# เซลล์อิเล็กโทรไลติก

ครูกิ๊บ

# เซลล์อิเล็กโทรลิติก

เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไป

เพื่อทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกิดขึ้นเองสามารถเกิดปฏิกิริยาได้

เป็นปฏิกิริยาผันกลับของเซลล์กัลวานิก

ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ → เกิดออกซิเดชัน เรียก แอโนด

ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ → เกิดรีดักชัน เรียก แคโทด

# เซลล์อิเล็กโทรลิติก (**Electrolytic cell)**

## ***1. ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว***

ขั้วที่ต่อกับขั้วบวกของแหล่งกำเนิด → ขั้วบวก → แอโนด → ออกซิเดชัน

⇩

ไอออนลบเคลื่อนที่เข้ามา

ถ่ายเทอิเล็กตรอน

ขั้วที่ต่อกับขั้วลบของแหล่งกำเนิด → ขั้วลบ → แคโทด → รีดักชัน

⇩

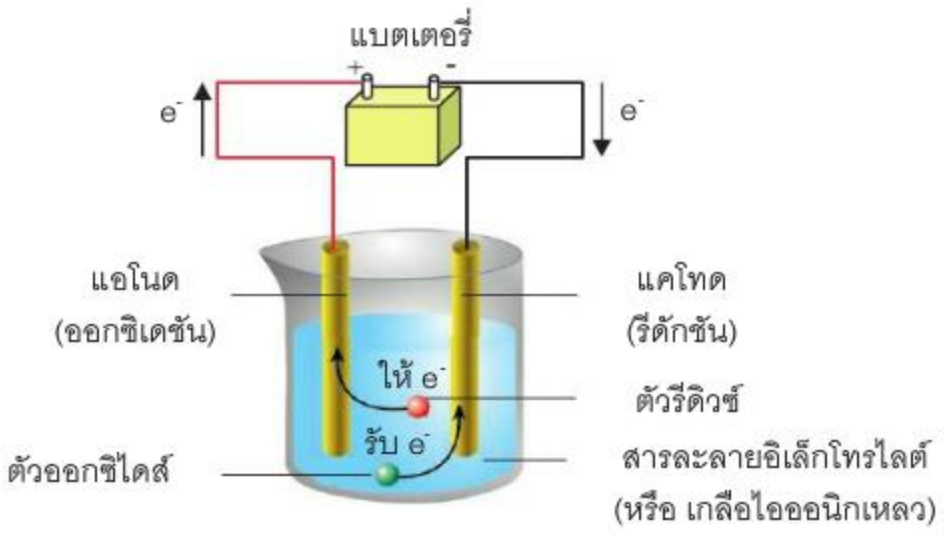
ไอออนบวกเคลื่อนที่มารับอิเล็กตรอน

## 2. *แหล่งกำเนิดไฟฟ้า*

เป็นแหล่งให้พลังงานของเซลล์ เพื่อให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองไม่ได้สามารถเกิดปฏิกิริยาได้

## 3. *อิเล็กโทรไลต์ที่หลอมเหลวหรือสารละลายอิเล็กโทรไลต์*

เป็นสารที่ต้องการแยกสลายด้วยไฟฟ้า



## การแยกสารไอออนิกที่หลอมเหลวด้วยกระแสไฟฟ้า

นำไฟฟ้าได้

แคโทด แคลเซียมไอออนเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ดังสมการ

$$Ca^{2+}(l) + 2e^- \longrightarrow Ca(s) \quad E^\circ = -2.87\ V$$

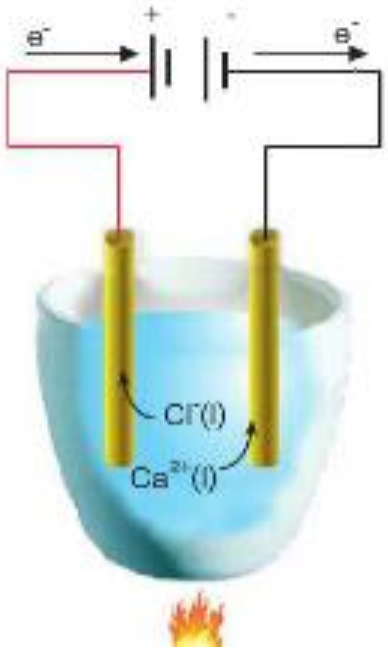
แอโนด คลอไรด์ไอออนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังสมการ

$$2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^- \quad E^\circ = 1.36\ V$$

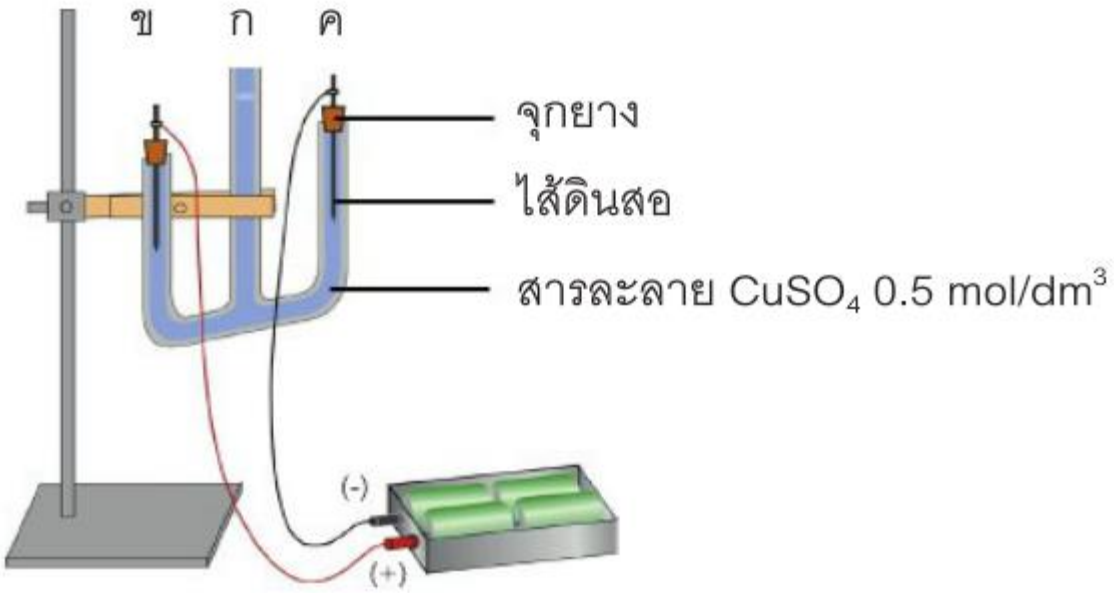
$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

$$= -2.87\ V - 1.36\ V$$

$$= -4.23\ V$$



# การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า




ดูวีดีโอ

**แคโทด** (ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่)

รับอิเล็กตรอนดีกว่า

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ $\quad E^\circ = +0.34\ V$

$2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$ $\quad E^\circ = -0.83\ V$

**แอโนด** (ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่)

$\frac{1}{2}\,S_2O_8^{2-}(aq) + e^- \longrightarrow SO_4^{2-}(aq)$ $\quad E^\circ = +2.01\ V$

$\frac{1}{2}\,O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2O(l)$ $\quad E^\circ = +1.23\ V$

ให้อิเล็กตรอนดีกว่า

แคโทด : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

แอโนด : $H_2O(l) \longrightarrow \frac{1}{2}O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^-$

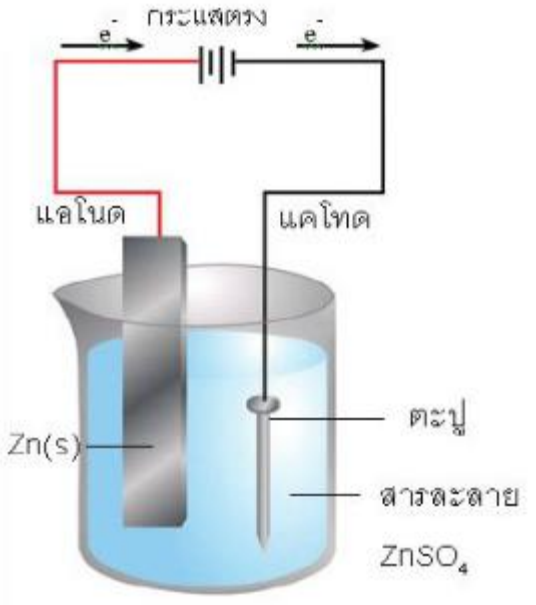
ปฏิกิริยารวม : $Cu^{2+}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow Cu(s) + \frac{1}{2}O_2(g) + 2H^+(aq)$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$
$$= +0.34\ V - (+1.23\ V)$$
$$= -0.89\ V$$

ติดลบ เกิดเองไม่ได้

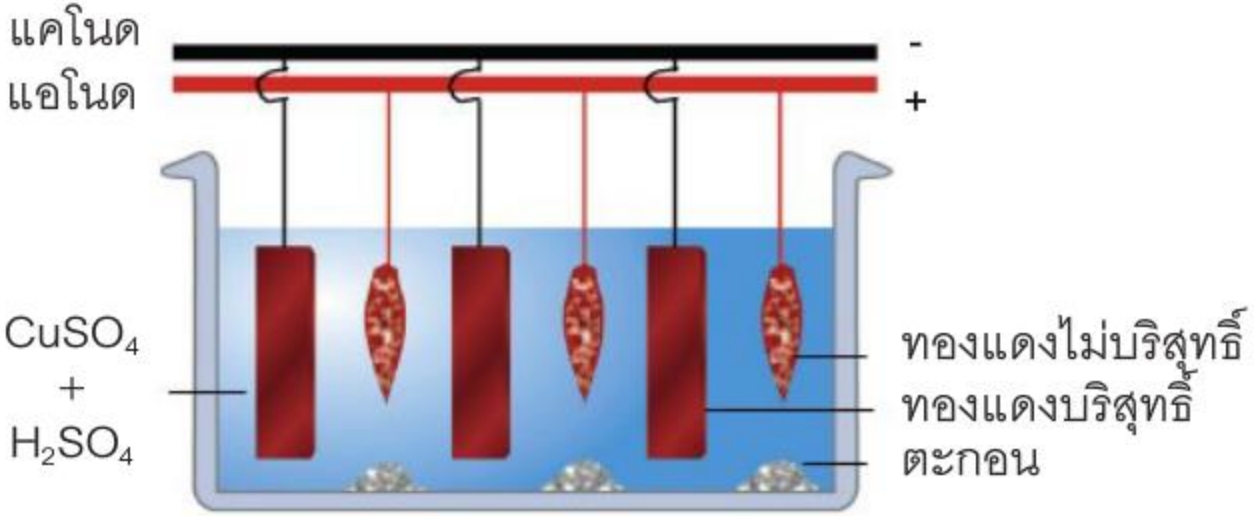
ต้องใช้ศักย์ไฟฟ้า 0.89 V ถึงจะเกิดปฏิกิริยาได้

# การชุบด้วยไฟฟ้า




1. นำวัตถุที่ต้องการชุบไปต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่หรือเป็นขั้วแคโทด ส่วนโลหะที่ใช้ชุบให้ต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่หรือเป็นขั้วแอโนด
2. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ต้องมีไอออนของโลหะชนิดเดียวกับโลหะที่เป็นขั้วแอโนดหรือโลหะที่ใช้ชุบ
3. ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อไม่ให้เกิดการสลับขั้ว และปฏิกิริยาดำเนินไปในทิศทางเดียวกัน

# การทำโลหะให้บริสุทธิ์โดยใช้เซลล์อิเล็กโทรไลติก




แคโทด : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

แอโนด : $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

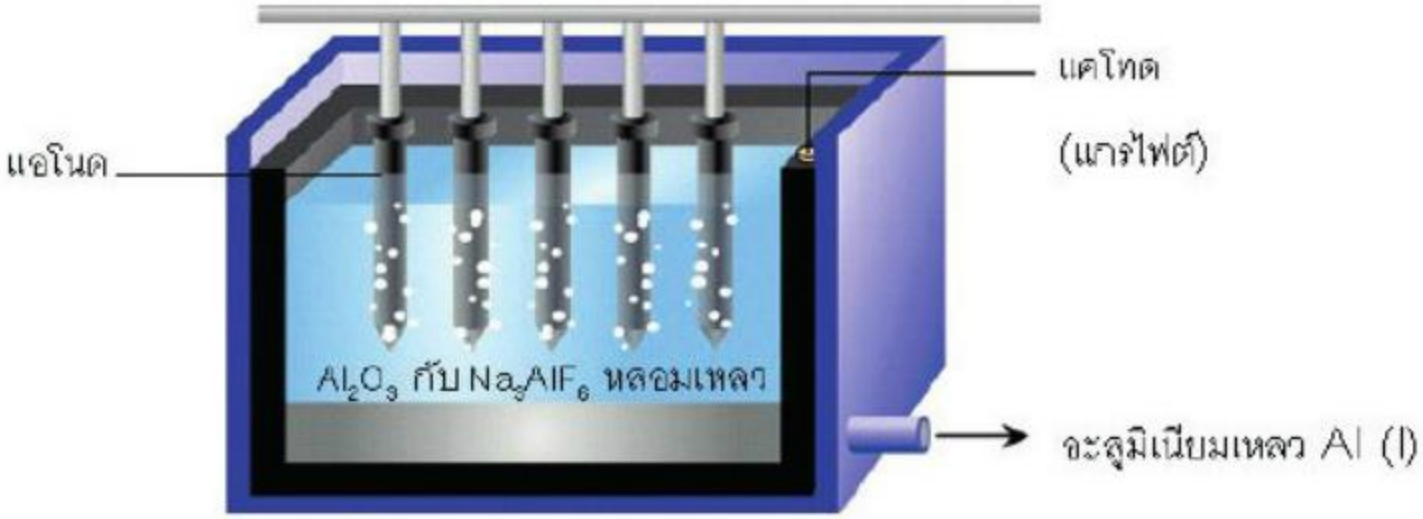
$Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

เหล็ก และสังกะสี เสียอิเล็กตรอนง่ายกว่าทองแดง จึงกลายเป็นไอออนละลายอยู่ในสารละลาย

เงิน ทองคำ และแพลทินัม เสียอิเล็กตรอนยากกว่าทองแดง จะไม่ถูกออกซิไดส์ จึงตกเป็นตะกอนที่ก้นภาชนะ

# การผลิตอะลูมิเนียม




วิธีที่ 1 รีดิวซ์ $Al_2O_3$ เพื่อให้ได้โลหะอะลูมิเนียม แต่วิธีนี้หาตัวรีดิวซ์ที่เหมาะสมได้ยาก เนื่องจาก Al มีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำและต้องใช้ความร้อนสูงมากจึงไม่นิยมใช้

วิธีที่ 2 วิธีอิเล็กโทรไลซิสที่อุณหภูมิสูง โดยนำ $Al_2O_3$ ซึ่งมีจุดหลอมเหลวสูงมาก (2045 °C) มาผสมกับแร่ไครโอไลต์เหลวที่อุณหภูมิสูง ($Na_3AlF_6$) จะได้ของผสมเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำลงและนำไฟฟ้าสามารถนำไปทำอิเล็กโทรไลซิสโดยใช้แท่งแกรไฟต์เป็นขั้วไฟฟ้า

แคโทด : $4\{Al^{3+}(l) + 3e^- \longrightarrow Al(l)\}$

แอโนด : $3\{2O^{2-}(l) \longrightarrow O_2(g) + 4e^-\}$

$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

ปฏิกิริยารวมที่แอโนด : $3\{2O^{2-}(l) + C(s) \longrightarrow CO_2(g) + 4e^-\}$

ปฏิกิริยารวม : $2Al_2O_3(l) + 3C(s) \longrightarrow 4Al(l) + 3CO_2(g)$

ยังไงก็ยังมีค่าใช้จ่ายสูงอยู่ดี

นิยมเอาเศษอะลูมิเนียม นำกลับมาหลอมแล้วทำให้บริสุทธิ์ แล้วเอาไปใช้ใหม่

$$Al_2O_3(s) \xrightarrow[>1000\ ^\circ C]{Na_3AlF_6} Al^{3+}(l) + 2O^{2-}(l) \xrightarrow[\text{จากขั้วแอโนด}]{C(s)} Al(l) + CO_2(g)$$

$Al(l) \xrightarrow{\text{ทำให้เย็นลง}} Al(s)$

# การผลิตแมกนีเซียม

**ขั้นที่ 1** แยก $Mg^{2+}$ ที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล โดยเติมสารละลายเบสจะได้ $Mg(OH)_2$ ดังสมการ

$$Mg^{2+}(aq) + 2OH^{-}(aq) \longrightarrow Mg(OH)_2(s)$$

**ขั้นที่ 2** กรองแยก $Mg(OH)_2$ แล้วเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเพื่อให้ได้ $MgCl_2$ ดังสมการ

$$2HCl(aq) + Mg(OH)_2(s) \longrightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

**ขั้นที่ 3** ระเหยน้ำเพื่อให้ได้ $MgCl_2$ ที่เป็นของแข็ง เมื่อนำไปให้ความร้อนจนหลอมเหลวแล้วผ่านกระแสไฟฟ้าจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ

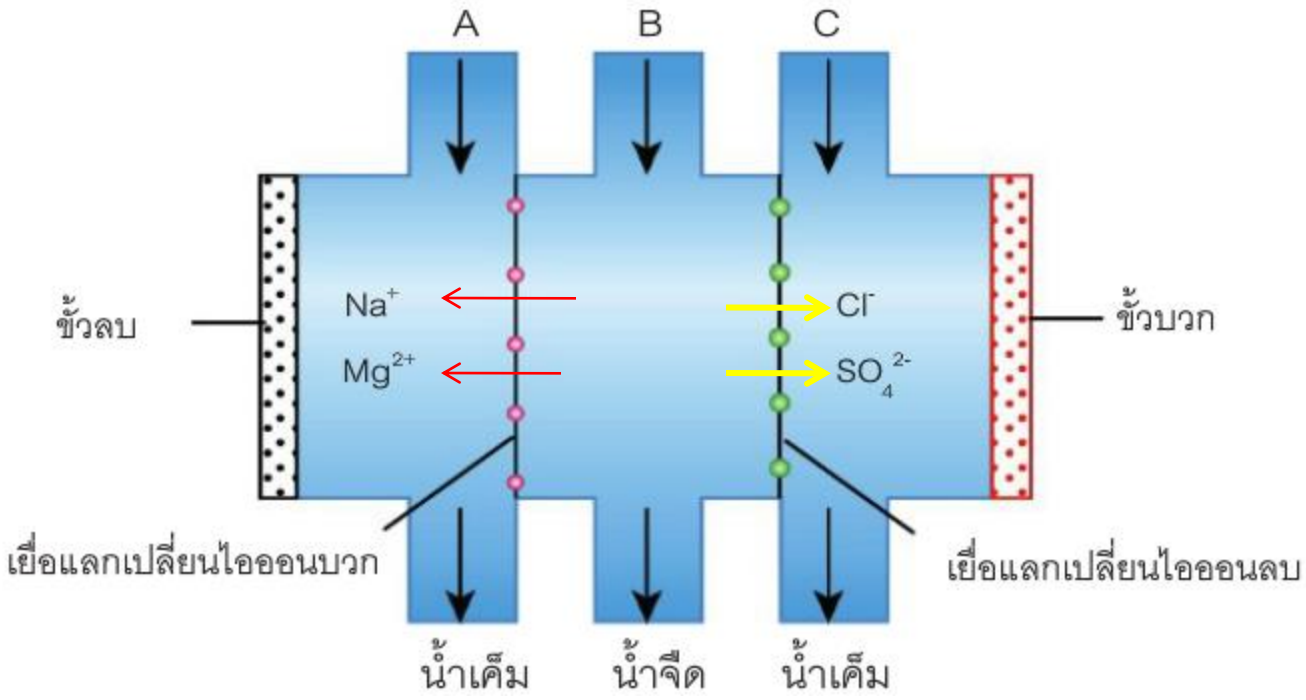
แคโทด : $Mg^{2+}(l) + 2e^{-} \longrightarrow Mg(l)$

แอโนด : $2Cl^{-}(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^{-}$

ปฏิกิริยารวม : $Mg^{2+}(l) + 2Cl^{-}(l) \longrightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$

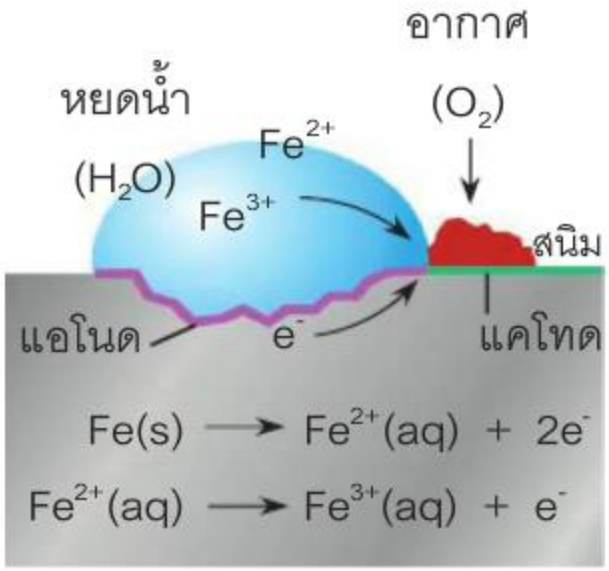
# อิเล็กโทรไดอะลิซิสน้ำทะเล

แยกไอออนออก ใช้ผลิตน้ำจืดได้




มีไอออนน้อย

# การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน




แอโนด : $2\{Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-\}$

แคโทด : $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

ปฏิกิริยารวม : $2Fe(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + 4OH^-(aq)$

$Fe^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow Fe(OH)_2(s)$

$4Fe(OH)_2(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow 4Fe(OH)_3(s)$

## การเกิดสนิทม

แอโนด : $2\{Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-\}$

แคโทด : $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$

สนิม

$4Fe^{2+}(aq) + O_2(g) + (4 + 2n)H_2O(l) \longrightarrow 2Fe_2O_3 \cdot nH_2O(s) + 8H^+(aq)$

ใส่ตะปูที่พันด้านปลายแหลมด้วยลวดแมกนีเซียมที่ขัดผิวแล้วขนาด 0.2 cm × 2.5 cm

ใส่ตะปูที่เคลือบด้วยวาสลิน หรือพันด้วยเทปใส แล้วเติมน้ำกลั่นสูง 2 cm

ใส่ตะปูที่ขัดผิวให้สะอาดแล้ว

ใส่ตะปูในแนวตั้งให้ส่วนหัวตะปูอยู่ด้านบน แล้วเติมน้ำกลั่นสูง 2 cm

ใส่ตะปูด้านปลายแหลมลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำสูงประมาณ 2 cm ต่อหัวตะปูกับลวดตัวนำแล้วนำไปต่อเข้ากับขั้วบวกของกระบะถ่านไฟฉาย 6 โวลต์

ทดลองเช่นเดียวกับบีกเกอร์ 6 แต่ต่อลวดตัวนำเข้ากับขั้วลบของกระบะถ่านไฟฉาย 6 โวลต์

ทดลองเช่นเดียวกับบีกเกอร์ 4 แต่ใช้ลวดทองแดงที่ขัดผิวแล้วแทนแมกนีเซียม

# วิธีป้องกัน

1. เคลือบผิวของโลหะด้วยน้ำมัน ทาสีหรือเคลือบด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะ สัมผัสกับน้ำและแก๊สออกซิเจน เป็นวิธีที่สะดวกและให้ผลดีในการป้องกันสนิม

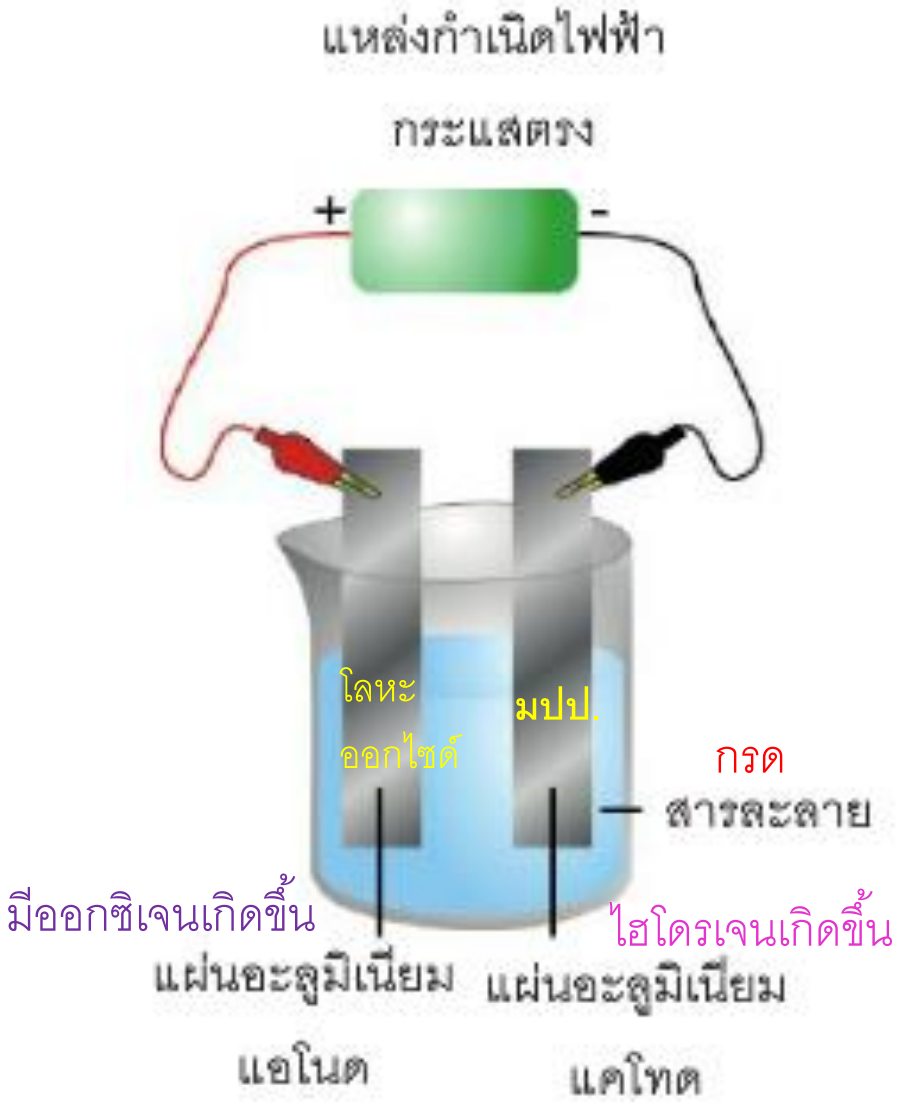
2. การชุบเคลือบผิวโลหะด้วยโลหะ เป็นการเคลือบผิวของโลหะไม่ให้สัมผัสกับน้ำและแก๊สออกซิเจน อีกวิธีหนึ่ง โดยใช้หลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลติก เช่น การชุบโลหะด้วยนิกเกิล ทองแดง ดีบุก เงิน โครเมียม

3. การจุ่มโลหะที่ต้องการชุบลงในโลหะที่ร้อนจนหลอมเหลว เช่น การชุบแผ่นเหล็กในสังกะสีที่ร้อนจนหลอมเหลวเพื่อใช้ทำสังกะสีมุงหลังคา ในขณะที่แผ่นเหล็กจุ่มอยู่นั้นจะเกิดปฏิกิริยาขึ้นทำให้สังกะสีเกาะจับกับเหล็กแล้วเกิดการเคลือบผิวขึ้น

4. พันโลหะที่จะป้องกัน (แคโทด) ด้วยโลหะที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า (แอโนด) หรือต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (แอโนด) เรียกว่า วิธีแคโทดิก
5. ทาผิวโลหะด้วยสารยับยั้งการสึกกร่อน เช่น ทาผิวเหล็กด้วยเกลือโครเมต จะทำปฏิกิริยาได้ $FeCrO_4$ เคลือบผิวเหล็ก
   เกลือไตรบิวทิลามีน ในรูป $(CH_4)_3NH^+$ เมื่อเติมลงไปในหม้อน้ำรถยนต์จะเข้าไปในพื้นผิวของโลหะ เป็นแผ่นฟิล์มบางช่วยยับยังการสึกกร่อน

# วิธีอะโนไดซ์ (Anodize)

โลหะบางชนิดมีสมบัติพิเศษ ได้แก่ Al , Sn , Cr , Zn คือ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดออกไซด์ของโลหะ (สนิมของโลหะ) ออกไซด์นี้จะแผ่เป็นฟิล์มบาง ๆ เคลือบบนผิวโลหะ มีความเสถียรและไม่ละลายน้ำ จึงป้องกันไม่ให้เกิดการผุกร่อนอีกต่อไป



การรมดำเป็นการทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ เพื่อเปลี่ยนผิวเหล็กไปเป็นสารประกอบ FeO(OH) ที่มีสีน้ำตาลดำ เรียกชื่อว่า Lepidocrocite ซึ่งไม่เกิดสนิมหรือกัดกร่อน จึงช่วยป้องกันการผุกร่อนของเหล็กได้

## การเตรียมสารละลายรมดำ

1. ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 375 g ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 $cm^3$ เติมน้ำกลั่นประมาณ 2/3 ของบีกเกอร์แล้วใช้แท่งแก้วคนจนโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายหมด
2. ชั่งโซเดียมไนเตรต 125 g ใส่ลงในบีกเกอร์ใน ข้อ 1 คนให้ละลายแล้วเติมน้ำจนมีปริมาตร 1000 $cm^3$

# การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะในระบบหล่อเย็นแบบปิด

- ระบบปิดช่วยจำกัดปริมาณออกซิเจน
- ถ้าเป็น Al น้ำที่ใช้หล่อเย็นจะทำให้เกิด $Al_2O_3$ ช่วยเคลือบผิว
- ถ้าเป็น Fe ต้องเติม ไนไตรต์บอแรกซ์ เพื่อทำให้ pH > 8.5 เป็นเบส ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ยาก

# ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี

# แบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์ของแข็ง

แอโนด : $Li(s) \longrightarrow Li^+$(ในอิเล็กโทรไลต์แข็ง) + $e^-$

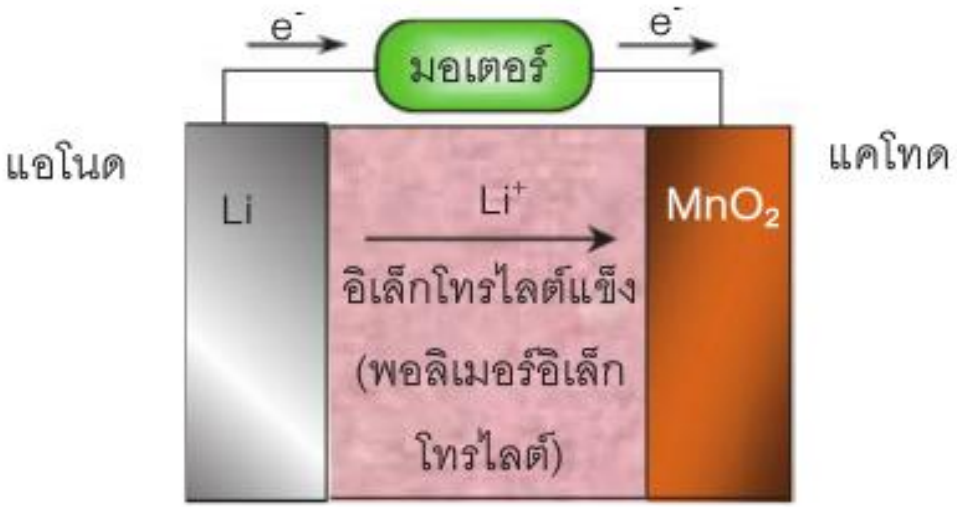
แคโทด : $TiS_2(s) + e^- \longrightarrow TiS_2^-(s)$

ปฏิกิริยารวม : $Li(s) + TiS_2(s) \longrightarrow Li^+$(ในอิเล็กโทรไลต์แข็ง) + $TiS_2^-(s)$

ให้ศักย์ 3 V เป็นเซลล์ทุติยภูมิ มีใช้ในรถยนต์บ้าง

ไม่ต้องเติมน้ำกลั่น แต่แพงอยู่

# อีกอันนึง




แอโนด : $Li(s) \longrightarrow Li^+$ (ในอิเล็กโทรไลต์แข็ง) + $e^-$

แคโทด : $MnO_2(s) + Li^+ + e^- \longrightarrow LiMnO_2(s)$

ปฏิกิริยารวม : $Li(s) + MnO_2(s) \longrightarrow LiMnO_2(s)$

ให้ศักย์ 3 V เป็นเซลล์ทุติยภูมิ

เซลล์ขนาดเล็กเท่าเม็ดกระดุมใช้กับเครื่องคิดเลขขนาดเล็ก นาฬิกา กล้องถ่ายรูป

เซลล์ขนาดใหญ่ใช้กับคอมพิวเตอร์

# แบตเตอรี่อากาศ

ใช้ออกซิเจนในอากาศเป็นตัวออกซิไดซ์ ที่แคโทด

โลหะ สังกะสี หรืออะลูมิเนียมเป็นตัวรีดิวซ์ที่แอโนด

สารละลาย NaOH เข้มข้นเป็นอิเล็กโทรไลต์

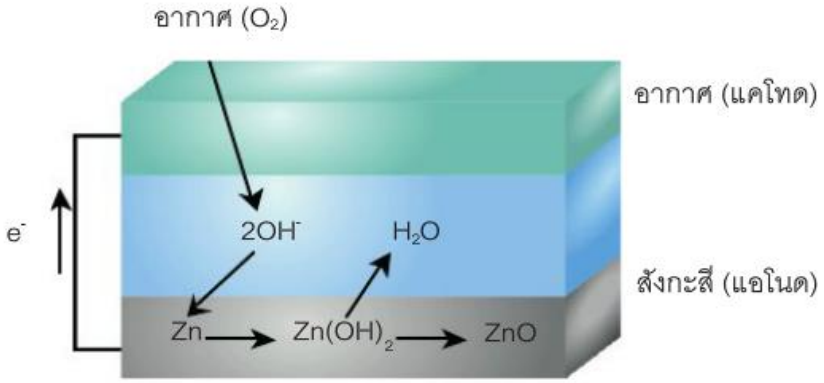
แอโนด : $4\{Al(s) + 4OH^-(aq) \longrightarrow [Al(OH)_4]^-(aq) + 3e^-\}$

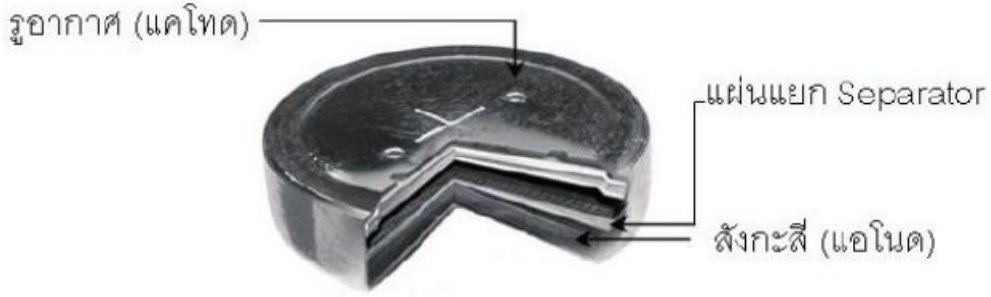
แคโทด : $3\{O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)\}$

ปฏิกิริยารวม : $4Al(s) + 3O_2(g) + 6H_2O(l) + 4OH^-(aq) \longrightarrow 4[Al(OH)_4]^-(aq)$

ในขณะใช้งาน $[Al(OH)_4]^-$ ที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่จะเปลี่ยนไปเป็น $Al(OH)_3$ เคลือบโลหะอะลูมิเนียม ดังนั้นหลังจากใช้งานในรถยนต์ได้ระยะทางประมาณ 200 กิโลเมตร จึงต้องมีการกำจัด $Al(OH)_3$ ออกไป เนื่องจาก $Al(OH)_3$ เป็นฉนวนไฟฟ้า

# สังกะสี-อากาศ




แอโนด : $2\{Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-\}$

แคโทด : $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

ปฏิกิริยารวม : $2Zn(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2Zn(OH)_2(aq)$

เหมือนทำไปประจุไฟ ออกซิเจนจะถูกปล่อยออก และซิงค์ออกไซด์จะถูกรีดิวซ์เป็นสังกะสี

มีอายุการเก็บรักษานาน ให้ศักย์คงที่ ความหนาแน่นพลังงานสูง (ก้อนเล็กให้พลังงานเยอะ)
แต่ใช้ได้ในบริเวณที่มีอากาศเท่านั้น
นิยมใช้ในอุปกรณ์ช่วยฟัง