

## เรื่องที่ 2.2 การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

### หลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยาเป็นวิธีการดุลสมการอีกวิธีหนึ่ง มีแนวคิดและวิธีการคือหาเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง แล้วแยกเขียนสมการออกเป็น 2 ครึ่งปฏิกิริยา คือครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน จากนั้นดุลแต่ละครึ่งปฏิกิริยา แล้วนำ 2 ครึ่งปฏิกิริยามารวมกัน โดยตัดสิ่งเหมือนกันออกทั้ง 2 ด้านให้เท่ากัน แล้วตรวจสอบจำนวนอะตอมและจำนวนประจุไฟฟ้าของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ การดุลสมการโดยวิธีใช้ครึ่งปฏิกิริยามีขั้นตอนดังนี้

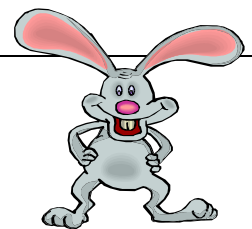
1. หาเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นและลดลงของธาตุหรือไอออนในสมการ
2. แยกเขียนแต่ละครึ่งปฏิกิริยา แล้วดุลแต่ละครึ่งปฏิกิริยาตามลำดับดังนี้
  - 3.1 ดุลอะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่ O และ H
  - 3.2 ดุลอะตอมของ O โดยการเติม  $H_2O$
  - 3.3 ดุลจำนวนอะตอมของ H โดยการเติม  $H^+$
  - 3.4 ดุลจำนวนประจุ โดยการเติมจำนวนอิเล็กตรอน
4. ทำจำนวนอิเล็กตรอนที่ให้และรับให้เท่ากัน โดยคูณด้วยตัวเลขที่เหมาะสม
5. รวมสองครึ่งปฏิกิริยาทั้งสองเข้าด้วยกัน
6. ตรวจสอบจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและผลรวมประจุไฟฟ้าให้เท่ากัน



มาเริ่มศึกษากันเลย

## ตัวอย่างที่ 12

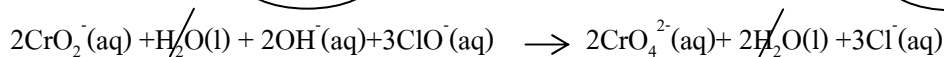
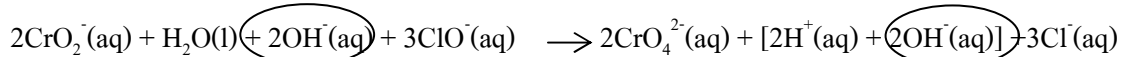
สมการยังไม่ได้ดุล $\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + \text{PbO}_2(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{MnO}_4^-(\text{aq}) + \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	
ขั้นตอนการดุลสมการ	แสดงวิธีการดุลสมการ
1. หาเลขออกซิเดชันของธาตุที่เพิ่มขึ้นและลดลง เขียนแสดงไว้ข้างบนสมการ	$\begin{array}{ccccccc} \textcircled{+2} & \textcircled{+4} & -2 & +1 & \textcircled{+7} & -2 & \textcircled{+2} & +1, -2 \\ \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) & + & \text{PbO}_2(\text{s}) & + & \text{H}^+(\text{aq}) & \longrightarrow & \text{MnO}_4^-(\text{aq}) & + & \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) & + & \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \end{array}$
2. เขียนแยกครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน (โดยยังไม่ต้องใส่จำนวน $e^-$ )	Oxidation ; $\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{MnO}_4^-(\text{aq})$ ----- Reduction ; $\text{PbO}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$
3. ดุลครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน	Oxidation ; ; $\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{MnO}_4^-(\text{aq})$
3.1 ดุลอะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่ O และ H	$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{MnO}_4^-(\text{aq})$ ; Mn เท่ากันแล้ว
3.2 ดุลอะตอมของธาตุ O โดยการเติม $\text{H}_2\text{O}$	$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + \textcircled{4\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \longrightarrow \text{MnO}_4^-(\text{aq})$ ; เติม $4\text{H}_2\text{O}$ ซ้ายมือ
3.3 ดุลจำนวน H โดยการเติม $\text{H}^+$	$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{MnO}_4^-(\text{aq}) + \textcircled{8\text{H}^+(\text{aq})}$ ; เติม $8\text{H}^+$ ขวามือ
3.4 ดุลจำนวนประจุไฟฟ้าโดยการเติมจำนวน $e^-$	$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + \textcircled{5e^-}$ ; ดุลแล้ว(1)
3. ดุลครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน	Reduction ; $\text{PbO}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$
3.1 ดุลอะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่ O และ H	$\text{PbO}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$ ; Pb เท่ากันแล้ว
3.2 ดุลอะตอมของธาตุ O โดยการเติม $\text{H}_2\text{O}$	$\text{PbO}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \textcircled{2\text{H}_2\text{O}(\text{l})}$ ; เติม $2\text{H}_2\text{O}$ ขวามือ
3.3 ดุลจำนวนอะตอม H โดยการเติม $\text{H}^+$	$\text{PbO}_2(\text{s}) + \textcircled{4\text{H}^+(\text{aq})} \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ; เติม $4\text{H}^+$ ซ้ายมือ
3.4 ดุลจำนวนประจุไฟฟ้าโดยการเติมจำนวน $e^-$	$\text{PbO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + \textcircled{2e^-} \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ; ดุลแล้ว(2)
4. ทำจำนวน $e^-$ ที่ให้และรับให้เท่ากันโดยการคูณตัวเลขที่เหมาะสม	$(1) \times 2 ; 2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow 2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 16\text{H}^+(\text{aq}) + \textcircled{10e^-}$ $(2) \times 5 ; 5\text{PbO}_2(\text{s}) + 20\text{H}^+(\text{aq}) + \textcircled{10e^-} \longrightarrow 5\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
5. รวม 2 ครึ่งปฏิกิริยาโดยตัด $\text{H}_2\text{O}$ และ $e^-$ ทางซ้ายและขวามือออกให้เท่ากัน	$2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow 2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 16\text{H}^+(\text{aq}) + 10e^-$ $5\text{PbO}_2(\text{s}) + 20\text{H}^+(\text{aq}) + 10e^- \longrightarrow 5\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
6. ตรวจสอบจำนวนอะตอม และผลรวมของจำนวนประจุไฟฟ้า สมการที่ดุลแล้ว	$2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 5\text{PbO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) \longrightarrow 2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 5\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ อะตอม ; Mn=2, Pb=5, O=10, H=4 $\longrightarrow$ Mn=2, Pb=5, O=10, H=4 ประจุ ; $+4, +4 = \textcircled{+8}$ $\qquad\qquad\qquad -2, +10 = \textcircled{+8}$



## ตัวอย่างที่ 13

สมการยังไม่ได้ดุล $\text{CrO}_2^-(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$					
ขั้นตอนการดุลสมการ	แสดงวิธีการดุลสมการ				
1. หาเลขออกซิเดชันของธาตุที่เพิ่มขึ้นและลดลง เขียนแสดงไว้ข้างบนสมการ	$\begin{array}{ccccccc} \text{+3,2} & \text{+1,-2} & \text{-2,+1} & \text{+6,-2} & \text{-1} & \text{+1,-2} & \\ \text{CrO}_2^-(\text{aq}) & + \text{ClO}^-(\text{aq}) & + \text{OH}^-(\text{aq}) & \longrightarrow & \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) & + \text{Cl}^-(\text{aq}) & + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \end{array}$				
2. เขียนแยกครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน (โดยยังไม่ต้องใส่จำนวน $e^-$ )	<table border="1"> <tr> <td>Oxidation ;</td> <td><math>\text{CrO}_2^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})</math></td> </tr> <tr> <td>Reduction ;</td> <td><math>\text{ClO}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}^-(\text{aq})</math></td> </tr> </table>	Oxidation ;	$\text{CrO}_2^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$	Reduction ;	$\text{ClO}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}^-(\text{aq})$
Oxidation ;	$\text{CrO}_2^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$				
Reduction ;	$\text{ClO}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}^-(\text{aq})$				
3. ดุลครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน	$\text{CrO}_2^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$				
3.1 ดุลอะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่ O และ H	$\text{CrO}_2^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$ ; Cr เท่ากันแล้ว				
3.2 ดุลอะตอมของธาตุ O โดยการเติม $\text{H}_2\text{O}$	$\text{CrO}_2^-(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$ ; เติม $2\text{H}_2\text{O}$ ซ้ายมือ				
3.3 ดุลจำนวน H โดยการเติม $\text{H}^+$	$\text{CrO}_2^-(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq})$ ; เติม $4\text{H}^+$ ขวามือ				
3.4 ดุลจำนวนประจุไฟฟ้าโดยการเติมจำนวน $e^-$	$\text{CrO}_2^-(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 3e^-$ ; ดุลแล้ว (1)				
3. ดุลครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน	$\text{ClO}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}^-(\text{aq})$				
3.1 ดุลอะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่ O และ H	$\text{ClO}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}^-(\text{aq})$ ; Cl เท่ากันแล้ว				
3.2 ดุลอะตอมของธาตุ O โดยการเติม $\text{H}_2\text{O}$	$\text{ClO}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ; เติม $\text{H}_2\text{O}$ ขวามือ				
3.3 ดุลจำนวนอะตอม H โดยการเติม $\text{H}^+$	$\text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ; เติม $2\text{H}^+$ ซ้ายมือ				
3.4 ดุลจำนวนประจุไฟฟ้าโดยการเติมจำนวน $e^-$	$\text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2e^- \longrightarrow \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ; ดุลแล้ว (2)				
4. ทำจำนวน $e^-$ ที่ให้และรับให้เท่ากันโดยการคูณตัวเลขที่เหมาะสม	$(1) \times 2 ; 2\text{CrO}_2^-(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow 2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 6e^-$ $(2) \times 3 ; 3\text{ClO}^-(\text{aq}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) + 6e^- \longrightarrow 3\text{Cl}^-(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$				
5. รวม 2 ครึ่งปฏิกิริยาโดยตัด $\text{H}_2\text{O}$ และ $e^-$ ทางซ้ายและขวามือออกให้เท่ากัน	$2\text{CrO}_2^-(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow 2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 6e^-$ $3\text{ClO}^-(\text{aq}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) + 6e^- \longrightarrow 3\text{Cl}^-(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$				
6. ตรวจสอบจำนวนอะตอม และผลรวมของจำนวนประจุไฟฟ้า สมการที่ดุลแล้ว	$2\text{CrO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 3\text{ClO}^-(\text{aq}) \longrightarrow 2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 3\text{Cl}^-(\text{aq})$				

จากโจทย์ที่กำหนดให้มี  $\text{OH}^-$  แสดงว่าปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในสารละลายเบสสมการที่ดุลแล้วไม่ควรจะมี  $\text{H}^+$  ปรากฏอยู่ จึงต้องเติม  $\text{OH}^-$  ทั้ง 2 ด้านเพื่อให้  $\text{H}^+$  กับ  $\text{OH}^-$  รวมกันเป็น  $\text{H}_2\text{O}$  ดังนี้



ตัด  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  ที่เท่ากันออกทั้ง 2 ด้านได้ดังนี้

