

บทที่ 11

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของแอนไอออน (Qualitative Analysis of Anions)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปฏิกิริยาเคมีการวิเคราะห์ของแอนไอออนบางชนิด
2. เพื่อศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของแอนไอออน

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 0.2 M (0.2 M Na₂S)
2. สารละลายกรดอะซิติก 6 M (6 M CH₃COOH)
3. สารละลายเลดอะซิเตต 1 M (1 M Pb(CH₃COO)₂)
4. สารละลายโซเดียมซัลเฟต 0.2 M (0.2 M Na₂SO₄)
5. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ 1 M (1 M BaCl₂)
6. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.2 M (0.2 M Na₂CO₃)
7. สารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ 1 M (1 M Ba(OH)₂)
8. สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (0.2 M Na₂HPO₄)
9. สารละลายกรดไนตริก 6 M (6 M HNO₃)
10. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.2 M (0.2 M NaCl)
11. สารละลายโซเดียมโบรไมด์ 0.2 M (0.2 M NaBr)
12. สารละลายโซเดียมไอโอดด์ 0.2 M (0.2 M NaI)
13. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 6M (6 M NH₄OH)
14. คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl₄)
15. โพตัสเซียมคลอเรต (KClO₃)
16. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc H₂SO₄)
17. เฟอรัสซัลเฟต (FeSO₄·7H₂O)
18. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 M (6 M HCl)
19. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 1 M (1 M (NH₄)₂MoO₄)
20. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 M (0.1 M AgNO₃)
21. สารละลายโซเดียมไนเตรต 0.2 M (0.2 M NaNO₃)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. กระจกฉีดยาน้ำกลั่น
3. แท่งแก้วคน
4. บีกเกอร์
5. เครื่องเหวี่ยงตะกอน
6. แผ่นให้ความร้อน

ทฤษฎี

แอนไอออน คือ ไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ โดยอาจจะอยู่ในลักษณะอะตอมเดี่ยวหรือเป็นอนุมูล การจัดแอนไอออนมีวิธีการแบ่งหลายแบบ ตามวิธีในที่นี้แบ่งชนิดแอนไอออนได้ 3 หมู่คือ

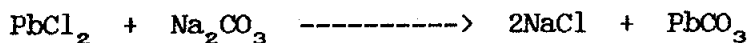
หมู่ที่ 1 เรียกว่าหมู่ซัลเฟต (Sulfate group) ประกอบด้วยแอนไอออนที่ตกตะกอนกับ Ba^{2+} ในสารละลายต่างด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ได้แก่ SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , CO_3^{2-} , AsO_4^{3-} , AsO_3^{3-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-} , SiO_3^{2-}

หมู่ที่ 2 เรียกว่าหมู่เฮไลด์ (Halide group) แอนไอออนหมู่นี้จะตกตะกอนโดย $AgNO_3$ ในสารละลายกรดไนตริกเจือจาง ได้แก่ Cl^- , Br^- , I^- และ S^{2-}

หมู่ที่ 3 เรียกว่าหมู่ไนเตรต (Nitrate group) แอนไอออนพวกนี้จะไม่ตกตะกอนกับ $BaCl_2$ หรือ $AgNO_3$ ได้แก่ NO_3^- , NO_2^- , $C_2H_3O_2^-$

ในการวิเคราะห์แอนไอออนนั้นพบว่า แคตไอออนที่มีอยู่ในสารละลาย (ยกเว้น Na^+ , K^+ และ NH_4^+) จะขัดขวางและทำให้การวิเคราะห์แอนไอออนนั้นเกิดความยุ่งยาก จึงต้องกำจัดแคตไอออนออกจากสารตัวอย่างไม่ว่าจะเป็นของแข็งหรือสารละลายก็ตาม โดยต้มกับ Na_2CO_3 ที่อิ่มตัว แคตไอออนทุกตัวจะตกตะกอนเป็นเกลือคาร์บอเนตที่ไม่ละลายน้ำ และจะแยกทิ้งไป ส่วนแอนไอออนจะอยู่ในรูปเกลือโซเดียมที่ละลายน้ำได้เรียก Soda solution หลังจากนั้นนำมาทำให้เป็นกรดด้วย 6 M CH_3COOH แล้วต้มไล่ CO_2 ออกไปใช้วิเคราะห์แอนไอออนได้ทุกชนิดยกเว้นชนิดที่ทำปฏิกิริยากับกรดเกลือแล้วให้แก๊สเช่น CO_3^{2-} , S^{2-} จะต้องทดสอบจากสารตัวอย่างที่ใช้ทดสอบโดยตรงเลย ปฏิกิริยาตัวอย่างที่เกิดเมื่อเตรียม soda solution เช่นสารตัวอย่างมี $PbCl_2$ ละลายอยู่จะถูกกำจัด

ในรูปตะกอนคาร์บอเนตและแอนไอออนจะอยู่ในรูปเกลือโซเดียมที่ละลายน้ำได้ด้วย
ปฏิกิริยา



เมื่อเตรียม soda solution แล้วขั้นต่อไปก็จะทำการทดสอบ
เบื้องต้นทั่วไปว่าแอนไอออนที่ต้องการวิเคราะห์นั้นจัดอยู่ในประเภทใด โดยอาจจะ
เลือกวิธีทดสอบเบื้องต้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งต่อไปนี้คือ

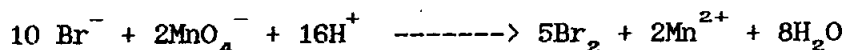
1. การทดสอบหมู่ เพื่อให้ทราบว่าเป็นแอนไอออนหมู่ใดหรือเพื่อ
แสดงให้ทราบว่าไม่มีหรือไม่มีแอนไอออนหมู่ไหน ๆ หรือไม่ โดยการเติมรีเอเจนท์
เพื่อแบ่งหมู่ ทำให้การตรวจวิเคราะห์ทำได้เร็วขึ้น

1.1 การทดสอบหาหมู่ 1 นำสารตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ทำให้เป็น
ด่างด้วย 6 M NH_4OH เติม 1 มิลลิลิตร BaCl_2 ถ้ามีตะกอนแสดงว่า
แอนไอออนที่ต้องการวิเคราะห์อยู่หมู่ 1

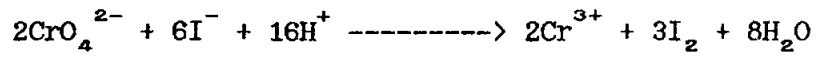
1.2 การทดสอบหาหมู่ 2 นำสารตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร เติม
0.5 M AgNO_3 และ 6 M HNO_3 จนสารละลายมีฤทธิ์เป็นกรด ถ้ามีตะกอน
เกิดแสดงว่ามีแอนไอออนอยู่หมู่ 2

1.3 การทดสอบหาหมู่ 3 ไม่มีวิธีทดลองโดยตรง

2. การทดสอบ Reducing ions เป็นการทดสอบแอนไอออนที่
มีสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ ได้แก่ ซัลไฟท์, โบรไมด์, ไฮโอไดต์ และ ซัลไฟด์ โดย
ทำปฏิกิริยากับตัวออกซิไดส์ เช่น KMnO_4 ในสารละลายกรด จะเปลี่ยนสีจากม่วง
เป็นชมพูอ่อน ตัวอย่างปฏิกิริยา



3. การทดสอบ Oxidizing ions เป็นการทดสอบแอนไอออนที่มีสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ ได้แก่ CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, MnO_4^- ซึ่งทำปฏิกิริยาได้กับ KI ในสารละลายกรดให้ไอโอดีนออกมาดังตัวอย่างปฏิกิริยา



I_2 ที่เกิดจะให้สีม่วงในชั้นคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4)

4) การทดสอบ Volatile ions สารประกอบพวกคาร์บอเนต ซัลไฟต์และซัลไฟด์ จะให้แก๊สได้เมื่อเติมกรด เช่น ซัลไฟด์จะให้แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น

การทดลอง

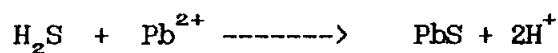
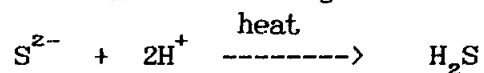
การทดสอบแอนไอออนเบื้องต้น (ในขั้นนี้จะทดสอบเพียง 8 ชนิด)

ซิลไฟด์ไอออน

หยดสารละลาย Na_2S 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองทำให้เป็นกรดด้วย 6 M CH_3COOH ชุบกระดาษกรองด้วย $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ อึ่งที่ปากหลอดทดสอบ แล้วอุ่นใน water bath

อธิบาย ซิลไฟด์ไอออนจะทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติกและให้แก๊ส H_2S ซึ่งทดสอบ

โดยทำปฏิกิริยากับ $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ บนกระดาษกรอง



สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

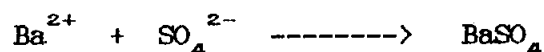
ซิลเฟตไอออน

หยดสารละลาย Na_2SO_4 0.5 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดสอบทำให้เป็นกรดด้วย 6 M HCl เติม 1 M BaCl_2 0.5 มิลลิลิตร สังเกตและบันทึกผล

อธิบาย ซิลเฟตไอออนทำปฏิกิริยากับ BaCl_2 ได้ตะกอนขาว BaSO_4 ซึ่งไม่ละลาย

ในกรดไฮโดรคลอริกเจือจางและกรดไนตริกเจือจางแต่ละละลายได้ใน

กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น

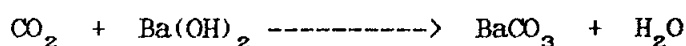
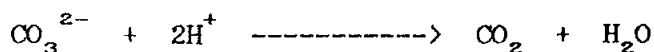


คาร์บอเนตไอออน

หยดสารละลาย Na_2CO_3 1 มิลลิลิตร หยด 6 M HCl 4-5 หยด
ทดสอบแก๊สที่เกิดโดยใช้ลวดนิเกิลโครม ที่ปลายเป็นห่วงจุ่มสารละลาย $\text{Ba}(\text{OH})_2$
แล้วมารอรับแก๊สที่เกิด สังเกตและบันทึกผล

อธิบาย คาร์บอเนตไอออนทำปฏิกิริยากับกรดให้ CO_2 ซึ่งทดสอบโดย

$\text{Ba}(\text{OH})_2$ จะให้ตะกอนขาว BaCO_3



ฟอสเฟตไอออน

หยดสารละลาย Na_2HPO_4 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เต็ม
6 M HNO_3 1 มิลลิลิตร และ 1 มิลลิลิตร ของ 1 M ammonium
molybdate ต้มใน water bath 2-3 นาที สังเกตตะกอนเหลือง
ammonium phosphomolybdate ที่เกิดและบันทึกผล ปฏิกิริยาที่เกิด

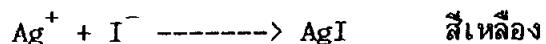
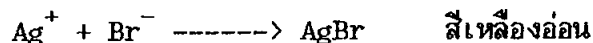
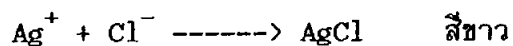


ตะกอนเหลือง

คลอไรด์ โบรไมด์และไอโอดด์

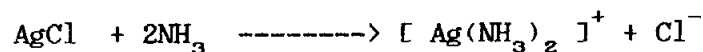
1. หยด 5 หยดของ NaCl , NaI , NaBr ใส่ในหลอดทดลองแต่ละหลอด
เติมสารละลาย 0.1 M AgNO_3 หลอดละ 2 หยด คนสารละลายแต่ละหลอด
สังเกตและบันทึกผลการทดลอง เช่นดีนิวส์เก็บตะกอนไว้ ปฏิกิริยาที่เกิด

อธิบาย คลอไรด์ โบรไมด์และไอโอไดด์ไอออน จะทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์
ไอออนและให้ตะกอนออกมามีสีที่แตกต่างกัน

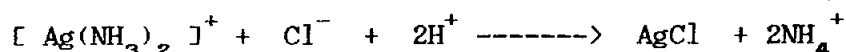


2. หยดสารละลาย 6 M NH_4OH ลงในตะกอนที่ได้ จากข้อ 1 หลอดละ
5 หยดสังเกตว่าตะกอนในหลอดใดละลาย นำมาเติม 6 M HNO_3 จนสารละลาย
มีสมบัติเป็นกรด สังเกตและบันทึกผลที่ได้

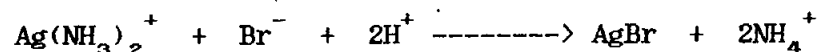
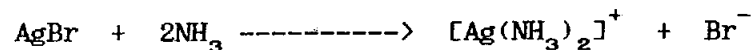
อธิบาย - ตะกอน AgCl ละลายได้หมดใน 6 M NH_4OH เกิดสารประกอบเชิง
ซ้อน



เมื่อเติม 6 M HNO_3 ในสารละลายที่ได้ AgCl จะรวมกันตกตะกอน
กลับคืนมา



- ตะกอน AgBr ละลาย 6 M NH_4OH ได้เล็กน้อยและเกิดปฏิกิริยา
เหมือน AgCl

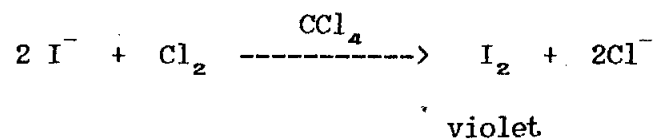
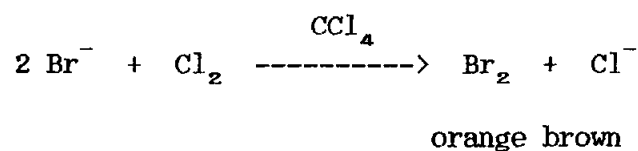


- ตะกอน AgI ไม่ละลายใน 6 M NH_4OH

โบรไมด์และไอโอด์ไอออน

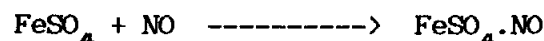
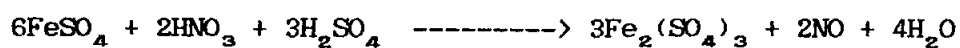
ผสมน้ำคลอรีน 3 หยดกับ CCl_4 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง
2 หลอด ใส่ 0.5 มิลลิลิตร NaBr ในหลอดที่ 1 และ 0.5 มิลลิลิตร NaI
ในหลอดที่ 2 เขย่าหลอด สังเกตและบันทึกผลที่ได้

อธิบาย โบรไมด์และไอโอด์ไอออนจะถูกออกซิไดส์ และให้ฮาโลเจนอิสระ
ซึ่งละลายได้ในชั้น CCl_4 ดีกว่าน้ำ จึงสังเกตการเกิดปฏิกิริยา
โดยนิจากรณาสีที่เกิดขึ้น CCl_4 (ชั้นล่าง)



ไนเตรตไอออน

หยด NaNO_3 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ทำให้เป็นกรดด้วย
6 M HCl เติมผลึก ferrous sulfate เล็กน้อย (ปลายช้อนตักสาร) เอียง
หลอดทดสอบประมาณ 45° ค่อย ๆ ริน conc H_2SO_4 0.5 มิลลิลิตร โดยให้ไหล
ลงไปตามข้างหลอด จะเกิดวงแหวนสีน้ำตาลที่ไม่อยู่ตัวของ ferrous nitroso
sulfate



Ferrous nitroso sulfate

รายงานผลการทดลอง

ปฏิบัติการเคมี เรื่อง.....วันที่ทำการทดลอง.....

ชื่อผู้ทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....

ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....

ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....

กลุ่มปฏิบัติการ.....section.....ตู้เลขที่.....ห้องทดลอง.....

อาจารย์ผู้ควบคุม 1.....

2.....

3.....

ผลการทดลอง

ซิล ไลน์ ไอออน

.....

.....

ปฏิกิริยาที่เกิด

.....

.....

ซิล เฟด ไอออน

.....

.....

ปฏิกิริยาที่เกิด

.....

.....

คาร์บอนเนต ไอออน

.....
.....

ปฏิกิริยาที่เกิด

.....
.....

ฟอสเฟต ไอออน

.....
.....

ปฏิกิริยาที่เกิด

.....
.....

คลอไรด์ โบรไมด์ และ ไอโอดีน ไอออน และปฏิกิริยาที่เกิด

คลอไรด์ ไอออน

.....
.....
.....

โบรไมด์ ไอออน

.....
.....
.....
.....

ไฮโดรไดออกไซด์

.....
.....
.....

โบรไมด์และไฮโดรไดออกไซด์

.....
.....
.....

ปฏิกิริยาที่เกิด

.....
.....

ไนเตรต ไฮดรอกไซด์

.....
.....
.....

ปฏิกิริยาที่เกิด

.....
.....
.....