นไอออนที่มีประจุบวก เกิดจากการแตกตัวของเกลือหรือเกิดจากอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเสียอิเล็กตรอน เนื่องจากแคตไอออนมีมากและเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์จึงแบ่งแคตไอออนออกเป็นหมู่ตามรีเอเจนต์ที่ใช้ทำให้ตกตะกอนเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่มีคุณสมบัติคล้าย ๆ กัน

ในการวิเคราะห์แคตไอออนวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ คือ การแยกแคตไอออนในสารประกอบออกเป็นกลุ่มหรือหมู่เล็ก ๆ โดยที่แคตไอออนในหมู่เดียวกันจะตกตะกอนด้วยรีเอเจนต์ (reagent) ตัวเดียวกันภายใต้สภาวะที่เหมือนกัน เรียกรีเอเจนต์นี้ว่า **รีเอเจนต์เฉพาะหมู่ (group reagent)**

จากการศึกษาปฏิกิริยาของแคตไอออนกับรีเอเจนต์ต่าง ๆ พบว่าสามารถแบ่งแคตไอออนออกเป็น 5 หมู่ ดังนี้

หมู่ I หมู่ซิลเวอร์ (silver group) ; ประกอบด้วย Ag^{+} , Hg_2^{2+} และ Pb^{2+} ซึ่งจะตกตะกอนในภาพของเกลือคลอไรด์ในสารละลายที่มีสภาวะเป็นกรด

หมู่ II หมู่คอปเปอร์ – อาร์เซนิก (copper – arsenic group) ; ประกอบด้วย Cu^{2+}, Hg^{2+}, Bi^{3+}, Pb^{2+}, Cd^{2+}, As^{3+}, As^{5+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}, Sn^{2+} และ Sn^{4+} ซึ่งจะตกตะกอนในภาพเกลือซัลไฟด์ในสารละลายที่มีสภาวะเป็นกรดเล็กน้อย

หมู่ III หมู่นิกเกิล – อะลูมิเนียม (nickel – aluminium group) ; ประกอบด้วย Ni^{2+}, Co^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Al^{3+}, Zn^{2+} และ Cr^{3+} ซึ่งจะตกตะกอนในภาพของเกลือซัลไฟด์หรือไฮดรอกไซด์ ในสารละลายที่มีสภาวะเป็นเบสเล็กน้อย

หมู่ IV หมู่แบเรียม (barium group) ; ประกอบด้วย Ba^{2+}, Ca^{2+} และ Sr^{2+} ซึ่งจะตกตะกอนในภาพของเกลือคาร์บอเนตในสารละลายแอมโมเนียมคาร์บอเนต ($(NH_4)_2CO_3$) ที่มีสารละลายแอมโมเนีย (NH_3) อยู่ด้วย

หมู่ V หมู่แมกนีเซียม (magnesium group) ; ประกอบด้วย Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} และ NH_4^{+} ซึ่งเป็นแคตไอออนที่ไม่ตกตะกอนกับรีเอเจนต์ใด ๆ

นอกจากใช้ปฏิกิริยาการเกิดตะกอนแบ่งแคตไอออนเป็นหมู่แล้ว ยังสามารถแยกและพิสูจน์เอกลักษณ์ของแคตไอออนแต่ละชนิดในแต่ละหมู่ได้ โดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่แตกต่างกันของแคตไอออนแต่ละชนิด ในการทดลองนี้จะศึกษาปฏิกิริยาเคมีของแคตไอออนเพียง 11 ตัว คือ Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} , Cu^{2+} , Bi^{3+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} และ Ca^{2+}

การวิเคราะห์แคตไอออนหมู่ I ; Ag^{+} และ Pb^{2+}

แคตไอออนหมู่นี้ประกอบด้วยซิลเวอร์ไอออน (Ag^+) เมอร์คิวรี (I) ไอออน (Hg_2^{2+}) และ เลด (II) ไอออน (Pb^{2+}) แต่ในปฏิบัติการนี้จะศึกษาเฉพาะปฏิกิริยาของ Ag^+ และ Pb^{2+} แคตไอออนในหมู่นี้สามารถแยกออกจากหมู่อื่น ๆ ได้โดยอาศัยความสามารถในการตกตะกอนกับคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ได้ และในการทดลองนี้ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เป็นรีเอเจนต์ (reagent)

เมื่อเติม Cl^- ลงในสารละลายที่มีแคตไอออนเหล่านี้อยู่ จะเกิดตะกอนสีขาวของทั้งซิลเวอร์ คลอไรด์ (AgCl) และเลด (II) คลอไรด์ ($PbCl_2$) ดังสมการ 2.1 และ 2.2 ส่วนไอออนของโลหะอื่น ๆ จะยังคงอยู่ในสารละลาย ปริมาณของรีเอเจนต์ที่ใช้ต้องมีปริมาณที่พอเหมาะ เพราะถ้าน้อยเกินไปจะทำให้ AgCl และ $PbCl_2$ ตกตะกอนได้น้อย แต่ถ้าปริมาณมากเกินไป Cl^- จากรีเอเจนต์ที่มากเกินพอจะทำปฏิกิริยากับ Pb^{2+} ที่แตกตัวมาจากตะกอน $PbCl_2$ ดังสมการ 2.3 เกิดเป็นไอออนของสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรและอยู่ในสภาพของสารละลาย $[PbCl_4]^{2-}$ ดังสมการ 2.4

$$Pb^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) \rightleftharpoons PbCl_2(s) \quad (2.1)$$

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightleftharpoons AgCl(s) \quad (2.2)$$

$$PbCl_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq) \quad (2.3)$$

$$Pb^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [PbCl_4]^{2-}(aq) \quad (2.4)$$

และเมื่อ Pb^{2+} ลดลงสมดุลของสมการที่ 2.3 และ 2.4 ก็จะเคลื่อนมาทางขวาเป็นผลให้ตะกอน $PbCl_2$ ละลายออกมาอีก เนื่องจากตะกอน $PbCl_2$ ละลายได้บ้างใน HCl เพราะฉะนั้น Pb^{2+} บางส่วนจะยังคงอยู่ในสารละลายที่จะนำไปวิเคราะห์แคตไอออนหมู่ II ต่อไป

ในกรณีของ Ag^+ ก็เช่นเดียวกันคือ เมื่อมี HCl มากเกินไป Ag^+ ที่ละลายมาจากตะกอน AgCl จะมารวมกับ Cl^- ที่มากเกินพอเกิดเป็นไอออนของสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร และอยู่ในสภาพของสารละลาย $[AgCl_2]^-$ ได้เหมือนกัน แต่เกิดขึ้นน้อยกว่ากรณีของ Pb^{2+} ดังสมการ 2.5 และ 2.6

$$AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \quad (2.5)$$

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightleftharpoons [AgCl_2]^-(aq) \quad (2.6)$$

ตะกอนผสมของ AgCl และ $PbCl_2$ สามารถแยกออกจากกันได้โดยอาศัยความสามารถในการละลายที่อุณหภูมิต่างกัน ตะกอนของ $PbCl_2$ ละลายได้ในน้ำร้อน แต่ตะกอน AgCl ไม่ละลายในน้ำร้อน และสามารถพิสูจน์เอกลักษณ์ของ Pb^{2+} ได้โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมโครเมต (K_2CrO_4) ซึ่งจะได้ตะกอนเหลืองของเลด (II) โครเมต ($PbCrO_4$) ดังสมการ 2.7

$$Pb^{2+}(aq) + CrO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons PbCrO_4(s) \quad (2.7)$$

หรืออาจทดสอบ Pb^{2+} โดยทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) จะให้ตะกอนสีขาวของเลด (II) ซัลเฟต ($PbSO_4$) ดังสมการ 2.8

$$Pb^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons PbSO_4(s) \quad (2.8)$$

สำหรับตะกอนรวมของ AgCl สามารถละลายได้ในสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น (conc.NH_3) เกิดเป็นไอออนของสารประกอบเชิงซ้อน $[Ag(NH_3)_2]^+$ ดังสมการ 2.9

$$AgCl(s) + 2NH_3(aq) \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]^+(aq) + Cl^- \qquad (2.9)$$

เมื่อนำเอาสารละลายส่วนนี้ไปพิสูจน์เอกลักษณ์ของ Ag^+ โดยทำให้สารละลายเป็นกรดด้วยสารละลายกรดไนตริก (HNO_3) จะเกิดตะกอนขาวของ AgCl ดังสมการ 2.10

$$[Ag(NH_3)_2]^+(aq) + Cl^-(aq) + H_3O^+(aq) \longrightarrow AgCl(s) + 2NH_4^+(aq) + 2H_2O \qquad (2.10)$$

การวิเคราะห์แคตไอออนหมู่ II ; Cu^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+}

แคตไอออนในหมู่นี้ประกอบด้วย Cu^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , As^{3+} , As^{5+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Sn^{2+} และ Sn^{4+} ในปฏิบัติการนี้จะศึกษาเฉพาะปฏิกิริยาของคอปเปอร์ (II) ไอออน (Cu^{2+}) เมอร์คิวรี (II) ไอออน (Hg^{2+}) และบิสมัทไอออน (Bi^{3+}) เท่านั้น ซึ่งแคตไอออนหมู่นี้จะตกตะกอนในภาพของเกลือซัลไฟด์ในสารละลายที่มีสภาวะเป็นกรดเล็กน้อย เนื่องจากแคตไอออนหมู่ III บางตัวสามารถตกตะกอนในภาพของเกลือซัลไฟด์ได้ ดังนั้น ในการแยกแคตไอออนหมู่ II และหมู่ III ออกจากกันต้องควบคุมปริมาณ S^{2-} ให้พอเหมาะ (แคตไอออนหมู่ II ใช้ปริมาณ S^{2-} น้อยกว่าหมู่ III) การควบคุมปริมาณ S^{2-} ทำได้โดยการปรับสภาพความเป็นกรด – เบสของสารละลาย รีเอเจนต์ที่ใช้ในการตกตะกอนแคตไอออนหมู่ II นี้คือซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) เช่น สารละลายกรดไฮโดรซัลฟิวริก (H_2S) เนื่องจากสารละลายกรดไฮโดรซัลฟิวริก (H_2S) จะมีสมดุลระหว่าง H_3O^+ และ S^{2-} เกิดขึ้น ดังสมการ 2.11

$$H_2S(g) + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_3O^+(aq) + S^{2-}(aq) \qquad (2.11)$$

จากสมการ 2.11 จะเห็นว่าถ้าปรับสารละลายให้เป็นเบส สมดุลจะเคลื่อนมาทางขวาทำให้ปริมาณ S^{2-} มากกว่าในสารละลายที่เป็นกรด ดังนั้น ถ้าสารละลายเป็นกรดจะมีแต่แคตไอออนหมู่ II เท่านั้น ที่สามารถตกตะกอนลงมา และเมื่อต้องการให้แคตไอออนหมู่ III ตกตะกอนก็ต้องปรับสารละลายให้เป็นเบส

การตกตะกอนในภาพของเกลือซัลไฟด์ อาจทำได้โดยผ่านแก๊ส H_2S ลงในสารละลายตัวอย่าง แต่เนื่องจากแก๊สนี้มีพิษและมีกลิ่นเหม็นจึงไม่นิยมใช้ ในปัจจุบันนิยมใช้ไธโออะเซตาไมด์ (CH_3CSNH_2) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ในสารละลายที่เป็นกรดที่อุณหภูมิ 70 – 90 องศาเซลเซียส ได้แก๊ส H_2S ดังสมการ 2.12

$$CH_3CSNH_2(aq) + 2H_2O \longrightarrow CH_3COO^-(aq) + NH_4^+(aq) + H_2S(g) \qquad (2.12)$$

ตัวอย่างแสดงสมการการตกตะกอนของแคตไอออนหมู่ II ตามสมการ 2.13 – 2.15

$$Cu^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightleftharpoons CuS(s) \qquad (2.13)$$

$$Hg^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightleftharpoons HgS(s) \qquad (2.14)$$

$$2Bi^{3+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightleftharpoons Bi_2S_3(s) \qquad (2.15)$$

เมื่อนำตะกอนรวมของคอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์ (CuS), เมอร์คิวรี (II) ซัลไฟด์ (HgS) และบิสมัทซัลไฟด์ (Bi_2S_3) มาละลายใน HNO_3 เจือจางที่ร้อนจะแยก HgS ออกได้เพราะ HgS ไม่ละลาย ส่วนเกลือซัลไฟด์ตัวอื่น ๆ จะละลายได้ เช่น CuS ดังสมการ 2.16

$$3CuS(s) + 2NO_3^-(aq) + 8H_3O^+(aq) \longrightarrow 3Cu^{2+}(aq) + 3S(s) + 2NO(g) + 12H_2O \quad (2.16)$$

HNO_3 ที่ใช้ ถ้าเข้มข้นเกินไปจะละลาย HgS บางส่วนออกมา นำตะกอน HgS มาพิสูจน์เอกลักษณ์ของ Hg^{2+} โดยละลายตะกอนในกรดกัดทอง (conc.HCl : conc.HNO_3 , 3 : 1 โดยปริมาตร) แล้วให้ทำปฏิกิริยากับทินคลอไรด์ ($SnCl_2$) จะได้ตะกอนสีขาวของเมอร์คิวรี (I) คลอไรด์ (Hg_2Cl_2) ดังสมการ 2.17

$$2Hg^{2+}(aq) + Sn^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) \longrightarrow Hg_2Cl_2(s) + Sn^{4+}(aq) \quad (2.17)$$

ตะกอนสีขาว

ถ้าในสารละลายมี Sn^{2+} มาก Hg_2Cl_2 จะถูกรีดิวซ์ต่อไปเป็นปรอท (Hg) ดังสมการ 2.18

$$Hg_2Cl_2(s) + Sn^{2+}(aq) \longrightarrow 2Hg(s) + Sn^{4+}(aq) + 2Cl^-(aq) \quad (2.18)$$

นำสารละลายที่แยก Hg^{2+} ออกไปแล้วมาเติมด้วยสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น (conc. NH_3) ให้มากเกินพอ Bi^{3+} จะตกตะกอนในภาพของบิสมัท (III) ไฮดรอกไซด์ ($Bi(OH)_3$) ส่วนตะกอนคอปเปอร์ (II) ไฮดรอกไซด์ ($Cu(OH)_2$) จะละลายออกไปเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีฟ้าของ $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ ดังสมการ 2.19 – 2.21

$$Bi^{3+}(aq) + 3NH_4OH(aq) \longrightarrow Bi(OH)_3(s) + 3NH_4^+(aq) \quad (2.19)$$

$$Cu^{2+}(aq) + 2NH_4OH(aq) \longrightarrow Cu(OH)_2(s) + 2NH_4^+(aq) \quad (2.20)$$

$$Cu(OH)_2(s) + 4NH_4OH(aq) \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) + 4H_2O \quad (2.21)$$

สารละลายสีฟ้า

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของ Bi^{3+} ทำได้โดยการนำตะกอน $Bi(OH)_3$ มาทำปฏิกิริยากับ $SnCl_2$ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ตะกอนสีดำของบิสมัท (Bi) ดังสมการ 2.22 – 2.24

$$Sn^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \rightleftharpoons Sn(OH)_2(s) \quad (2.22)$$

$$Sn(OH)_2(s) + 2OH^-(aq) \longrightarrow [Sn(OH)_4]^{2-}(aq) \quad (2.23)$$

$$2Bi(OH)_3(s) + 3[Sn(OH)_4]^{2-}(aq) \longrightarrow 2Bi(s) + 3[Sn(OH)_4]^{2-}(aq) \quad (2.24)$$

ตะกอนสีดำ

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของ Cu^{2+} ทำได้โดยนำสารละลายที่แยกตะกอน $Bi(OH)_3$ ออกไปแล้วมาทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอเรต (II) ($K_4[Fe(CN)_6]$) ในสารละลายกรดเจือจางจะได้ตะกอนสีน้ำตาลแดงของ $Cu_2[Fe(CN)_6]$ ดังสมการ 2.25 และ 2.26

$$[Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq) + 4H_3O^+(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 4NH_4^+(aq) + 4H_2O(l) \quad (2.25)$$

$$2Cu^{2+}(aq) + [Fe(CN)_6]^{4-}(aq) \longrightarrow Cu_2[Fe(CN)_6](s) \quad (2.26)$$

ตะกอนสีน้ำตาลแดง

การวิเคราะห์แคตไอออนหมู่ III ; Fe^{3+} , Co^{2+} , Mn^{2+}

แคตไอออนในหมู่นี้ประกอบด้วย Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} และ Cr^{3+} ในการทดลองนี้จะกล่าวถึงเฉพาะปฏิกิริยาของไอร์ออน (III) ไอออน (Fe^{3+}), โคบอลต์ (II) ไอออน (Co^{2+}) และแมงกานีส (II) ไอออน (Mn^{2+}) ซึ่งแคตไอออนทั้ง 3 นี้จะตกตะกอนกับ S^{2-} ในสารละลายเบส รีเอเจนต์ที่ใช้คือ CH_3CSNH_2 ตะกอนที่ได้จะอยู่ในภาพของทั้งเกลือซัลไฟด์และไฮดรอกไซด์ร่วมกัน

ตัวอย่างสมการแสดงการตกตะกอนของแคตไอออนหมู่ III ตามสมการ 2.27 – 2.29

$$Fe^{3+}(aq) + 3OH^{-}(aq) \rightleftharpoons Fe(OH)_3(s) \qquad (2.27)$$

$$Co^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightleftharpoons CoS(s) \qquad (2.28)$$

$$Mn^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightleftharpoons MnS(s) \qquad (2.29)$$

เมื่อนำตะกอนรวมของไอร์ออน (III) ไฮดรอกไซด์ ($Fe(OH)_3$), โคบอลต์ (II) ซัลไฟด์ (CoS) และแมงกานีส (II) ซัลไฟด์ (MnS) มาละลายในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc.HCl) และ conc.HNO_3 จะได้สารละลายของ Fe^{3+} , Co^{2+} และ Mn^{2+} การวิเคราะห์ไอออนเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องแยกออกจากกัน เพราะปฏิกิริยาการทดสอบไอออนแต่ละตัวไม่รบกวนซึ่งกันและกัน

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของ Fe^{3+} ทำได้โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมไธโอไซยาเนต (KSCN) จะได้สารละลายสีแดงเลือดนกของไอออนเชิงซ้อน $[Fe(SCN)_6]^{2-}$ ดังสมการ 2.30

$$Fe^{3+}(aq) + 6SCN^{-}(aq) \rightleftharpoons [Fe(SCN)_6]^{2-}(aq) \qquad (2.30)$$

สารละลายสีแดงเลือดนก

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของ Co^{2+} ทำได้โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต (NH_4SCN) ในแอลกอฮอล์จะได้สารประกอบสีฟ้าของ $[Co(SCN)_6]^{2-}$ ซึ่งเสถียรในสารละลายแอลกอฮอล์ ดังสมการ 2.31

$$Co^{2+}(aq) + 4SCN^{-}(aq) \longrightarrow [Co(SCN)_4]^{2-}(alc) \qquad (2.31)$$

สารประกอบสีฟ้า

ดังนั้น เพื่อให้การตกตะกอนเกิดอย่างสมบูรณ์จึงต้องเพิ่มความเข้มข้นของ OH^{-} โดยการเติมสารละลายบัฟเฟอร์ $NH_4Cl – NH_3$ ลงไป

การวิเคราะห์แคตไอออนหมู่ IV ; Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}

แคตไอออนหมู่นี้ประกอบด้วยแบเรียมไอออน (Ba^{2+}), สตรอนเทียมไอออน (Sr^{2+}) และแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ซึ่งสามารถตกตะกอนกับคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ได้ ตะกอนที่ได้จะอยู่ในภาพของเกลือคาร์บอเนตดังสมการต่อไปนี้

ตัวอย่างสมการแสดงการตกตะกอนของแคตไอออนหมู่ IV ดังสมการ 2.32 – 2.34

$$Ba^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons BaCO_3(s) \quad (2.32)$$

$$Sr^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons SrCO_3(s) \quad (2.33)$$

$$Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons CaCO_3(s) \quad (2.34)$$

เมื่อตกตะกอนสมบูรณ์แล้วนำตะกอนที่ได้มาละลายด้วยกรดเจือจาง นำสารละลายที่ได้มาแยกและพิสูจน์เอกลักษณ์ของแคตไอออนแต่ละตัวต่อไป

การแยก Ba^{2+} ออกจาก Sr^{2+} และ Ca^{2+} ทำได้โดยอาศัยทฤษฎีว่าเกลือโครเมตของแคตไอออนเหล่านี้มีค่าผลคูณการละลาย (solubility product) แตกต่างกันคือตะกอนแบเรียมโครเมต ($BaCrO_4$) มีค่าผลคูณการละลายต่ำสุด ดังนั้นจึงสามารถแยก Ba^{2+} ออกจาก Sr^{2+} และ Ca^{2+} ได้โดยเติม K_2CrO_4 ที่มากเกินพอลงในสารละลายที่มีแคตไอออนเหล่านี้ Ba^{2+} จะตกตะกอนเป็น $BaCrO_4$ ส่วน Sr^{2+} และ Ca^{2+} จะยังคงอยู่ในสารละลายซึ่งสามารถนำไปทดสอบต่อไปได้ ดังสมการ 2.35

$$Ba^{2+}(aq) + CrO_4^{2-}(aq)\ (excess) \rightleftharpoons BaCrO_4(s) \quad (2.35)$$

ตารางที่ 2.1 ค่าคงที่ผลคูณของการละลายของเกลือบางชนิดของแอนไอออนหมู่ IV ที่ 25°C

แอนไอออน	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Sr^{2+}
CrO_4^{2-}	8.5×10^{-11}	7.1×10^{-4}	3.6×10^{-6}
SO_4^{2-}	1.5×10^{-9}	1.0×10^{-4}	7.6×10^{-7}
$C_2O_4^{2-}$	1.5×10^{-8}	1.3×10^{-9}	5.6×10^{-8}

แต่เนื่องจากค่าผลคูณการละลายของเกลือเหล่านี้ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้น ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของแคตไอออนแต่ละตัวจึงนิยมนำมาทดสอบสีของเปลวไฟ (flame test) ประกอบด้วย

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของ Ba^{2+} ทำได้โดยละลายตะกอน $BaCrO_4$ ด้วย HCl แล้วแบ่งสารละลายออกเป็น 2 ส่วน

ก. ส่วนที่ 1 เติม H_2SO_4 ลงไป ถ้าได้ตะกอนสีขาวที่ไม่ละลายใน HCl เจือจาง แสดงว่าในสารตัวอย่างมี Ba^{2+} ดังสมการ 2.36

$$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons BaSO_4(s) \quad (2.36)$$

ข. ส่วนที่ 2 ทำการทดสอบยืนยันโดยดูสีของเปลวไฟ ถ้าได้เปลวไฟสีเขียวเหลือง แสดงว่าในสารตัวอย่างมี Ba^{2+}

นำสารละลายที่แยกตะกอน $BaCrO_4$ ออกไปแล้วมาทำการตกตะกอนเป็นเกลือคาร์บอเนตอีกครั้งด้วย $(NH_4)_2CO_3$ ในสารละลายที่เป็นเบส Sr^{2+} และ Ca^{2+} จะตกตะกอนเป็นเกลือคาร์บอเนต จากนั้นละลายตะกอนด้วยสารละลายกรดแอซิติก (CH_3COOH) เจือจาง แล้วเติมสารละลายอิ่มตัวของแอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ ที่มากเกินพอ Sr^{2+} จะตกตะกอนเป็นสตรอนเทียมซัลเฟต ($SrSO_4$) ดังสมการ 2.37

$$Sr^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons SrSO_4(s) \quad (2.37)$$

นำตะกอนที่ได้มาละลายด้วย HCl จากนั้น ทดสอบยืนยันโดยดูสีของเปลวไฟ ถ้าได้เปลวไฟสีแดงเลือดนก แสดงว่ามี Sr^{2+} ในสารตัวอย่าง

นำสารละลายที่แยก $SrSO_4$ ออกไป แล้วมาทำให้เป็นเบสด้วยสารละลาย NH_3 แล้วเติม $(NH_4)_2C_2O_4$ ถ้ามีตะกอนสีขาวเกิดขึ้นแสดงว่าในสารละลายตัวอย่างมี Ca^{2+} ดังสมการ 2.38

$$Ca^{2+}(aq) + C_2O_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons CaC_2O_4(s) \qquad (2.38)$$

นำตะกอนที่ได้มาละลายด้วย HCl ดูสีของเปลวไฟ ถ้าได้เปลวไฟสีแดงอิฐ แสดงว่ามี Ca^{2+} ในตัวอย่าง

การวิเคราะห์แคตไอออนหมู่ V ; Na^+, K^+ และ NH_4^+

แคตไอออนในหมู่ V นี้ ประกอบด้วยโซเดียมไอออน (Na^+), โพแทสเซียมไอออน (K^+) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งเป็นแคตไอออนที่ไม่เกิดตะกอนกับรีเอนเจนต์ต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นในการทดสอบและพิสูจน์เอกลักษณ์ของแคตไอออนหมู่นี้นั้นจึงนิยมใช้การทดสอบเปลวไฟซึ่งสารละลายของ Na^+ และ K^+ เมื่อทดสอบด้วยเปลวไฟจะให้เปลวไฟสีเหลืองและสีม่วง ตามลำดับ สำหรับ NH_4^+ สามารถทดสอบได้โดยการให้ความร้อนและตรวจสอบไอของสารที่เกิดขึ้นโดยใช้กระดาษลิตมัส ถ้ามี NH_4^+ อยู่จะให้แก๊สที่มีสมบัติเป็นเบสเกิดขึ้น

สารเคมี

1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ; 3 M HCl , 6 M HCl และ conc.HCl
2. สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ; 3 M HNO_3 , 6 M HNO_3 และ conc. HNO_3
3. สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ; 2 M H_2SO_4 , 6 M H_2SO_4 และ conc. H_2SO_4
4. สารละลายกรดแอซิติก (CH_3COOH) ; 2 M CH_3COOH , 6 M CH_3COOH
5. สารละลายแอมโมเนีย (NH_3) ; 4 M NH_3 , conc. NH_3
6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ; 6 M NaOH
7. สารละลายโพแทสเซียมโครเมต (K_2CrO_4) ; 1 M K_2CrO_4
8. สารละลายไธโออะเซตาไมด์ (CH_3CSNH_2) ; 10 % CH_3CSNH_2
9. สารละลายแอมโมเนียมแอซิเตต (CH_3COONH_4);0.5 M CH_3COONH_4, 1 M CH_3COONH_4
10. สารละลายโพแทสเซียมเฟอโรไซยาไนด์ ($K_4[Fe(CN)_6]$) ; 0.2 M $K_4[Fe(CN)_6]$
11. สารละลายสแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) ; 0.2 M $SnCl_2$
12. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ; 2 M NH_4Cl
13. สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) ; 0.2 M Na_2S
14. สารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนตอิ่มตัวในเอทานอล(NH_4SCN) ; Sat . NH_4SCN / alc
15. สารละลายแอมโมเนียมคาร์บอเนต ($(NH_4)_2CO_3$) ; 3 M $(NH_4)_2CO_3$
16. สารละลายแอมโมเนียมออกซาเลต ($(NH_4)_2C_2O_4$) ; 3 M $(NH_4)_2C_2O_4$

17. สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว ($(NH_4)_2SO_4$) ; Sat . $(NH_4)_2SO_4$

18. สารละลายโพแทสเซียมไธโอไซยาเนต (KSCN) ; 0.2 M KSCN

19. โซเดียมบิสมิวเทต ($NaBiO_3$)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง (test tube)
2. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (test tube rack)
3. อ่างน้ำร้อน (water bath)
4. เครื่องเหวี่ยง (centrifuge)
5. แท่งแก้ว (stirring rod)
6. หลอดหยด (dropper)
7. กระดาษลิตมัส (litmus paper)
8. แท่นให้ความร้อน (hot plate)

วิธีทำการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาปฏิกิริยาของแคตไอออนหมู่ I (Pb^{2+} และ Ag^{+})

1.1 การตกตะกอนในภาพเกลือคลอไรด์

1. นำหลอดทดลองที่สะอาด 2 หลอด มาเติมสารละลาย Pb^{2+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 1 สารละลาย Ag^{+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 2

2. เติมสารละลาย 3 M HCl ลงในหลอดที่ 1 ทีละหยด พร้อมทั้งเขย่าจนตกตะกอนสมบูรณ์ ทำเช่นเดียวกันนี้กับหลอดที่ 2

3. นำทั้ง 2 หลอด ไปเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายส่วนใสทิ้งไป แล้วทำการล้างตะกอนในแต่ละหลอด โดยการเติมน้ำกลั่นลงไป 10 หยด เขย่าหลอดทดลอง นำหลอดทดลองไปเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป **<u>เก็บตะกอนไว้ศึกษาต่อไป</u>**

1.2 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Pb^{2+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. นำหลอดที่มีตะกอน $PbCl_2$ (หลอดที่ 1) มาเติมน้ำกลั่น 15 – 20 หยด เขย่าหลอดหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ตะกอนที่รวมกันอยู่แตกออก แล้วนำหลอดทดลองไปอุ่นในน้ำเดือดประมาณ 2 นาที (ควรเขย่าหลอดเป็นครั้งคราว) สังเกตการละลายของตะกอน (ถ้าตะกอนยังละลายไม่หมดให้อุ่นต่อไปจนละลายหมด)

2. เมื่อตะกอนละลายหมดแล้ว จึงแบ่งสารละลายออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 เติม 1 M K_2CrO_4 3 – 4 หยด สังเกตตะกอนเหลือง $PbCrO_4$ ที่เกิดขึ้น

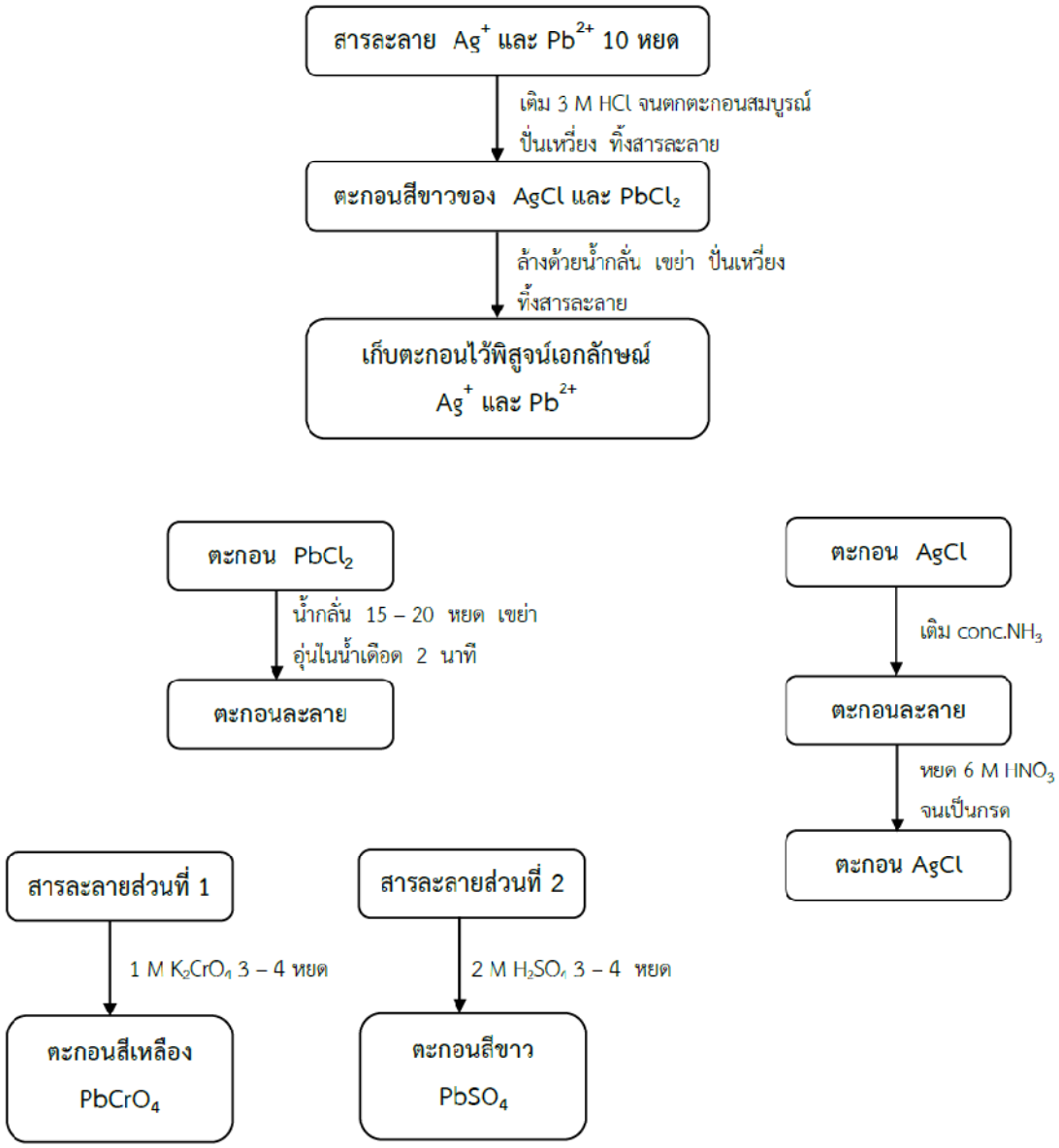
ส่วนที่ 2 เติม 2 M H_2SO_4 3 – 4 หยด สังเกตตะกอนขาว $PbSO_4$ ที่เกิดขึ้น

1.3 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Ag^{+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. นำหลอดที่มีตะกอน AgCl (หลอดที่ 2) มาเติม conc. NH_3 ทีละหยด พร้อมทั้งเขย่าหลอดทดลอง **<u>สังเกตการละลายของตะกอน</u>**

2. เมื่อตะกอนละลายหมดแล้ว จึงค่อย ๆ หยด 6 M HNO_3 ลงไปทีละหยดจนกระทั่งสารละลายเป็นกรด (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) จะสังเกตเห็นตะกอนสีขาว AgCl ตกกลับมาอีกครั้ง

การศึกษาปฏิกิริยาของแคตไอออนหมู่ I บางชนิด ดังสรุปเป็นแผนผังในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แผนผังการทดสอบและพิสูจน์เอกลักษณ์แคตไอออนหมู่ I

ตอนที่ 2 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของแคตไอออนหมู่ II (Cu^{2+} , Hg^{2+} และ Bi^{3+})

2.1 การตกตะกอนในภาพของเกลือซัลไฟด์ในสภาวะที่เป็นกรด

1. นำหลอดทดลองที่สะอาด 3 หลอด มาเติมสารละลาย Cu^{2+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 1 สารละลาย Hg^{2+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 2 และสารละลาย Bi^{3+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 3

2. เติม conc.HCl 5 – 6 หยด ลงในสารละลายทั้ง 3 หลอด แล้วเขย่า จากนั้นเติม 10 % CH_3CSNH_2 8 – 10 หยด เขย่าให้เข้ากัน นำหลอดทั้ง 3 ไปอุ่นในน้ำเดือดประมาณ 5 นาที (ทำในตู้ควัน เพราะแก๊ส H_2S ที่เกิดจากการสลายตัวของ CH_3CSNH_2 มีกลิ่นเหม็นและเป็นพิษ) ในทุกหลอดจะมีตะกอนเกิดขึ้น สังเกตสีของตะกอน

<u>หมายเหตุ</u> ในหลอดที่ 3 (หลอด Bi^{3+}) ถ้าหากไม่มีตะกอน Bi_2S_3 เกิดขึ้นให้เติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อย เพื่อให้ความเข้มข้นของกรดลดลง

1.2 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Cu^{2+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. นำหลอดที่มีตะกอน CuS (หลอดที่ 1) เข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป จากนั้นล้างตะกอนโดยเติม 0.5 M CH_3COONH_4 จำนวน 20 หยด ลงไป เขย่าหลอดทดลองแล้วนำไปอุ่นในน้ำเดือดประมาณ 1 – 2 นาที นำเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป แล้วทำการล้างตะกอนซ้ำอีกครั้งหนึ่งด้วย 0.5 M CH_3COONH_4 จำนวน 20 หยด จากนั้นเก็บตะกอนไว้ทำการทดลองต่อ

2. เติม 6 M HNO_3 ประมาณ 10 หยด ลงบนตะกอนที่ได้จากข้อ 1 เขย่าหลอดทดลองหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ตะกอนกระจาย แล้วนำไปอุ่นในน้ำเดือด (ในตู้ควัน) ประมาณ 3 นาที สังเกตการละลายของตะกอน (ถ้าตะกอนยังละลายไม่หมดให้เติม 6 M HNO_3 ลงไปอีกเล็กน้อย)

3. เติม conc. NH_3 ทีละหยดลงในสารละลายจากข้อ 2 เติมลงไปจนกระทั่งสารละลายเป็นเบส (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) สังเกตสีของสารละลายที่เกิดขึ้น (สารละลายควรเป็นสีฟ้า)

4. หยด 6 M CH_3COOH ลงไปจนกระทั่งสีฟ้าหายไป หรือเป็นสีฟ้าอ่อน ๆ แล้วเติม 0.2 M $K_4[Fe(CN)_6]$ 2 – 3 หยด เขย่าหลอดทดลอง จะเห็นตะกอนสีน้ำตาลแดงของ $Cu_2[Fe(CN)_6]$

1.3 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Hg^{2+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. นำหลอดที่มีตะกอน HgS (หลอดที่ 2) เข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป ทำการล้างตะกอนโดยเติม 0.5 M CH_3COONH_4 จำนวน 20 หยด ลงไป เขย่าหลอดทดลอง นำไปอุ่นในน้ำเดือดประมาณ 1 – 2 นาที นำเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป แล้วทำการล้างตะกอนซ้ำอีกครั้งหนึ่งด้วย 0.5 M CH_3COONH_4 จำนวน 20 หยด เก็บตะกอนไว้ทำการทดลองต่อ

2. เติม conc. HCl 6 หยด และ conc.HNO_3 2 หยด (HCl : HNO_3 = 3 : 1 โดยปริมาตร , กรดกัดทอง) ลงบนตะกอนจากข้อ 1 เขย่าหลอดทดลอง แล้วอุ่นในน้ำเดือดประมาณ 1 – 2 นาที (ในตู้ควัน) สังเกตการละลายของตะกอน (ถ้าตะกอนละลายไม่หมดให้เติมกรดกัดทองลงไปเล็กน้อย)

3. เติมน้ำกลั่น 10 หยด อุ่นในน้ำเดือดอีก 2 นาที (ในตู้ควัน) เขย่าหลอดเป็นครั้งคราว

4. เติม 0.2 M $SnCl_2$ 2 – 5 หยด ลงไปในหลอดในขณะที่สารละลายยังอุ่นอยู่ จะมีตะกอนเกิดขึ้น สังเกตสีของตะกอนที่เกิดขึ้น (ตะกอนผสมของ Hg (ดำ) และ Hg_2Cl_2 (ขาว)

1.4 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Bi^{3+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. นำหลอดที่มีตะกอน Bi_2S_3 (หลอดที่ 3) เข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป แล้วทำการล้างตะกอนโดยเติม 0.5 M CH_3COONH_4 จำนวน 20 หยด ลงไป เขย่าหลอดทดลอง นำไปอุ่นในน้ำเดือดประมาณ 1-2 นาที นำเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป แล้วทำการล้างตะกอนซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ด้วย 0.5 M CH_3COONH_4 จำนวน 20 หยด เก็บตะกอนไว้ทำการทดลองต่อไป

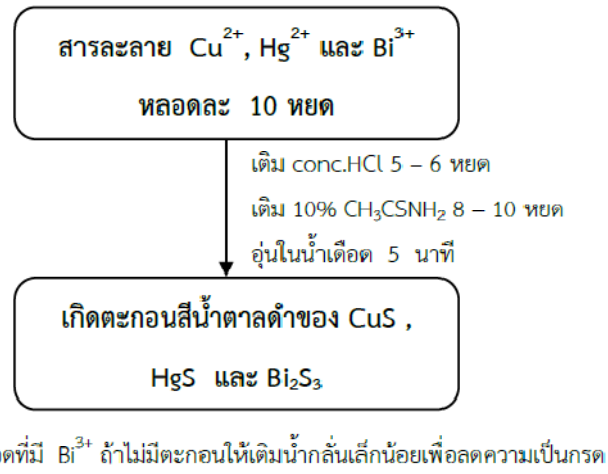
2. เติม 6 M HNO_3 8 – 10 หยด ลงบนตะกอน เขย่าหลอดทดลอง นำไปอุ่นในน้ำเดือด (ในตู้ควัน) สังเกตการละลายของตะกอน (ตะกอนจะละลายได้ช้าอาจต้องต้มนานประมาณ 5 นาที) ถ้าตะกอนละลายไม่หมดให้เติม 6 M HNO_3 ลงไปอีกเล็กน้อย อุ่นต่อจนตะกอนละลายหมด

3. เติม conc.NH_3 ทีละหยดลงในสารละลายจากข้อ 2 จนสารละลายเป็นเบส (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) จะเห็นตะกอนสีขาวของ $Bi(OH)_3$ เกิดขึ้น นำหลอดทดลองเข้าเครื่องเหวี่ยง แยกตะกอนออกมาทำการทดลองต่อ

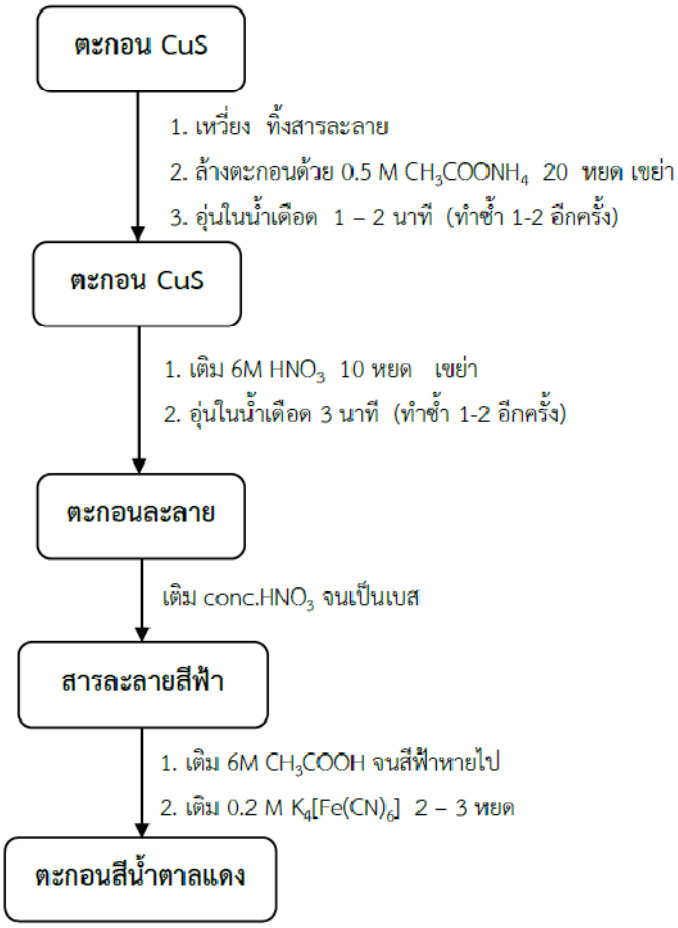
4. ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน 15 หยด นำเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป

5. หยด 6 M NaOH 3 หยด ลงบนตะกอน $Bi(OH)_3$ เขย่าหลอดทดลอง แล้วเติม 0.2 M $SnCl_2$ 2 – 3 หยด เขย่าหลอดทดลอง สังเกตตะกอนดำ Bi ที่เกิดขึ้น

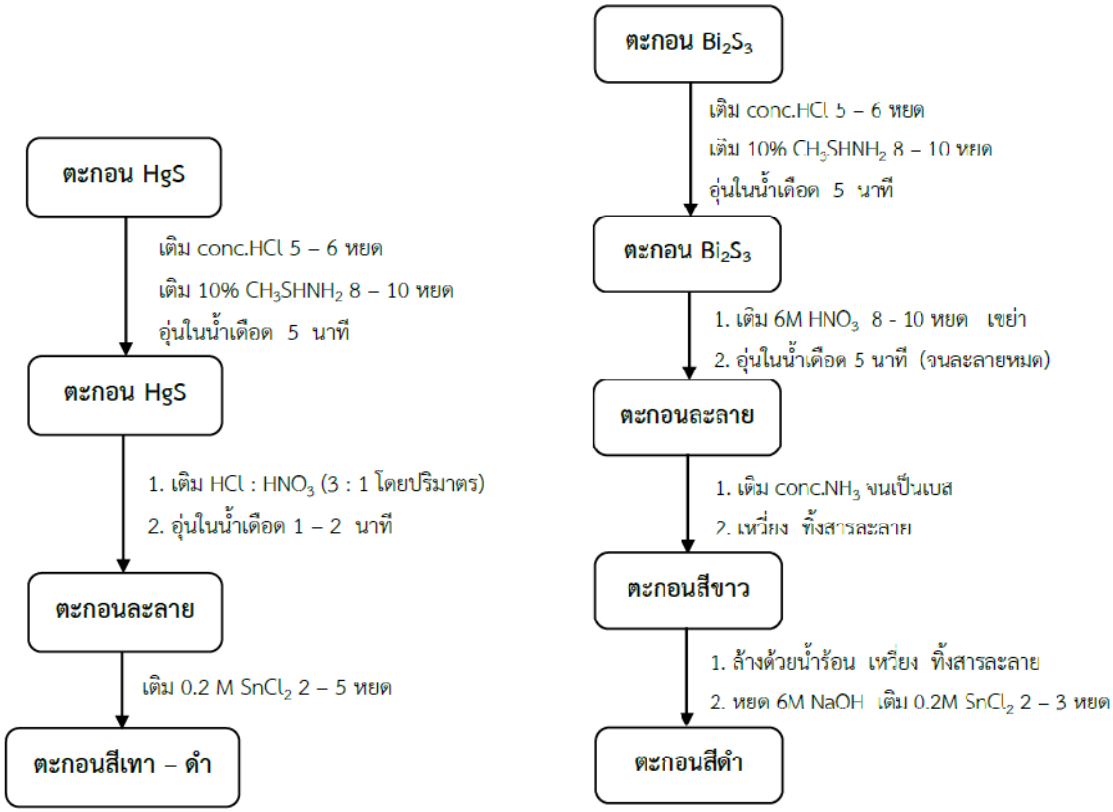
การศึกษาปฏิกิริยาของแคตไอออนหมู่ II บางชนิด ดังสรุปเป็นแผนผังในภาพที่ 2.2 – 2.4



ภาพที่ 2.2 แผนผังการทดสอบแคตไอออนหมู่ II



ภาพที่ 2.3 แผนผังการพิสูจน์เอกลักษณ์ Cu^{2+}



ภาพที่ 2.4 แผนผังการพิสูจน์เอกลักษณ์ Hg^{2+} และ Bi^{3+}

ตอนที่ 3 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของแคตไอออนหมู่ III (Fe^{3+}, Co^{2+} และ Mn^{2+})

3.1 การตกตะกอนในภาพของเกลือซัลไฟด์หรือไฮดรอกไซด์ในสภาวะที่เป็นเบส

1. นำหลอดทดลองที่สะอาด 3 หลอด มาเติมสารละลาย Fe^{3+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 1 สารละลาย Co^{2+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 2 และสารละลาย Mn^{2+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 3

2. เติม 2 M NH_4Cl 5 – 6 หยด ลงไปในหลอดทั้ง 3 จากนั้นเติม 4 M NH_3 ทีละหยดลงในทุกหลอด เติมจนกระทั่งสารละลายมีสมบัติเป็นเบส (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) เขย่าหลอดทดลอง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด

<u>หมายเหตุ</u> ในหลอดที่มี Fe^{3+} ควรจะสังเกตเห็นตะกอนสีน้ำตาลแดงของ $Fe(OH)_3$

3. จากนั้นเติม 0.2 M Na_2S ลงในหลอดทั้ง 3 ประมาณ 2 – 3 หยด เขย่าหลอดทดลอง สังเกตสีของตะกอนที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด ในหลอดที่ 1 จะเห็นตะกอนเป็นสีดำเพราะมี FeS เกิดขึ้นด้วย ส่วนหลอดที่ 2 จะเห็นตะกอนดำของ CoS และหลอดที่ 3 เป็นตะกอนสีเปลือกไข่หรือชมพูอ่อนของ MnS

<u>หมายเหตุ</u> การพิสูจน์เอกลักษณ์ของแคตไอออนหมู่ III ไม่จำเป็นต้องนำตะกอนซัลไฟด์ของแคตไอออนเหล่านี้มาละลายเพื่อนำไปพิสูจน์เอกลักษณ์

3.2 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Fe^{3+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. หยดสารละลาย Fe^{3+} จำนวน 5 – 10 หยด ลงในหลอดทดลองที่สะอาด

2. เติม 0.2 M KSCN 2 – 4 หยด เขย่าหลอดทดลอง สังเกตสีของสารละลายที่เกิดขึ้น (สีแดงเลือดนกของ $[Fe(SCN)_6]^{3-}$)

3.3 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Co^{2+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. หยดสารละลาย Co^{2+} จำนวน 5 – 10 หยด ลงในหลอดทดลองที่สะอาด

2. เติมสารละลายอิ่มตัว NH_4SCN ในเอทานอล 10 – 20 หยด เขย่าหลอดทดลอง สังเกตสีของสารละลายจะมีสีฟ้าของ $[Co(SCN)_4]^{2-}$ ที่เสถียรในแอลกอฮอล์

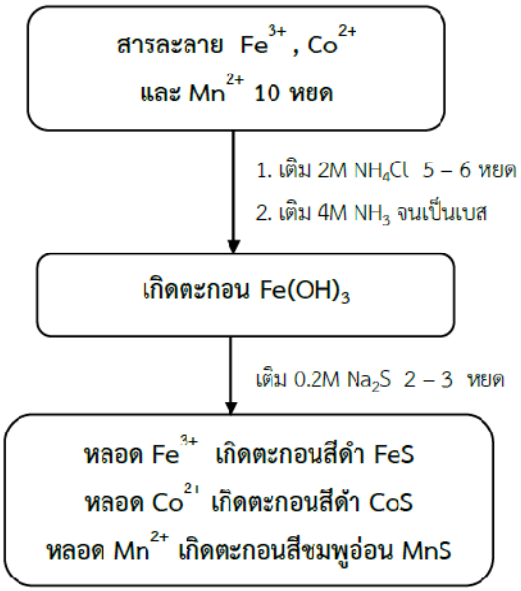
3.4 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Mn^{2+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. หยดสารละลาย Mn^{2+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดทดลองที่สะอาด

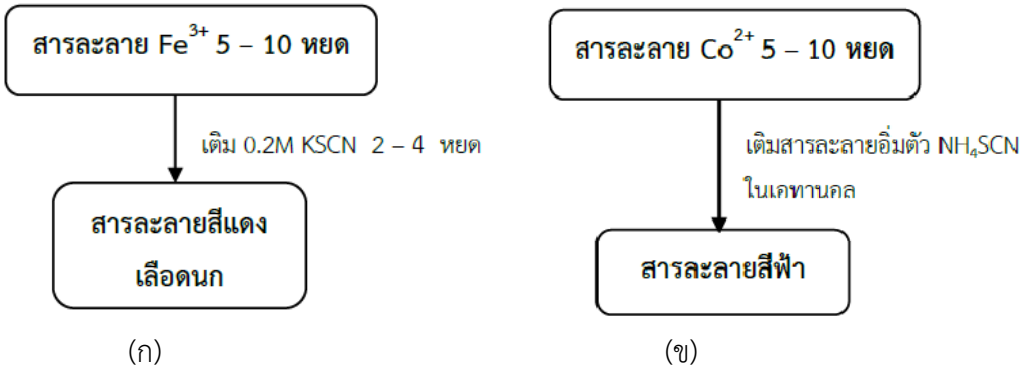
2. เติม 6 M HNO_3 4 หยด เขย่าหลอดทดลอง

3. เติมเกลือ $NaBiO_3$ ลงไปประมาณเท่าหัวไม้ขีด เขย่าให้ละลาย สังเกตสีของสารละลายซึ่งจะเป็นสีชมพูม่วงของ MnO_4^- จะเกิดขึ้นทันที (จะมีตะกอนดำของ Bi เกิดขึ้นอยู่ที่ก้นหลอด)

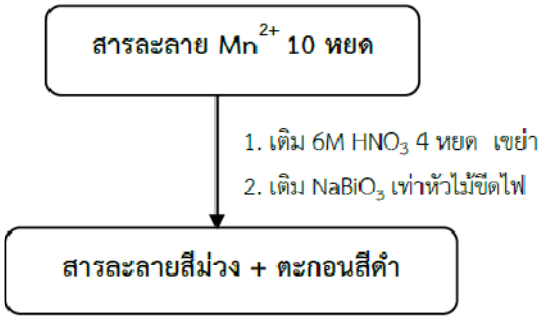
การศึกษาปฏิกิริยาของแคตไอออนหมู่ II บางชนิด ดังสรุปเป็นแผนผังในภาพที่ 2.5 – 2.6



ภาพที่ 2.5 แผนผังการทดสอบแคตไอออนหมู่ III



(ก) (ข)



(ค)

ภาพที่ 2.6 แผนผังการพิสูจน์เอกลักษณ์ (ก) Fe^{3+} (ข) Co^{2+} (ค) Mn^{2+}

ตอนที่ 4 การศึกษาปฏิกิริยาของแคตไอออนหมู่ IV (Ba^{2+} , Ca^{2+} และ Sr^{2+})

4.1 การตกตะกอนในภาพของเกลือคาร์บอเนต

1. นำหลอดทดลองที่สะอาด 3 หลอด มาเติมสารละลาย Ba^{2+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 1 สารละลาย Ca^{2+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 2 และสารละลาย Sr^{2+} จำนวน 10 หยด ลงในหลอดที่ 3

2. เติม 2 M NH_4Cl 5 หยด ลงในหลอดที่ 1 เขย่าหลอดทดลอง เติม 4 M NH_3 ลงไปทีละหยดจนสารละลายเป็นเบส (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) และทำเช่นเดียวกันนี้กับหลอดที่ 2 และ 3

3. เติม 3 M $(NH_4)_2CO_3$ 8 หยด ลงในแต่ละหลอด เขย่าหลอดทดลองแล้วนำไปอุ่นในน้ำร้อนที่ประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 – 5 นาที ควรเขย่าหลอดเป็นครั้งคราว สังเกตตะกอนที่เกิดขึ้นในหลอดทั้ง 3 นำหลอดเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป เก็บตะกอนไว้ศึกษาต่อไป

4.2 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Ba^{2+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. นำหลอดที่มีตะกอน $BaCO_3$ (หลอดที่ 1) มาเติม 2 M CH_3COOH 8 – 10 หยด นำหลอดไปอุ่นในน้ำเดือด สังเกตการละลายของตะกอน

2. เมื่อตะกอนละลายหมดแล้ว เติมน้ำกลั่น 10 หยด เขย่าหลอดแล้วหยด 1 M K_2CrO_4 ลงไปทีละหยด จะเห็นตะกอนเหลืองของ $BaCrO_4$ นำหลอดเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายทิ้งไป

3. ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น 20 หยด นำหลอดเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป ทำการล้างตะกอนอีกครั้งหนึ่งด้วยน้ำกลั่น 20 หยด จากนั้นนำตะกอน $BaCrO_4$ มาเติม 6 M HCl ทีละหยด จนตะกอนละลายได้หมด (แบ่งบางส่วนไว้ทดสอบในข้อ 4) จึงนำมาเติม 6 M H_2SO_4 จะสังเกตเห็นตะกอนขาว $BaSO_4$ ซึ่งไม่ละลายใน HCl เจือจาง

4. การทดสอบเปลวไฟเพื่อยืนยันว่าเป็น Ba^{2+} ทำโดยนำเอาสารละลาย Ba^{2+} ที่ได้จากการละลายด้วย 6 M HCl (จากข้อ 2) มาทดสอบสีเปลวไฟจะปรากฏเป็นสีเขียวเหลือง

4.3 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Ca^{2+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

1. นำหลอดที่มีตะกอน $CaCO_3$ (หลอดที่ 2) มาเติม 2 M CH_3COOH 8 – 10 หยด เขย่าหลอดทดลอง นำไปอุ่นในน้ำเดือด สังเกตการณ์ละลายของตะกอน

2. เมื่อตะกอนละลายหมดแล้ว เติม 4 M NH_3 ลงไปทีละหยด พร้อมทั้งเขย่าหลอด จนสารละลายเป็นเบส (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส)

3. เติม 3 M $(NH_4)_2CO_3$ 3 – 4 หยด เขย่าหลอดแล้วนำไปอุ่นในน้ำร้อน (อุณหภูมิประมาณ $60^{\circ}C$) สังเกตตะกอนสีขาวของ $CaCO_3$

4. การทดสอบเปลวไฟเพื่อยืนยันว่าเป็น Ca^{2+} ทำโดยนำสารละลาย Ca^{2+} ที่ได้จากการละลายตะกอน $CaCO_3$ ด้วย 6 M HCl มาทดสอบสีเปลวไฟ จะเห็นเปลวไฟสีแดงอิฐ

4.4 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีของ Sr^{2+} และพิสูจน์เอกลักษณ์

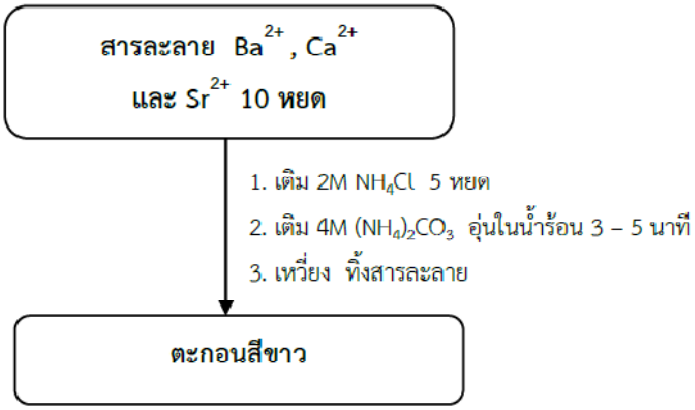
1. นำหลอดที่มีตะกอน $SrCO_3$ (หลอดที่ 3) มาเติม 2 M CH_3COOH 8 – 10 หยด เขย่าหลอดทดลอง นำไปอุ่นในน้ำเดือด สังเกตการละลายของตะกอน

2. เมื่อตะกอนละลายหมดแล้ว จึงเติม Sat. $(NH_4)_2SO_4$ 8 – 10 หยด ลงไป พร้อมทั้งเขย่าหลอดตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที จะมีตะกอนสีขาวของ $SrSO_4$ เกิดขึ้น (ถ้าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นให้เติม Sat. $(NH_4)_2SO_4$ ลงไปอีก)

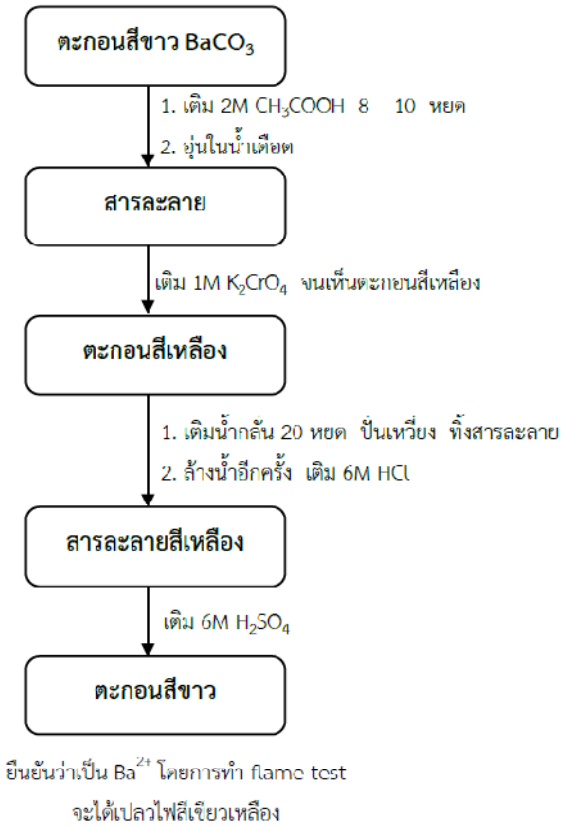
3. การทดสอบเปลวไฟเพื่อยืนยันว่าเป็น Sr^{2+} ทำโดยนำสารละลาย Sr^{2+} ที่ได้จากการละลายตะกอน $SrSO_4$ ด้วย 6 M HCl มาทดสอบสีเปลวไฟ จะเห็นเปลวไฟสีแดงเลือดนก

<u>หมายเหตุ</u> ในกรณีที่ดูสีเปลวไฟของ Ca^{2+} ไม่ชัดเจนให้ทำการทดสอบด้วยการนำสารละลายตัวอย่าง 10 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม 2 M NH_4Cl 10 หยด เขย่าหลอดแล้วเติม 1 M $K_4Fe(CN)_6$ 8 หยด เขย่าให้เข้ากัน วางทิ้งไว้สักครู่ สังเกตตะกอนสีขาวที่เกิดขึ้น ปฏิกิริยานี้อาจถูกรบกวน ถ้าหากในสารละลายตัวอย่างมี Ba^{2+} และ Mg^{2+} ปะปนอยู่ด้วยกัน

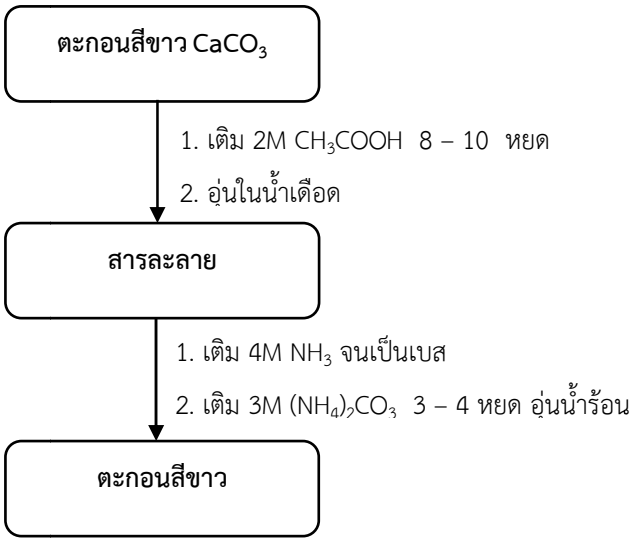
การศึกษาปฏิกิริยาของแคตไอออนหมู่ IV บางชนิด ดังสรุปเป็นแผนผังในภาพที่ 2.7 – 2.10



ภาพที่ 2.7 แผนผังการทดสอบแคตไอออนหมู่ IV



ภาพที่ 2.8 แผนผังการพิสูจน์เอกลักษณ์ Ba^{2+}



ภาพที่ 2.9 แผนผังการพิสูจน์เอกลักษณ์ Ca^{2+}

ภาพที่ 2.10 แผนผังการพิสูจน์เอกลักษณ์ Sr^{2+}

ตอนที่ 5 การศึกษาปฏิกิริยาของแคตไอออนหมู่ V (Na^+, K^+ และ NH_4^+)

5.1 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของ Na^+ และ K^+

1. นำลวดนิโครมที่มาขดเป็นวงเล็ก ๆ ที่ปลายด้านหนึ่ง ทำความสะอาดโดยการจุ่มลวดนิโครมลงในน้ำกลั่นแล้วเผาลวดด้วยเปลวไฟ โดยสังเกตสีของเปลวไฟที่ได้จากลวดนิโครม ถ้าสีของเปลวไฟที่ได้เป็นสีเดียวกับสีเดิมของเปลวไฟแสดงว่าสะอาดสามารถนำไปใช้งานได้ในขั้นต่อไป

2. จุ่มลวดนิโครมที่ได้จากข้อ 1 ลงในสารละลายที่มี Na^+ นำไปเผาด้วยเปลวไฟ ถ้ามี Na^+ อยู่จะให้เปลวไฟสีเหลือง

3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 เปลี่ยนจากสารละลาย Na^+ เป็นสารละลาย K^+ ซึ่งให้เปลวไฟสีม่วง ทุกครั้งที่จะเปลี่ยนสารละลายต้องทำความสะอาดลวดนิโครมก่อนจนมั่นใจว่าไม่มีสารอื่นติดค้างอยู่

5.2 การพิสูจน์เอกลักษณ์ NH_4^+

1. แบ่งสารละลาย NH_4^+ 2 ลบ.ซม. ลงในหลอดทดลอง จากนั้นนำไปใช้แช่ในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนสารละลายเริ่มมีไอเกิดขึ้น

2. จากนั้น นำกระดาษลิตมัสชื้นสีแดงไปอังไว้ที่ปากหลอดทดลองถ้าสารละลายมี NH_4^+ อยู่ กระดาษลิตมัสจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

ปฏิกิริยาเคมีของแอนไอออนบางชนิดและการวิเคราะห์คุณภาพ
(Reaction of some Anion and Qualitative Analysis)

หลักการและทฤษฎี

แอนไอออนเป็นไอออนที่มีประจุเป็นลบ เกิดจากการแตกตัวของกรดและเกลือ ตามปกติแอนไอออนมักเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไป ยกเว้น ฟลูออไรด์ คลอไรด์ โบรไมด์ ไอโอไดด์และซัลไฟด์ไอออน แอนไอออนบางชนิดเป็นตัวรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับตัวออกซิไดซ์เกิดการให้และรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน หรือปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ซัลไฟด์ไอออนสามารถรีดิวซ์คลอเรตไอออนให้ผลิตภัณฑ์เป็นซัลเฟตและคลอไรด์ไอออน

แอนไอออนบางชนิดเมื่อทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ที่เหมาะสมจะตกตะกอนแยกออกมา ตะกอนที่ได้มีสมบัติในการละลายในกรดหรือเบสต่างกัน จากข้อแตกต่างของการตกตะกอนและการละลายของตะกอนนี้เอง ทำให้เราสามารถแบ่งแอนไอออนออกเป็นกลุ่มตามสมบัติที่คล้ายกันในการตกตะกอน

นอกจากจะแบ่งตามการตกตะกอนแล้ว ยังสามารถแบ่งแอนไอออนออกเป็นกลุ่มตามสมบัติการเป็นตัวออกซิไดส์และเป็นตัวรีดิวซ์ เช่น ไนเตรตไอออน (NO_3^-) เป็นตัวออกซิไดซ์ ส่วนโบรไมด์ไอออน (Br^-) และไอโอไดด์ไอออน (I^-) เป็นตัวรีดิวซ์ เป็นต้น

ในการทดลองนี้จะศึกษาปฏิกิริยาของแอนไอออนต่อไปนี้ คือ ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ฟอสเฟตไอออน (PO_3^{4-}) คาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) คลอไรด์ไอออน (Cl^-) โบรไมด์ไอออน (Br^-) ไอโอไดด์ไอออน (I^-) ไธโอไซยาเนตไอออน (SCN^-) และไนเตรตไอออน (NO_3^-) กับสารละลายแบเรียมไนเตรต $Ba(NO_3)_2$ และซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) และศึกษาปฏิกิริยาเฉพาะตัวของแอนไอออน

ในการทดลองนี้เราจำแนกแอนไอออนออกเป็น 3 กลุ่ม โดยอาศัยความสามารถในการตกตะกอนกับสารละลายแบเรียมไนเตรต ($Ba(NO_3)_2$) และสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) และกลุ่มที่ไม่ตกตะกอน

ปฏิกิริยาที่น่าสนใจของแอนไอออน

1. ปฏิกิริยาของ SO_4^{2-}

เมื่อให้ SO_4^{2-} ทำปฏิกิริยากับ Ba^{2+} จะได้ตะกอนสีขาวของแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) ซึ่งไม่ละลายใน HCl ดังสมการ 3.1

$$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons BaSO_4(s) \qquad (3.1)$$

2. ปฏิกิริยาของ PO_4^{3-}

เมื่อให้ PO_4^{3-} ทำปฏิกิริยากับสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_2MoO_4$) ใน HNO_3 จะเกิดตะกอนสีเหลืองของแอมโมเนียมฟอสโฟโมลิบเดต $(NH_4)_3PO_4 .12MoO_3$ ดังสมการ 3.2

$$PO_4^{3-}(aq) + 3NH_4^+(aq) + 12\ MoO_4^{2-}(aq) + 24\ H_3O^+ \longrightarrow (NH_4)_3PO_4 .\ 12MoO_4(s) + 36H_2O \qquad (3.2)$$

$(NH_4)_2MoO_4$ ที่เติมต้องให้มากเกินพอเพื่อให้ตกตะกอนอย่างสมบูรณ์ และถ้าในสารละลายที่จะทดสอบมีตัวรีดิวซ์อยู่ด้วยสามารถกำจัดออกได้โดยต้มสารละลายกับ 6 M HNO_3 ก่อน

3. ปฏิกิริยาของ CO_3^{2-}

เมื่อให้ CO_3^{2-} ทำปฏิกิริยากับกรดจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งแก๊สนี้สามารถทดสอบได้โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ ($Ba(OH)_2$) หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) จะเกิดตะกอนสีขาวของแบเรียนคาร์บอเนต ($BaCO_3$) หรือแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ดังสมการ 3.3 และ 3.4

$$CO_3^{2-}(aq) + 2H_3O^+ \longrightarrow 3H_2O + CO_2(g) \qquad (3.3)$$

$$CO_2(g) + Ba^{2+}(aq) + 2OH^- \longrightarrow BaCO_3(s) + H_2O \qquad (3.4)$$

4. ปฏิกิริยาของ Cl^-

เมื่อให้ Cl^- ทำปฏิกิริยากับ Ag^+ ในสารละลายเจือจางของ HNO_3 จะได้ตะกอนสีขาวของ AgCl ดังสมการ 3.5 ตะกอนนี้อาจกลายเป็นสีเทาม่วงหรือดำได้เมื่อถูกแสง

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl\ (s) \qquad (3.5)$$

AgCl ไม่ละลายในกรด เช่น HNO_3 แต่จะละลายได้ถ้าหากมีสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับ Ag^+ เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน เช่น NH_3 , $Na_2S_2O_3$ และ KCN เป็นต้น ในกรณีของ NH_3 ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ 3.6

$$AgCl\ (s) + 2NH_3(aq) \longrightarrow [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^-(aq) \qquad (3.6)$$

เมื่อนำสารละลายมาทำให้เป็นกรดอีกครั้ง AgCl ก็จะตกตะกอนกลับคืนมาดังสมการ 3.7

$$[Ag(NH_3)_2]^+(aq) + Cl^-(aq) + 2H_3O^+ \longrightarrow AgCl(s) + 2NH_4^+(aq) + 2H_2O \qquad (3.7)$$

5. ปฏิกิริยาของ Br^-

เมื่อให้ Br^- ทำปฏิกิริยากับ Ag^+ ในสารละลายกรด HNO_3 เจือจาง จะได้ตะกอนสีเหลืองอ่อนของซิลเวอร์โบรไมด์ (AgBr) ซึ่งไม่ละลายในน้ำและ HNO_3 แต่สามารถละลายได้เล็กน้อยในสารละลาย NH_3 ดังสมการ 3.8 และ 3.9

$$Ag^+(aq) + Br^-(aq) \rightleftharpoons AgBr(s) \qquad (3.8)$$

$$AgBr(s) + 2NH_3(aq) \longrightarrow [Ag(NH_3)_2]^+(aq) + Br^-(aq) \qquad (3.9)$$

ตะกอน AgBr สามารถทำปฏิกิริยากับผงสังกะสีในน้ำหรือใน 1 M H_2SO_4 ดังสมการ 3.10

$$2\,AgBr(s) + Zn(s) \longrightarrow 2Ag(s) + Zn^{2+}(aq) + 2Br^-(aq) \qquad (3.10)$$

การทดสอบ Br^- ทำได้โดยออกซิไดซ์ให้เป็น Br_2 ด้วยเปอร์แมงกาเนตไอออน (MnO_4^-) และเมื่อสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2) จะได้สีเหลืองในชั้น CH_2Cl_2 ดังสมการ 3.11

$$10\,Br^-(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 16H^+ \longrightarrow 5Br_2 + 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O \qquad (3.11)$$

6. ปฏิกิริยาของ I^-

เมื่อให้ I^- ทำปฏิกิริยากับ Ag^+ ใน HNO_3 เจือจาง จะได้ตะกอนสีเหลืองของซิลเวอร์ไอโอไดด์ (AgI) ซึ่งไม่ละลายใน HNO_3 หรือสารละลาย NH_3 ดังสมการ 3.12

$$Ag^+(aq) + I^-(aq) \rightleftharpoons AgI(s) \qquad (3.12)$$

ตะกอน AgI สามารถทำปฏิกิริยากับผงสังกะสีในน้ำหรือใน 1 M H_2SO_4 ดังสมการ 3.13

$$2AgI(s) + Zn(s) \longrightarrow 2Ag(s) + Zn^{2+}(aq) + 2I^-(aq) \qquad (3.13)$$

การทดสอบ I^- ทำได้โดยออกซิไดซ์ให้เป็นไอโอดีน (I_2) ด้วยโพแทสเซียมเปอร์ออกซีซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) ในสารละลายที่เป็นกรดและเมื่อสกัดด้วย CH_2Cl_2 จะได้สีม่วงในชั้นของ CH_2Cl_2 ดังสมการ 3.14

$$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) \longrightarrow I_2 + 2SO_4^{2-}(aq) \qquad (3.14)$$

7. ปฏิกิริยาของ SCN^-

เมื่อให้ SCN^- ทำปฏิกิริยากับ Ag^+ ในสารละลายกรด HNO_3 เจือจาง จะได้ตะกอนสีขาวของ AgSCN ตะกอนนี้ไม่ละลายใน HNO_3 เจือจาง หรือในสารละลาย $(NH_4)_2CO_3$ แต่ละลายได้เล็กน้อยในสารละลาย NH_3

เมื่อให้ SCN^- ทำปฏิกิริยากับ Fe^{3+} จะได้สารละลายสีแดงเลือดนกของ $[Fe(SCN)_6]^{3-}$ ดังสมการ 3.15

$$Fe^{3+}(aq) + 6SCN^-(aq) \rightleftharpoons [Fe(SCN)_6]^{3-}(aq) \qquad (3.15)$$

ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาที่สำคัญสำหรับการทดสอบ SCN^- และในขณะที่ทำการทดลองควรทำให้เป็นกรดเล็กน้อยเพื่อป้องกันการเกิดไฮโดรลิซิสของ $[Fe(SCN)_6]^{3-}$ ซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลือง

8. ปฏิกิริยาของ NO_3^-

NO_3^- จะไม่ตกตะกอนกับเกลือแบเรียมและเกลือซิลเวอร์ แต่จะทำปฏิกิริยากับ Fe^{2+} ในสภาวะที่เป็นกรดโดย Fe^{2+} จะรีดิวซ์ NO_3^- ได้ NO ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อไป Fe^{2+} ที่เหลืออยู่ เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลของ $[Fe(H_2O)_5NO]^{2+}$ ดังสมการ 3.16 และ 3.17

$$3Fe^{2+}(aq) + NO_3^-(aq) + 4H_3O^+ \longrightarrow 3Fe^{3+}(aq) + NO + 6H_2O \qquad (3.16)$$

$$NO + Fe^{2+}\ (excess) + 5H_2O \longrightarrow [Fe(H_2O)_5NO]^{2+} \qquad (3.17)$$

สารเคมี

1. สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ; 6 M HNO_3
2. สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ; conc.H_2SO_4 และ 6 M H_2SO_4
3. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) ; 0.1 M $FeCl_3$
4. สารละลายแอมโมเนีย (NH_3) ; 6 M NH_3 และ conc. NH_3
5. สารละลายแบเรียมไนเตรต ($Ba(NO_3)_2$) ; 0.1 M $Ba(NO_3)_2$
6. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) ; 0.1 M $AgNO_3$
7. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_2MoO_4$) ; 0.5 M $(NH_4)_2MoO_4$
8. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ; 0.2 % $KMnO_4$
9. สารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ; 20 % $FeSO_4$
10. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ; 2 M NH_4Cl

11. โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) (s)

12. ไดคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง (test tube)
2. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (test tube rack)
3. อ่างน้ำร้อน (water bath)
4. เครื่องเหวี่ยง (centrifuge)
5. แท่งแก้ว (stirring rod)
6. หลอดหยด (dropper)
7. กระดาษลิตมัส (litmus paper)
8. แท่นให้ความร้อน (hot plate)

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาปฏิกิริยาของแอนไอออนกับ 0.1 M $Ba(NO_3)_2$ และ 0.1 M $AgNO_3$

1.3 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีกับ 0.1 M $Ba(NO_3)_2$

1. นำสารละลายของแอนไอออนต่อไปนี้ SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- , SCN^- และ NO_3^- จำนวน 10 – 15 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 1 ชนิด ตามลำดับ

2. ทดสอบความเป็นกรด – เบส และกลางของสารละลายทุก ๆ หลอด ด้วยกระดาษลิตมัส

3. เติม 0.1 M $Ba(NO_3)_2$ ลงในหลอดที่ 1 ทีละหยดพร้อมทั้งเขย่าจำนวน 5 หยด ให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

4. ทำซ้ำข้อ 3 กับสารละลายแอนไอออนที่เหลืออีก 7 ชนิด

1.4 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีกับ 0.1 M $AgNO_3$

1. นำสารละลายของแอนไอออนทั้ง 8 ชนิด จำนวน 5 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 1 ชนิด แล้วเติม 6 M HNO_3 จำนวน 5 หยด ลงในทุกหลอด ทดสอบความเป็นกรด (ถ้าหากไม่เป็นกรดให้เติม 6 M HNO_3 ลงไปอีกเล็กน้อย)

2. เติม 0.1 M $AgNO_3$ ลงในหลอดที่ 1 ทีละหยด พร้อมทั้งเขย่าจำนวน 5 หยด ให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

3. ทำซ้ำข้อ 2 กับสารละลายแอนไอออนที่เหลืออีก 7 ชนิด

ตอนที่ 2 การศึกษาปฏิกิริยาเคมีเฉพาะของแอนไอออนแต่ละชนิด

2.1 ปฏิกิริยาเคมีของ SO_4^{2-}

1. นำสารละลาย SO_4^{2-} จำนวน 5 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม 6 M HCl ทีละหยด จนสารละลายเป็นกรด (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) แล้วหยด 0.1 M $Ba(NO_3)_2$ ลงไป 5 หยด สังเกตตะกอนขาว $BaSO_4$ ที่เกิดขึ้น ซึ่งไม่ละลายในกรดเกลือเจือจาง

2.2 ปฏิกิริยาเคมีของ PO_4^{3-}

1. นำสารละลาย PO_4^{3-} จำนวน 10 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม 6 M HNO_3 1 cm^3 เขย่าหลอดแล้วเติม 0.5 M $(NH_4)_2MoO_4$ ลงไปอีก 1 cm^3 เขย่าหลอดทดลองแล้วนำไปอุ่นในน้ำร้อนนาน 3 – 5 นาที จะเห็นตะกอนเหลือง $(NH_4)_3PO_4 . 12MoO_4$ เกิดขึ้น

2.3 ปฏิกิริยาเคมีของ CO_3^{2-}

1. นำสารละลาย CO_3^{2-} จำนวน 10 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม 6 M H_2SO_4 ลงในหลอดทีละหยด สังเกตฟองแก๊สที่เกิดขึ้นของ CO_2

2.4 ปฏิกิริยาเคมีของ Cl^-

1. นำสารละลาย Cl^- จำนวน 5 – 8 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม 6 M HNO_3 ทีละหยด จนสารละลายเป็นกรด (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) เติม 0.1 M $AgNO_3$ 5 หยด เขย่าหลอด สังเกตตะกอนขาว AgCl นำหลอดเข้าเครื่องเหวี่ยง รินสารละลายใสทิ้งไป

3. ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น 10 – 15 หยด นำเข้าเครื่องเหวี่ยงรินสารละลายใสทิ้งไป แล้วล้างตะกอนอีกครั้งหนึ่งด้วยน้ำกลั่น 10 – 15 หยด

4. เติม conc. NH_3 ลงบนตะกอนทีละหยด สังเกตการละลายของตะกอน จากนั้นเติม 6 M HNO_3 ลงไปทีละหยด จนกระทั่งสารละลายเป็นกรด (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) สังเกตตะกอนขาว AgCl ที่ตกกลับมาอีกครั้งหนึ่ง

2.5 ปฏิกิริยาเคมีของ Br^-

1. นำสารละลาย Br^- จำนวน 10 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม 6 M HNO_3 ลงไปทีละหยดจนกระทั่งสารละลายเป็นกรด (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) นำหลอดไปอุ่นในน้ำร้อนประมาณ 1 – 2 นาที นำหลอดมาวางทิ้งไว้ให้เย็นจึงเติม CH_2Cl_2 ลงไป 1 – 2 ลบ. ซม. แล้วค่อย ๆ หยด 0.2 % $KMnO_4$ ลงไปทีละหยด เขย่าหลอดทดลอง สังเกตสีเหลืองจำปาของ Br_2 ในชั้น CH_2Cl_2 (ชั้นล่างของสารละลาย)

2.6 ปฏิกิริยาเคมีของ I^-

1. นำสารละลาย I^- จำนวน 10 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม 6 M H_2SO_4 5 หยด เขย่าหลอดทดลอง นำหลอดไปอุ่นในน้ำร้อนประมาณ 2 นาที

3. เติมผลึก $K_2S_2O_8$ ลงไปเล็กน้อย เขย่าหลอดแล้วเติม 6 M H_2SO_4 ลงไปอีก 10 หยด นำหลอดไปอุ่นในน้ำเดือดจนกระทั่งสารละลายในหลอดเกือบเดือด

4. นำหลอดมาวางทิ้งไว้ให้เย็นจึงเติม CH_2Cl_2 ลงไป 10 หยด เขย่าอย่างแรง จะสังเกตเห็นสีชมพูม่วงของ I_2 ในชั้น CH_2Cl_2 (ชั้นล่างของสารละลาย)

2.7 ปฏิกิริยาของ SCN^-

1. นำสารละลาย SCN^- จำนวน 5 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม 6 M HCl ลงไปทีละหยด พร้อมทั้งเขย่าหลอด จนกระทั่งสารละลายเป็นกรด (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส)

3. เติม 0.1 M $FeCl_3$ 2 – 3 หยด เขย่าหลอดทดลอง จะสังเกตเห็นสารละลายสีแดงเลือดนกของ $[Fe(SCN)_6]^{3-}$

2.8 ปฏิกิริยาของ NO_3^-

1. นำสารละลาย NO_3^- จำนวน 15 – 20 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติม conc. H_2SO_4 ลงไป 2 ลบ.ซม. เขย่าหลอด แล้วนำหลอดไปวางทิ้งไว้ให้เย็น

3. จับหลอดเอียงเป็นมุม 45 องศา จึงค่อย ๆ เติม 20% $FeSO_4$ (ซึ่งเตรียมขึ้นใหม่ๆ) ให้ไหลลงไปทางผนังด้านข้างหลอดประมาณ 1 ลบ.ซม. แล้วยกหลอดขึ้นตั้งตรงจะสังเกตเห็นวงแหวนสีน้ำตาลของ $[Fe(H_2O)_5NO]^{2+}$ เกิดขึ้นระหว่างชั้นของสารละลาย (สีของวงแหวนจะเข้มข้นหากวางทิ้งไว้สักครู่)

<u>หมายเหตุ</u> conc. H_2SO_4 เป็นกรดที่มีฤทธิ์กัดรุนแรง ดังนั้นในขณะเติมกรดลงในหลอดควรใช้ที่จับหลอดจับไว้ และ 20% $FeSO_4$ เตรียมได้โดยนำ $FeSO_4$ ประมาณเท่าหัวไม้ขีดมาละลายในน้ำกลั่น 1 ลบ.ซม.

การวิเคราะห์สารตัวอย่าง

(Analysis of Unknown Sample

หลักการและทฤษฎี

ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างควรทำเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้ ตอนแรกควรตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ เช่น สถานะ สี ลักษณะของผลึกในกรณีที่เป็นของแข็ง เป็นต้น เนื่องจากสีของสารเป็นลักษณะเฉพาะตัวที่สำคัญอย่างหนึ่งที่อาจจะบอกได้ว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุชนิดใด เช่น ถ้าเป็นผลึกสีฟ้าอาจหมายถึงเกลือทองแดง สีชมพูอาจเป็นเกลือโคบอลต์หรือแมงกานีส เป็นต้น

ขั้นต่อไป จะเป็นการเตรียมสารตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ ในกรณีที่สารตัวอย่างเป็นของเหลวเราอาจนำมาวิเคราะห์ในขั้นต่อไปได้เลย แต่ถ้าเป็นของแข็งจะต้องหาตัวทำละลายเพื่อทำเป็นสารละลายก่อน ตัวทำละลายที่มักใช้กันได้แก่ น้ำ สารตัวอย่างที่ละลายในน้ำได้ดีมากมักจะเป็นเกลือของ Na^+ , K^+ หรือ NH_4^+ ในกรณีของสารตัวอย่างที่ไม่ละลายน้ำก็มักจะละลายได้ในกรด เช่น HCl , HNO_3 , H_2SO_4 และกรดกัดทอง (aqua regia) เป็นต้น

ในกรณีที่ใช้กรดเป็นตัวทำละลาย เริ่มแรกมักใช้กรด HCl ก่อน ถ้าไม่ละลายใน HCl ให้ใช้ HNO_3 ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงกว่า HCl ถ้ายังไม่ละลายให้ใช้กรดกัดทองซึ่งเป็นกรดผสมระหว่าง HCl กับ HNO_3 ในอัตราส่วน 3 : 1 โดยปริมาตร และเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงกว่า HNO_3

ถ้าสารตัวอย่างไม่ละลายในน้ำหรือกรดต่าง ๆ เราสามารถทำให้อยู่ในรูปของสารละลายได้โดยการต้มกับ Na_2CO_3 แคทไอออนในสารตัวอย่างจะตกตะกอนในรูปของเกลือคาร์บอเนตซึ่งสามารถละลายได้ในกรด และแอนไอออนจะอยู่ในสารละลายซึ่งสามารถนำไปทดสอบต่อไปได้ (วิธีนี้ใช้ทดสอบ CO_3^{2-} ในสารตัวอย่างไม่ได้) เมื่อสารตัวอย่างอยู่ในรูปของสารละลายแล้ว ก็นำไปวิเคราะห์หาแคทไอออนและแอนไอออนตามลำดับ

สารเคมีและอุปกรณ์

เช่นเดียวกับบทที่ 2 และ 3

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่าง

ศึกษาสมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่างที่ได้รับ เช่น สี หรือกลิ่น เป็นต้น โดยเฉพาะสีเป็นลักษณะเฉพาะตัวที่สำคัญอย่างหนึ่งที่อาจจะบอกได้ว่าสารนั้นประกอบด้วยแคทไอออนหรือแอนไอออนชนิดใด

ตอนที่ 2 การทดสอบหาแคทไอออนในสารตัวอย่าง

1. นำสารละลายตัวอย่างจำนวน 10 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม 3 M HCl ลงไปทีละหยด พร้อมเขย่าหลอดทดลอง **ถ้ามีตะกอนเกิดขึ้น แสดงว่ามีแคทไอออนหมู่ I** นำสารตัวอย่างไปวิเคราะห์เพื่อหาแคทไอออนหมู่ I

2. ถ้าไม่มีตะกอนเกิดขึ้น ให้นำมาเติม conc. HCl 8 – 10 หยด และ 10 % CH_3CSNH_2 8 – 10 หยด เขย่าหลอดแล้วนำไปอุ่นในน้ำเดือด **ถ้ามีตะกอนเกิดขึ้น แสดงว่ามีแคทไอออนในหมู่ II** จากนั้นวิเคราะห์หาชนิดของแคทไอออนหมู่ II

3. ถ้าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นในข้อ 1 และ 2 ให้นำสารตัวอย่างจำนวน 10 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม 2 M NH_4Cl 5 – 6 หยด และ conc. NH_3 จนสารละลายเป็นเบส จากนั้นเติม 0.2 M Na_2S 2 – 3 หยด เขย่าหลอดทดลอง **ถ้ามีตะกอนเกิดขึ้น แสดงว่ามีแคทไอออนหมู่ III** นำสารตัวอย่างไปวิเคราะห์เพื่อหาแคทไอออนหมู่ III

4. ถ้าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นในข้อ 1 , 2 และ 3 ให้นำสารละลายตัวอย่างจำนวน 20 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม 2 M NH_4Cl 10 หยด และ 6 M NH_3 ลงไปทีละหยด จนสารละลายเป็นเบสจึงเติม 3 M $(NH_4)_2CO_3$ 20 หยด เขย่าหลอดแล้วนำไปอุ่นในน้ำร้อน (อุณหภูมิ 50 – 60 องศาเซลเซียส) **ถ้ามีตะกอนเกิดขึ้นแสดงว่ามีแคทไอออนหมู่ IV** จากนั้นนำสารตัวอย่างไปวิเคราะห์เพื่อหาแคทไอออนหมู่ IV

5. ถ้าสารละลายตัวอย่างไม่ตกตะกอนกับรีเอเจนต์ในข้อ 1 – 4 ให้นำไปทดสอบแคทไอออนหมู่ V โดยการทดสอบสีของเปลวไฟว่าเป็น Na^+ หรือ K^+ และทดสอบ NH_4^+ ด้วยกระดาษลิตมัส

ตอนที่ 3 การทดสอบหาแอนไอออนในสารตัวอย่าง

1. นำสารละลายตัวอย่างจำนวน 10 หยด ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม 0.1 M $Ba(NO_3)_2$ ลงไปทีละหยด จำนวน 5 หยด พร้อมทั้งเขย่าหลอดทดลอง **ถ้ามีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น**

ก. แสดงว่ามีแอนไอออนเป็น SO_4^{2-} , PO_4^{3-} หรือ CO_3^{2-}

ข. นำสารละลายตัวอย่างมาทดสอบเพื่อหาชนิดแอนไอออน

ถ้าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นให้ทำการทดลองข้อที่ 2 ต่อไป

2. นำสารละลายตัวอย่างจำนวน 10 หยด ใส่ลงในหลอดทดลองเติม 6 M HNO_3 จนสารละลายเป็นกรดจึงเติม 0.1 M $AgNO_3$ 5 หยด เขย่าหลอดทดลอง **ถ้ามีตะกอนเกิดขึ้น**

ก. แสดงว่ามีแอนไอออนเป็น Cl^-, Br^-, I^- หรือ SCN^-

ข. นำสารละลายตัวอย่างที่เหลือมาทดสอบเพื่อหาว่าเป็นแอนไอออนชนิดใด

ถ้าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นให้ทำการทดลองข้อที่ 3 ต่อไป

3. นำสารละลายตัวอย่างจำนวน 15 – 20 หยด มาทดสอบหา NO_3^-

ภาคผนวก ฉ

แบบฟอร์มการเบิกจ่าย

แบบฟอร์มการยืม-คืนอุปกรณ์เครื่องแก้ว

วันที่....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....ตำแหน่ง☐ อาจารย์ ☐ นักศึกษา☐ เจ้าหน้าที่

สาขาวิชา..... ชั้นปี.....รหัสประจำตัว.....โทร .....

มีความประสงค์ขอยืมอุปกรณ์ เครื่องแก้วของส่วนงานเคมี ชั้น 1 อาคาร 7 เพื่อใช้สำหรับ

☐การเรียนการสอนวิชา.....

☐งานวิจัย เรื่อง.....

รายการอุปกรณ์ที่ยืม

ที่	รายการ	จำนวน	ที่	รายการ	จำนวน

สถานที่ใช้.....และเมื่อสิ้นสุดการใช้งานแล้ว ข้าพเจ้าจะนำอุปกรณ์รายการดังกล่าวมาคืน ในวันที่.....ด้วยความเรียบร้อย หากมีความเสียหายใด ๆ ที่เกิดขึ้นกับรายการที่ขอยืม ข้าพเจ้ายินยอมชดใช้ค่าเสียหายตามความเหมาะสม และหากข้าพเจ้าไม่คืนรายการที่ตามกำหนด ข้าพเจ้ายินดีรับการทวงถามจากผู้รับผิดชอบในทุกกรณี

ลงชื่อ ลงชื่อ

(.....) (.....)

ผู้ยืม อาจารย์ผู้สอน/อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย

สำหรับเจ้าหน้าที่

สภาพของอุปกรณ์-เครื่องแก้วหลังการยืม ☐ความสะอาด ☐จำนวนครบถ้วน ☐ชำรุด เสียหาย..... ☐อื่น ๆ.....	ลงชื่อ.....ผู้ให้ยืม ว/ด/ป..... ลงชื่อ.....ผู้ให้ยืม ว/ด/ป..... เจ้าหน้าที่/ผู้รับผิดชอบ

แบบฟอร์มการเบิกจ่ายสารเคมี

วันที่....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....ตำแหน่ง☐ อาจารย์ ☐ นักศึกษา☐ เจ้าหน้าที่

สาขาวิชา..... ชั้นปี.....รหัสประจำตัว.....โทร .....

มีความประสงค์ขอยืมอุปกรณ์ เครื่องแก้วของส่วนงานเคมี ชั้น 1 อาคาร 7 เพื่อใช้สำหรับ

☐การเรียนการสอนวิชา.....

☐งานวิจัย เรื่อง.....

รายการสารเคมี

ที่	รายการ	จำนวน	ที่	รายการ	จำนวน

สถานที่ใช้.....และเมื่อสิ้นสุดการใช้งานแล้ว ข้าพเจ้าจะนำสารเคมีรายการดังกล่าวมาคืน ในวันที่.....ด้วยความเรียบร้อย หากมีความเสียหายใด ๆ ที่เกิดขึ้นกับรายการที่ขอยืม ข้าพเจ้ายินยอมชดใช้ค่าเสียหายตามความเหมาะสม และหากข้าพเจ้าไม่คืนรายการที่ตามกำหนด ข้าพเจ้ายินดีรับการทวงถามจากผู้รับผิดชอบในทุกกรณี

ลงชื่อ ลงชื่อ

(.....) (.....)

ผู้ยืม อาจารย์ผู้สอน/อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย

สำหรับเจ้าหน้า

ลงชื่อ.....ผู้ให้ยืม

ว/ด/ป.....

ลงชื่อ.....ผู้ให้ยืม

ว/ด/ป.....

เจ้าหน้าที่/ผู้รับผิดชอบ