ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน
(Oxidation-Reduction Reaction)

5

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสาร
2. เพื่อศึกษาผลของศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลของสารที่มีต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน

ทฤษฎี

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน(oxidation-reduction reaction) หรือปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox reaction) เป็นปฏิกิริยาเคมีชนิดหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นโดยการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากตัวรีดิวซ์สู่ตัวออกซิไดส์ ทำให้เกิดการถ่ายโอนประจุ (charge transfer) ภายในอะตอมของสาร ดังนั้นเลขออกซิเดชัน (oxidation number) ของสารจึงเปลี่ยนแปลงไป *ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน*มักพบในธรรมชาติและชีวิตประจำวันเสมอ เช่น การเกิดสนิมของโลหะต่างๆ การทำงานของแบตเตอรี เป็นต้น เลขออกซิเดชันนี่เองที่ทำให้สามารถแยกได้ว่าสารใดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและสารใดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ดังนั้นปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันจึงแบ่งได้เป็น 2 ปฏิกิริยา

1. ***ปฏิกิริยาออกซิเดชัน*** เป็นปฏิกิริยาที่เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน ทำให้เลขออกซิเดชัน*เพิ่มขึ้น*

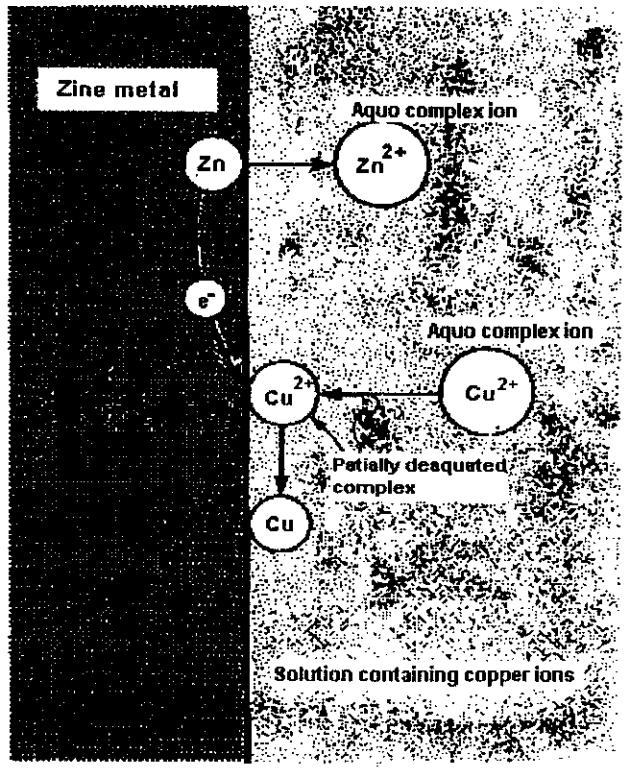
ตัวอย่างเช่น $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

สารที่สูญเสียอิเล็กตรอน (Mg) เรียกว่า*ตัวรีดิวซ์* (reducing agent หรือ reductant)

2. *ปฏิกิริยารีดักชัน* เป็นปฏิกิริยาที่เกิดการรับอิเล็กตรอน ทำให้เลขออกซิเดชันลดลง

ตัวอย่างเช่น $S + 2e^- \rightarrow S^{2-}$

สารที่รับอิเล็กตรอน (S) เรียกว่า*ตัวออกซิไดส์* (oxidizing agent หรือ oxidant)



ตัวอย่าง เมื่อใส่ชิ้นโลหะสังกะสีลงในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต โลหะสังกะสี (Zn) จะทำปฏิกิริยากับ Cu^{2+} เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไอออน Zn^{2+} และโลหะทองแดง (Cu) ตามลำดับ พบว่า Cu^{2+} จะรับอิเล็กตรอนจากโลหะสังกะสี 2 อิเล็กตรอน (เกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมโลหะสังกะสีกับคอปเปอร์ไอออน)

Zn ถูกออกซิไดส์ จึงทำหน้าที่เป็น*ตัวรีดิวซ์* (reducing agent หรือ reductant)

Cu^{2+} ถูกรีดิวซ์ จึงทำหน้าที่เป็น*ตัวออกซิไดส์* (oxidizing agent หรือ oxidant)

สมการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$ 1)

ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน $Cu^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow Cu(s)$ 2)

ปฏิกิริยารวม $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

$$\underset{0}{Zn(s)} + \underset{+2}{Cu^{2+}(aq)} \rightleftharpoons \underset{+2}{Zn^{2+}(aq)} + \underset{0}{Cu(s)}$$

reducing agent — oxidizing agent

โลหะ Zn จะถูกออกซิไดส์เมื่อทำปฏิกิริยากับคอปเปอร์ไอออน เลขออกซิเดชันของ Zn เพิ่มขึ้นจาก 0 ไปเป็น +2 ส่วนกับคอปเปอร์ไอออน (Cu^{2+}) ถูกรีดิวซ์ ทำให้เลขออกซิเดชันลดลงจาก +2 ไปเป็น 0

การเรียงลำดับความแรงของตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์

(The Relative Strength of Oxidizing and Reducing Agents)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการให้หรือรับอิเล็กตรอนของสาร *ตัวออกซิไดส์*ที่แรงกว่าจะมีความสามารถในการ*รับอิเล็กตรอน*ได้ดี ส่วน*ตัวรีดิวซ์*ที่แรงกว่าก็จะมีความสามารถในการ*ให้อิเล็กตรอน*ได้ดีกว่าด้วย ดังเช่นปฏิกิริยาข้างล่างซิลเวอร์ไอออนเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงกว่าคอปเปอร์ไอออน จึงสามารถที่จะรับอิเล็กตรอนจากคอปเปอร์ได้ ดังนั้นซิลเวอร์ไอออนจะถูกรีดิวซ์ (เกิดปฏิกิริยารีดักชัน)

$$2Ag^{+}(aq) + Cu(s) \rightarrow 2Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$$

ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันพิจารณาจากความสามารถในการรับและให้อิเล็กตรอนของคู่สารที่เกิดปฏิกิริยากันว่าสารใดจะทำหน้าที่ใด

การที่ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันจะเกิดขึ้นได้หรือไม่นั้น อาจพิจารณาได้จากค่าทางทฤษฎีอีกตัวหนึ่งคือ *ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ของสาร* (E°) ที่เข้าทำปฏิกิริยากัน โดยปกติค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ของสารในปัจจุบันมักเขียนในรูปปฏิกิริยารีดักชัน ซึ่งจะแสดงถึงแนวโน้มในการดึงดูดอิเล็กตรอนของสารตัวนั้นด้วย **สารตัวใดที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์สูง จะมีความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนได้ดีกว่าสารตัวอื่น** ดังนั้นสารดังกล่าว จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันได้ดีกว่าสารที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์น้อย

http://www.chem.uidaho.edu

The simple nemonic "**Leo** goes **Ger**" or **L**oss of **e**lectrons - **o**xidation; **G**ain of **e**lectrons - **r**eduction has been used by several generations of students to remember these definitions. (OK! This is Simba, my apologies to Lion King aficionados.)

ตารางที่ 4.1 ค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐาน (E^{o}_{red}) ของสารต่างๆ ที่

Half-Reaction	$\mathscr{E}°$(V)
$Li^+(aq) + e^- \longrightarrow Li(s)$	−3.05
$K^+(aq) + e^- \longrightarrow K(s)$	−2.93
$Ba^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ba(s)$	−2.90
$Sr^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sr(s)$	−2.89
$Ca^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ca(s)$	−2.87
$Na^+(aq) + e^- \longrightarrow Na(s)$	−2.71
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Mg(s)$	−2.37
$Be^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Be(s)$	−1.85
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Al(s)$	−1.66
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Mn(s)$	−1.18
$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	−0.83
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Zn(s)$	−0.76
$Cr^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Cr(s)$	−0.74
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$	−0.44
$Cd^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cd(s)$	−0.40
$PbSO_4(s) + 2e^- \longrightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$	−0.31
$Co^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Co(s)$	−0.28
$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ni(s)$	−0.25
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sn(s)$	−0.14
$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb(s)$	−0.13
$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$	0.00
$Sn^{4+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sn^{2+}(aq)$	+0.13
$Cu^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow Cu^+(aq)$	+0.15
$SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow SO_2(g) + 2H_2O$	+0.20
$AgCl(s) + e^- \longrightarrow Ag(s) + Cl^-(aq)$	+0.22
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$	+0.34
$O_2(g) + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$	+0.40
$I_2(s) + 2e^- \longrightarrow 2I^-(aq)$	+0.53
$MnO_4^-(aq) + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(aq)$	+0.59
$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2O_2(aq)$	+0.68
$Fe^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(aq)$	+0.77
$Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$	+0.80
$Hg_2^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Hg(l)$	+0.85
$2Hg^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Hg_2^{2+}(aq)$	+0.92
$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O$	+0.96
$Br_2(l) + 2e^- \longrightarrow 2Br^-(aq)$	+1.07
$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$	+1.23
$MnO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 2H_2O$	+1.23
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O$	+1.33
$Cl_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$	+1.36
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Au(s)$	+1.50
$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O$	+1.51
$Ce^{4+}(aq) + e^- \longrightarrow Ce^{3+}(aq)$	+1.61
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O$	+1.70
$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$	+1.77
$Co^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Co^{2+}(aq)$	+1.82
$O_3(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow O_2(g) + H_2O(l)$	+2.07
$F_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2F^-(aq)$	+2.87

Increasing strength as oxidizing agent ↓

Increasing strength as reducing agent ↑

*For all half-reactions the concentration is 1 *M* for dissolved species and the pressure is 1 atm for gases.

คำถามก่อนทำการทดลอง

1. ปฏิกิริยาต่อไปนี้ จงเขียนแยกปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันออกจากกัน และระบุตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์

   1.1 $2Sr + O_2 \rightarrow 2SrO$

   1.2 $2Na + S \rightarrow Na_2O$

   1.3 $Zn + I_2 \rightarrow ZnI_2$

   1.4 $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

   1.5 $Fe + Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu$

2. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันเกี่ยวข้องกับอิเล็กตรอนอย่างไร

3. ปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างจากปฏิกิริยารีดักชันอย่างไรบ้าง

4. โลหะที่นำมาทดลองในวันนี้มีโลหะอะไรบ้าง

5. สารประกอบเฮไลด์และสารประกอบฮาโลเจนแตกต่างกันอย่างไร พร้อมยกตัวอย่างสารประกอบทั้งสองชนิดที่ใช้ในการทดลอง

6. จงหาเลขออกซิเดชันของอะตอมต่าง ๆ ในโมเลกุลต่อไปนี้

   6.1 S ใน Na_2SO_3

   6.2 Mn ใน $KMnO_4$

   6.3 N ใน $Ca(NO_3)_2$

   6.4 C ใน Na_2CO_3

   6.5 N ใน NO_2

   6.6 S ใน HSO_4^-

   6.7 S ใน $H_2S_2O_7$

   6.8 S ใน Al_2S_3

   6.9 Mn ใน $MnCl_2$

   6.10 C ใน $C_{12}H_{22}O_{11}$

อุปกรณ์และสารเคมี

1. หลอดทดลองขนาดเล็ก
2. บีกเกอร์ขนาด 150 มล.
3. กระจกนาฬิกา
4. ช้อนตักสาร
5. ขวดน้ำกลั่น
6. แท่งคนสารละลาย
7. ชิ้นโลหะทองแดง (Cu)
8. ชิ้นโลหะสังกะสี (Zn)
9. ชิ้นโลหะตะกั่ว (Pb)
10. สารละลายคอปเปอร์ไนเตรตเข้มข้น 0.1 M (0.1M $Cu(NO_3)_2$)
11. สารละลายซิงค์ไนเตรตเข้มข้น 0.1 M (0.1M $Zn(NO_3)_2$
12. สารละลายเลดไนเตรตเข้มข้น 0.1 M (0.1M $Pb(NO_3)_2$
13. สารละลายไดคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2)
14. สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.6M (0.6M NaCl)
15. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้น 0.6M (0.1M KI)
16. สารละลายโพแทสเซียมโบรไมด์เข้มข้น 0.6M (0.1M KBr)
17. น้ำโบรมีน (Br_2)
18. น้ำคลอรีน (Cl_2)
19. สารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.05M (0.05M. I_2)
20. สารละลายเฟอริกคลอไรด์เข้มข้น 0.1M (0.1M. $FeCl_3$)
21. สารละลายโพแตสเซียมเฟอริไซยาไนด์เข้มข้น 0.1M (0.1M $K_3Fe(CN)_6$)
22. ผลึกโพแตสเซียมเปอร์แมงกาเนส ($KMnO_4$)
23. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 M (6M HCl)
24. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 M (6M NH_4OH)
25. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรตเข้มข้น 0.1 M (0.1M $AgNO_3$)

ข้อควรระวัง

1. ไม่เทสารละลายที่มีไดคลอโรมีเทนลงในอ่างน้ำ ให้เทลงในขวดใส่ waste
2. ชิ้นของโลหะที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่
3. การทดลองที่เกี่ยวข้องกับ Cl_2 และ Br_2 ต้องทำในตู้ควัน (hood) เนื่องจากเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ

ตอนที่ 1 ความแรงของตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ของโลหะ

โลหะที่นำมาพิจารณาการให้อิเล็กตรอน (เป็นตัวรีดิวซ์ที่ดี, เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น) กับสารละลายซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์ (รับอิเล็กตรอน , เลขออกซิเดชันลดลง) ได้แก่ ทองแดง (Cu*(s)*), ตะกั่ว (Pb *(s)*), สังกะสี (Zn*(s)*)

$$\underset{\text{stronger reducing agent}}{M(s)} + \underset{\text{stronger oxidizing agent}}{N^{x+}(aq)} \rightarrow \underset{\text{weaker oxidizing agent}}{M^{x+}(aq)} + \underset{\text{weaker reducing agent}}{N(s)}$$

M*(s)*, N*(s)*	คือโลหะ
M*(aq)*, N*(aq)*	คือสารละลายของโลหะ
x	คือจำนวนประจุ

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน : $M(s) \rightarrow M^{x+}(aq) + xe^-$

ปฏิกิริยารีดักชัน : $N^{x+}(aq) + xe^- \rightarrow N(s)$

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1.1

นำโลหะต่างๆ อย่างละ 1 ชิ้น ใส่หลอดทดลองขนาดเล็ก ทำปฏิกิริยากับสารละลายของโลหะอื่น ในปริมาตร 1 มล. ดังตาราง เขย่า และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที สังเกตผลการทดลอง

หลอดที่	โลหะ	สารละลาย (ไอออนของโลหะ)
1	Cu*(s)*	0.1M $Zn(NO_3)_2$
2	Cu*(s)*	0.1M $Pb(NO_3)_2$
3	Pb*(s)*	0.1M $Zn(NO_3)_2$
4	Pb*(s)*	0.1M $Cu(NO_3)_2$
5	Zn*(s)*	0.1M $Pb(NO_3)_2$
6	Zn*(s)*	0.1M $Cu(NO_3)_2$

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 1.1

หลอดที่	สารที่เข้าทำปฏิกิริยา	ผลการทดลอง	สมการปฏิกิริยา
1	$Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$		
2	$Cu(s) + Pb^{2+}(aq)$		
3	$Pb(s) + Zn^{2+}(aq)$		
4	$Pb(s) + Cu^{2+}(aq)$		
5	$Zn(s) + Pb^{2+}(aq)$		
6	$Zn(s) + Cu^{2+}(aq)$		

ตอนที่ 1.2

เตรียมชิ้นของโลหะ ทองแดงและสังกะสี อย่างละ 2 ชิ้น ทำความสะอาดออกไซด์ที่ติดอยู่ที่ผิวโดยการขัดออกให้หมด แล้วเตรียมหลอดทดลองที่สะอาด 4 หลอด และเติมสารต่างๆ ในหลอดทดลองดังนี้

หลอดที่ 1 : $Zn(s)$ + 3 มล. ของ 0.1M $AgNO_3$

หลอดที่ 2 : $Cu(s)$ + 3 มล. ของ 0.1M $ZnSO_4$

หลอดที่ 3 : $Zn(s)$ + 3 มล. ของ 0.1M $Cu(NO_3)_2$

หลอดที่ 4 : $Cu(s)$ + 3 มล. ของ 0.1M $AgNO_3$

เขย่าหลอดทดลองและตั้งทิ้งไว้นาน 10 นาที บันทึกผลการทดลอง ทั้งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 1.2

หลอดที่	ผลการทดลอง	สมการปฏิกิริยา
1		$Zn(s) + AgNO_3 \rightarrow$
2		$Cu(s) + ZnSO_4 \rightarrow$
3		$Zn(s) + Cu(NO_3)_2 \rightarrow$
4		$Cu(s) + AgNO_3 \rightarrow$

ตอนที่ 2 การทดสอบความแรงของตัวออกซิไดส์และรีดิวซ์ในกลุ่มฮาโลเจน

การพิจารณาความแรงของตัวรีดิวซ์ในสารที่เป็นฮาโลเจนด้วยกัน และความแรงของตัวออกซิไดส์ที่เป็นสารประกอบเฮไลด์ ในปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันนั้น จะใช้สมบัติการละลายของฮาโลเจนอิสระในชั้นของคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) หรือไดคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2) ซึ่งจะให้สีของสารละลายแตกต่างกันไป

Cl_2 ใน CH_2Cl_2 จะไม่มีสี

Br_2 ใน CH_2Cl_2 จะให้สีส้ม-เหลือง (yellow-orange)

I_2 ใน CH_2Cl_2 จะให้สีม่วง (violet)

วิธีการทดลอง

นำสารฮาโลเจน 10 หยด ใส่ลงในสารประกอบเฮไลด์อื่นที่มีความเข้มข้น 0.1M จำนวน 1 มล. แล้วเติม CH_2Cl_2 ลงไป 1 มล. ดังตาราง เขย่า สังเกตสีของสารละลายชั้นล่าง

หลอดที่	สารประกอบฮาโลเจน	สารประกอบเฮไลด์
1	Br_2	NaCl
2	Br_2	KI
3	Cl_2	KBr
4	Cl_2	KI
5	I_2	NaCl
6	I_2	KBr

ตารางบันทึกผลการทดลอง

หลอดที่	สารตั้งต้น	สีของสารละลายในชั้น CH_2Cl_2 (ชั้นล่าง)	สารฮาโลเจนอิสระที่พบในชั้น CH_2Cl_2	สมการปฏิกิริยา
1	$Br_2 + Cl^-$			
2	$Br_2 + I^-$			
3	$Cl_2 + Br^-$			
4	$Cl_2 + I^-$			
5	$I_2 + Cl^-$			
6	$I_2 + Br^-$			

ตอนที่ 3 ปฏิกิริยาระหว่างเหล็ก (III) กับสารประกอบเฮไลด์

เหล็กเป็นธาตุทรานซิชันซึ่งมีออกซิเดชันสเตทได้หลายค่า สำหรับ Fe^{3+} นั้น สามารถถูกรีดิวซ์ให้อยู่ในรูปของ Fe^{2+} ได้

$$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$$

จากปฏิกิริยาข้างต้น Fe^{3+} รับอิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอนกลายเป็น Fe^{2+} นั่นคือ Fe^{3+} ถูกรีดิวซ์ โดยถือว่า Fe^{3+} เป็นตัวออกซิไดส์ สำหรับการทดลองพิจารณาหาว่า Fe^{3+} เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงกว่าหรืออ่อนกว่า I_2 หรือ Br_2

$$Fe^{3+} + X^- \rightarrow Fe^{2+} + \frac{1}{2}X_2$$

X_2 เป็นสารละลายฮาโลเจนอิสระ

ในการตรวจสอบว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นหรือไม่ โดยการหา

1. หา Fe^{+2} ที่เกิดขึ้น โดยทำปฏิกิริยากับโพแตสเซียมเฟอริไซยาไนด์ ($K_3[Fe(CN_6)]_2$) จะได้ สารละลายสีน้ำเงินเข้มของ $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ แต่ถ้าได้สารละลายสีน้ำตาล แสดงว่าในสารละลายมี Fe^{3+} อยู่ (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันไม่เกิดขึ้น)

2. ตรวจหาฮาโลเจนอิสระ (X_2) ที่เกิดขึ้นโดยสังเกตจากสีของสารละลายในชั้น CH_2Cl_2

วิธีการทดลอง

1. นำหลอดทดลองมา 2 หลอด

   หลอดที่ 1 เติมสารละลาย 0.1M KBr 1 มล.

   หลอดที่ 2 เติมสารละลาย 0.1M KI 1 มล.

2. นำหลอดทั้งสองเติม 0.1M $FeCl_3$ หลอดละ 0.5 มล. เขย่าหลอดทดลอง

3. เติม CH_2Cl_2 หลอดละ 1 มล. เขย่าหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น สังเกตสีของสารละลายทั้งสองชั้น บันทึกผลการทดลอง

4. เติม ($K_3[Fe(CN_6)]_2$) ลงไป หลอดละ 5 หยด เขย่า และสังเกตสีของสารละลายชั้นบน บันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

หลอดที่	สารตั้งต้น	ผลการทดลอง			
		สารละลายชั้นล่าง (CH_2Cl_2)		สารละลายชั้นบน ($K_3[Fe(CN_6)]_2$)	
		สีของสารละลาย	สารที่พบคือ	สีของสารละลาย	สารที่พบคือ
1	Fe^{3+} กับ Br^-				
2	Fe^{3+} กับ I^-				

สมการปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของเหล็กที่เกิดขึ้น

หลอดที่ 1. .....

หลอดที่ 2. .....

ตอนที่ 4 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของโพแตสเซียม-เปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ในกรด

โพแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารประกอบที่มีลักษณะเป็นผลึกสีม่วง เป็นตัวออกซิไดส์ที่สำคัญตัวหนึ่งเนื่องจากสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันได้ทั้งในสารละลายที่เป็นกรดและในสารละลายที่เป็นเบส ดังสมการที่ 3 และ 4 ตามลำดับ จึงมักจะถูกใช้ในการเตรียมสารประกอบอินทรีย์ตัวอื่นๆเสมอ

ปฏิกิริยารีดักชัน : $MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$ 3)

ปฏิกิริยารีดักชัน : $MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) + 3e^- \rightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(aq)$ 4)

สำหรับการทดลองจะเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของ $KMnO_4$ กับ HCl จะได้ปฏิกิริยาเป็นดังสมการข้างล่าง โดยที่แมงกานีสจะเปลี่ยนออกซิเดชันสเตทจาก +7 ไปเป็น +4

$$\underset{\text{สีม่วง}}{2KMnO_4(aq)} + 16HCl(aq) \rightarrow \underset{\text{สีน้ำตาล}}{2MnCl_2(s)} + 5Cl_2(g) + 2KCl + 8H_2O(l)$$

วิธีการทดลอง

1. นำ $KMnO_4$ 0.1 กรัม (ปลายช้อนตักสารขนาดเล็ก) ใส่หลอดทดลอง
2. เติม 6M HCl 2 มล. เขย่าหลอดทดลอง
3. อุ่นสารละลายในอ่างน้ำร้อน สังเกตสีของสารละลายและกลิ่นที่เกิดขึ้น บันทึกผล

ผลการทดลอง

สีของสารละลายได้จากปฏิกิริยาของ $KMnO_4$ กับ HCl คือ_____

ก๊าซที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาคือ _____

ตอนที่ 5 ปฏิกิริยาระหว่างฮาโลเจนกับโลหะ

เพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะทองแดงกับสารฮาโลเจนว่า ฮาโลเจนใดมีความสามารถในการออกซิไดส์โลหะทองแดงได้ ดังสมการ

$$Cu(s) + X_2 \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2X^-(aq)$$

ฮาโลเจน เฮไลด์

การพิจารณาว่าปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันเกิดขึ้นหรือไม่ โดยทดสอบหาสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

1. ทดสอบหา Cu^{2+} โดยเติม NH_4OH ลงไป ได้สารละลายสีน้ำเงินของ $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ แสดงว่ามี Cu^{2+}
2. ทดสอบหาเฮไลด์ที่เกิดขึ้นโดยทำปฏิกิริยากับ $AgNO_3$ จะได้ตะกอนของสารต่างๆดังนี้

   ถ้าสารละลายมี Cl^- จะเกิดตะกอนสีขาวของ AgCl

   ถ้าสารละลายมี Br^- จะเกิดตะกอนสีเหลืองอ่อนของ AgBr

   ถ้าสารละลายมี I^- จะเกิดตะกอนสีเหลืองเข้มของ AgI

วิธีการทดลอง

1. นำหลอดทดลองขนาดเล็ก 3 หลอด ใส่ชิ้นโลหะทองแดงหลอดละ 1 ชิ้น
2. เติมฮาโลเจนลงไปในหลอดทดลอง 3 มล.

หลอดที่	สารละลายฮาโลเจน
1	น้ำคลอรีน , Cl_2
2	น้ำโบรมีน , Br_2
3	สารละลายไอโอดีน , I_2

3. เขย่าหลอดทดลองนานประมาณ 5 นาที เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์
4. นำไปต้มไล่ฮาโลเจนอิสระในอ่างน้ำเดือดนาน 15 นาที
5. แบ่งสารละลายที่ได้ในแต่ละหลอดเป็น 2 ส่วน ใส่หลอดทดลองขนาดเล็ก

   ส่วนที่หนึ่ง นำมาทดสอบหา Cl^- , Br^- , I^- ตามลำดับ

   โดยเติม 0.1 M $AgNO_3$ 0.5 มล. ลงไป สังเกตผลที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

   ส่วนที่สอง นำมาทดสอบ Cu^{2+}

   โดยเติม 6 M NH_4OH 0.5 มล. ลงไป เขย่าหลอดทดลอง สังเกตผล และบันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

หลอดที่	โลหะกับฮาโลเจน	ผลการทดลอง	
		ส่วนที่ 1 ทดสอบเฮไลด์	ส่วนที่ 2 ทอสอบ Cu^{2+}
1	$Cu(s) + Cl_2(aq)$		
2	$Cu(s) + Br_2(aq)$		
3	$Cu(s) + I_2(aq)$		

สรุปผลการทดลอง

สารที่สามารถออกซิไดส์โลหะทองแดงได้คือ .....

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น .....

ตอบคำถาม

1. จงเรียงลำดับความแรงของตัวรีดิวซ์ของ Cu Pb และ Zn
2. จงเรียงลำดับความแรงของตัวรีดิวซ์ของ Cu Ag และ Zn
3. จงเรียงลำดับความแรงของตัวออกซิไดส์ของ Cl^- Br^- และ I^-
4. จงดุลสมการต่อไปนี้

   4.1 ....Mg + ...HCl $\rightarrow$ ....$MgCl_2$ + ...H_2

   4.2 ....Fe + ...V_2O_3 $\rightarrow$ ....Fe_2O_3 + ...VO

   4.3 ....$KMnO_4$ + ...H_2O_2 + ...H_2SO_4

   $\rightarrow$ ....$MnSO_4$ + ...H_2O + ...O_2 + ...K_2SO_4