



ธาตุและสารประกอบในอุตสาหกรรม

ธาตุในสารประกอบที่มีไนแร่หรือสินแร่ จะนำมาแยกโดยวิธีการทางเคมีหลายวิธีการ ซึ่งก่อให้เกิดอุตสาหกรรมที่เรียกว่า อุตสาหกรรมในการแยกแร่ ประกอบด้วยอุตสาหกรรมแร่เหล็ก ทองแดง พลวง สังกะสี - แคดเมียม แทนทาลัม - ไนโอเนียม เซอร์โคเนียม

1. วิธีการถลุงแร่

1. **เลือกแร่ที่เหมาะสม** คือ แร่ที่มีปริมาณโลหะที่ต้องการมากพอ และต้องถลุงง่ายด้วย ได้แก่

- เหล็ก Fe ใช้แร่ฮีโมไทต์ (FeO<sub>3</sub>)
- ทองแดง Cu ใช้แร่คาลโคไพไรท์ (CuFeS<sub>2</sub>)
- ดีบุก Sn ใช้แร่แคสซิเทอไรต์ (SnO<sub>2</sub>)
- พลวง Sb ใช้แร่ 2 ชนิด คือ
  1. แร่สติบไนต์ Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> เรียกว่าพลวงเงิน
  2. แร่สติบโคไนต์ Sb<sub>2</sub>O<sub>4</sub>nH<sub>2</sub>O เรียกว่าพลวงทอง
- Zn - Cd ใช้แร่ สฟาเลอไรต์ มีสาร ZnS
- Ta - Nb ใช้ตะกั่วดีบุก
- Zr ใช้แร่เซอร์คอน ZrSiO<sub>4</sub>

2. **การล้างและการย่างแร่** ล้างแร่เพื่อขจัดสิ่งเจือปนเช่นดิน หิน โดยใช้น้ำฉีด ล้างในภาชนะ อาจเติมน้ำยาล้างให้สะอาดโดยวิธีการบั่นเพื่อให้สารปนเปื้อนที่ติดอยู่หลุดออกไป แร่ส่วนมากจะมีลักษณะเปราะแตกตัวขึ้นมาได้

การย่างแร่ เพื่อเปลี่ยนสารประกอบโลหะไนแร่ให้เป็นสารประกอบออกไซด์ เช่น Sb<sub>2</sub>S<sub>2</sub> → Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ซึ่งจะใช้ C (coke ถ่านหิน หรือ CO ไปรีดิวซ์ Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ให้ Sb

3. **การถลุงแร่** (Smelting) ใช้เตาเฉพาะเช่น ถลุงเหล็ก ใช้เตาหลอมขนาดใหญ่ที่ใช้ลมเป่า (blast furnace) และเตาอนสำหรับถลุงแร่ดีบุก

4. **การทำให้บริสุทธิ์** (refining) มี 2 วิธีได้แก่

1. แยกด้วยกระแสไฟฟ้า Electrolysis
2. หลอมเฉพาะส่วน ด้วยไฟฟ้า เพื่อให้โลหะบริสุทธิ์ zone refining
5. ประโยชน์ของโลหะที่ได้จากการแยกแร่

2. วิธีถลุงแร่ดีบุก

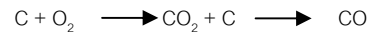
- ใช้แร่แคสซิเทอไรต์ SnO<sub>2</sub> เป็นวัตถุดิบ
- การถลุงแร่ ใช้เตาเฉพาะคือ เตาแบบนอน ใช้น้ำมันเตา

หรือกระแสไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิง

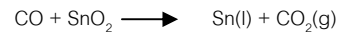
- ส่วนผสมแร่ที่ล้างและย่างแล้ว ถ่านโค้ก และหินปูน โดยมีอัตราส่วน ดังนี้ สินแร่ : ถ่านโค้ก : หินปูน = 20:4:5

ปฏิกิริยาเคมี

1. คาร์บอนหรือถ่านโค้ก เปลี่ยนเป็น CO<sub>2</sub> แล้ว CO<sub>2</sub> + ถ่านโค้ก เปลี่ยนเป็น CO ดังสมการต่อไปนี้

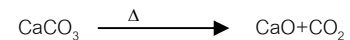


2. CO ที่เกิดขึ้นจะรีดิวซ์ SnO<sub>2</sub> ให้ Sn ดังสมการดังต่อไปนี้

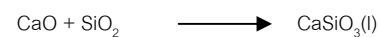


CO<sub>2</sub> ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับ C เกิด CO ได้อีก นำกลับไปใช้ต่อไป ส่วนหินปูน CaCO<sub>3</sub> จะจัดสารปนเปื้อน เช่น SiO<sub>2</sub> และ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> เกิดปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน

1. เผา CaCO<sub>3</sub> ได้ CaO + CO<sub>2</sub> ตามสมการต่อไปนี้



2. CaO ที่เกิดจะรวมทางเคมีกับ SiO<sub>2</sub> ได้ตะกั่ว (Scum) ดังนี้



ตะกั่วที่ได้ลอยอยู่ตอนบนของดีบุกที่หลอมเหลว แล้วไขแยกออกมานำไปถลุงต่อ เพราะยังมีดีบุกปนอยู่ในตะกั่ว

ดีบุกที่แยกได้ นำไปทำให้บริสุทธิ์หรือไม่ ขึ้นอยู่กับ

วัตถุประสงค์ที่จะใช้ดีบุก

ประโยชน์ของดีบุกที่ถลุงได้

1. ทำโลหะเจือ เช่น
  - ตะกั่วบัดกรี → ดีบุกผสมตะกั่วในอัตราส่วน (33:67) ทองสัมฤทธิ์ → ดีบุกผสมกับทองแดงในอัตราส่วน (20:80) โลหะผสมพิวเตอร์ → ดีบุก + ทองแดง + พลวงและบิสมัทในอัตราส่วน (85:6:8:1:7:6)
2. ดีบุกใช้ฉาบเหล็ก เพื่อทำการประกอบบรรจุอาหาร เครื่องดื่มต่างๆ
3. ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบ เครื่องแก้ว ย้อมสีไหม และกระดาษพิมพ์ที่ไวต่อแสงจะใช้สารประกอบของดีบุก เช่น SnCl<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O เป็นส่วนประกอบเป็นต้น

3. วิธีถลุงแร่พลวง มีดังนี้

แร่พลวง ที่พบในประเทศไทยในทุกภาคยกเว้น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะ เป็นแร่สติบไนท์ Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (พลวงเงิน) และสติบโคไนท์(Sb<sub>2</sub>O<sub>4</sub>nH<sub>2</sub>O) (พลวงทอง)

การถลุงแร่พลวงเงิน สติบไนท์ Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> ต้องนำไปเผาเพื่อเปลี่ยนให้เป็นออกไซด์เสียก่อน เรียกว่าการย่างแร่ ดังสมการ

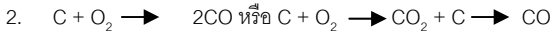


แล้วนำไปถลุงในเตาถลุงแบบนอนที่ 800 - 900 °C และ

เชื้อเพลิงที่ใช้คือ น้ำมันเตา หรือลิกไนท์

ปฏิกิริยาเคมี

1. ถ่านโค้ก ถูกเปลี่ยนเป็น CO เกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้

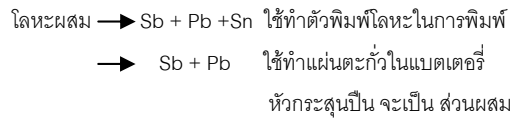


CO จะรีดิวซ์ออกไซด์ของ Sb  $\longrightarrow$  Sb ดังสมการ



ส่วน  $Na_2CO_3$  ทำหน้าที่เป็นเชื้อถลุง จะขจัดสารปนเปื้อนต่าง ๆ เปลี่ยนเป็นตะกอนลอยอยู่บนผิวหน้าโลหะเหลว โลหะเหลวออกไปทำเป็นแท่งแท้น แล้วนำไปใช้โดยตรงหรือไปทำให้บริสุทธิ์ ตามวัตถุประสงค์ที่จะใช้ Sb เป็นประโยชน์

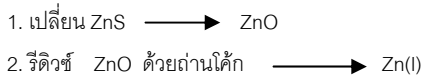
Sb พลวง เป็นธาตุกึ่งโลหะ ค่อนข้างเปราะ จะนำไปทำโลหะผสมกับตะกั่ว ดีบุก และ ทองแดง มีดังนี้



#### 4. วิถีถลุงแร่ Zn - Cd มีดังนี้

1. ใช้แร่สังกะสี ( $ZnS, ZnCO_3$ ) แต่แร่ที่พบมากในจังหวัดตาก ได้แก่ แร่เฮมเมอร์ไฟต์ สูตร  $(Zn_4(Si_2O_7)(HO)_2(H_2O))$  แร่สมิทซอไนท์  $ZnCO_3$  และที่พบมากในโลก คือ แร่สฟาเลอไรต์  $ZnS$

2. การถลุงแร่



$Zn(l)$  ที่ได้ไม่บริสุทธิ์ ต้องขจัดสารเจือปนเช่น Cd และ Pb

ออกไป

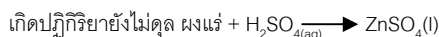
สำหรับเมืองไทย เราใช้วิถีถลุงแร่ Zn ดังนี้

1. แร่เป็นส่วนผสมของ Silicate Carbonate และ Oxide

2. วิถีถลุง

1. บดแร่ให้เป็นผง

2. ทำปฏิกิริยากับ  $H_2SO_4$



3. ทำ  $ZnSO_4(l)$  เป็นกลางด้วยหินปูนหรือปูนขาวแล้วนำไปกรอง

4. สารละลายที่กรองได้ เติมน้ำ Zn จะได้สารละลายของ  $ZnSO_4$  มีตะกอนของ Cd, Sb และ Cu ซึ่งเป็นสารปนเปื้อน กรองเอาตะกอนออก

5. สารละลาย  $ZnSO_4$  ที่ได้นำไปแยกเอา Zn ออกด้วยกระแสไฟฟ้า จะได้โลหะ Zn ตามต้องการ เขียนสมการได้ดังนี้



ประโยชน์ของ Zn

- ใช้ทำกล่องถ่านไฟฉาย
- ใช้เคลือบโลหะ เช่น แผ่นสังกะสีมุงหลังคา
- ใช้ทำโลหะผสม เช่น ทองเหลือง = ทองแดง + สังกะสี
- อุตสาหกรรมทำสี
- ออกไซด์ของ Zn ใช้ทำยา และอาหารสัตว์

การผลิตสังกะสี จะมีกากโลหะที่เป็นพิษ คือ กาก

แคดเมียม จะต้องนำไปทำให้เป็น Cd บริสุทธิ์ แล้วนำไปใช้เป็นประโยชน์ คือ ในอุตสาหกรรมถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ สี และพลาสติก เคลือบเหล็กกล้าทองแดงเพื่อป้องกันการผุกร่อน เป็นต้น

#### วิถีทำ Cd จากกากแคดเมียม เป็นขั้นตอนดังนี้

- เติม  $H_2SO_4$  ลงในกากแคดเมียมที่บดแล้ว ทำให้เป็นกลางด้วย  $CaCO_3$  นำไปกรอง
- เติมน้ำ Zn ลงในสารละลายที่กรองได้ จะได้ Cd ที่พวุนตะกอน นำไปกรองจะได้ตะกอน Cd มีลักษณะพวุน
- นำ Cd ที่พวุนไปเติม  $H_2SO_4$  อีกครั้งแล้วทำเป็นกลางด้วย  $CaCO_3$  แล้วกรองเอาตะกอนออก
- สารละลายที่ได้ นำแยก Cd ออกด้วยกระแสไฟฟ้า นำ Cd ที่ขั้ว Cathode (-) ไปทำเป็นก้อน หรือเป็นแท่งเพื่อนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อไป

#### 5. วิถีถลุง Ta - Nb แร่ที่ใช้คือ ตะกั่วของดีบุก มีวิธีทำดังนี้

- สกัด Ta และ Nb จากตะกั่วดีบุกด้วย  $HF(aq) + H_2SO_4 + \text{Methylisobutylketone ( BIBK )}$
- จะได้ Ta และ Nb ละลายอยู่ในชั้น Methylisobutylketone แล้วนำไปแยก Nb ออกจาก Ta ต่อไป
- เติมน้ำ  $H_2SO_4$  ลงในสารละลายจากชั้น 2 และทำให้เป็นกลางด้วยการละลาย  $NH_3$  จะได้ ตะกอนของ Nb นำตะกอนไปเผา จะได้  $Nb_2O_5$
- Ta ไม่ละลายในกรด  $H_2SO_4$  แต่ละลายอยู่ในชั้นของ Methylisobutylketone แล้วแยก Ta ออกโดยผ่านไอน้ำ จะได้ Ta ในรูป  $H_2TaF_4$  ในชั้นของไอน้ำ
- เติมน้ำละลาย  $NH_3$  จะได้ตะกอนของ Ta
- นำตะกอนไปเผาจะได้  $Ta_2O_5$  หรือ เติมน้ำละลาย KCl ลงในการละลายชั้น 4 แล้วนำไปตกผลึก จะได้  $K_2TaF_4$

#### ประโยชน์ของ Ta และ Nb

- Ta ใช้ทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องสื่อสาร เป็นต้น
- ใช้ทำโลหะผสมสำหรับทำเครื่องบิน จรวด อุปกรณ์ปรมาณู และใช้ทำเลนส์ เป็นต้น
- ส่วน Nb ใช้เป็นส่วนผสมในเหล็กกล้าที่ใช้ทำเป็นท่อส่งก๊าซ วัสดุก่อสร้างในโรงงานเคี และใช้ทำเลนส์

#### 6. วิถีถลุง Zr แร่ที่ใช้ คือ เซอร์คอน มีตามแหล่งแร่ภาคใต้ของประเทศไทย

วิถีทำ มีดังนี้



- ผสมแร่เซอร์คอนกับ  $\text{Na}_2\text{O}$  แล้วนำไปหลอมเหลว จะได้  $\text{Na}_2\text{ZrSiO}_3$  ( โซเดียมเซอร์คอนซิลิเกต ) ส่วน  $\text{SiO}_2$  ที่เป็นสารปนเปื้อนจะแยกออกเป็น  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$
- ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วสกัดสาร Zr ด้วยน้ำร้อน สารประกอบ  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  จะละลาย กรองเอาสาร Zr ออก
- ตะกอน Zr +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  เจือจางและร้อน เติม  $\text{ConcNH}_3(\text{aq})$  จนเป็นกลางจะเกิดปฏิกิริยา ดังนี้  

$$\text{สารประกอบของ Zr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Zr}(\text{SO}_4)_2$$

$$\text{Zr}(\text{SO}_4)_2 + \text{NH}_3(\text{aq}) \text{ เข้มข้น} \longrightarrow \text{Zr}(\text{OH})_4(\text{s})$$
 กรองตะกอนของสารประกอบ Zr ไปเผา  

$$\text{Zr}(\text{OH})_4 \longrightarrow \text{ZrO}_2$$

**ประโยชน์**

- ใช้  $\text{ZrO}_2$  เป็นวัสดุเคลือบสี ในอุตสาหกรรมทำเซรามิกส์
- $\text{ZrO}_2$  ผสมกับ  $\text{Y}_2\text{O}_3$  5% จะได้ออกไซด์ที่เป็นวัสดุใหม่ เรียกว่า PSZ ( Partial Stabilized Zirconia ) ซึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทำเซรามิกส์ เพราะจะทำเซรามิกส์ มีสมบัติทนความร้อน ไม่นำไฟฟ้า นอกจากนี้ ยังใช้ทำชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ไอพ่น ด้วยกระบวนการทางเคมี สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการทางเคมี
- ทำอิฐทนไฟสำหรับเตาหลอมโลหะ
- ทำฉนวนกันไฟฟ้าแรงสูง
- ทำส่วนประกอบของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์

**ตัวอย่างข้อสอบ**

- ให้ยกตัวอย่างของแร่สำคัญที่เป็นแร่เศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในประเทศไทยมา 3 แร่  
**ตอบ** แร่ลิเทียม ธิปซัม แร่แทนทาลัม
- แร่เศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม ที่เป็นประโยชน์ มีเฉพาะแร่โลหะใช่หรือไม่  
**ตอบ** ไม่ใช่
- หินปูนที่เดิมลงในเตาถลุงจะมีชื่อเรียกว่าอะไร  
**ตอบ** เชื้อถลุง หรือ ตะกั่ว  $\text{CaCO}_3$  ก็ได้
- กากตะกอนหรือตะกอนที่ได้ขณะถลุงแร่ จะเบาหรือหนักกว่าโลหะที่ถลุงได้  
**ตอบ** เบากว่า
- สารปนเปื้อนที่มีอยู่ในแร่ต่างๆ ที่ถลุงส่วนมากคืออะไร  
**ตอบ** ททราย ( $\text{SiO}_2$ )
- จำเป็นอย่างไรจึงจะต้องล้าง และย่างแร่ก่อนนำไปถลุง

- ตอบ** 1. เพื่อขจัดสารที่ปนเปื้อนในแร่ เช่น หิน ดินทราย  
2. เปลี่ยนสารโลหะให้เป็นออกไซด์ของโลหะนั้น
- ตัวพิมพ์โลหะ ที่ใช้พิมพ์หนังสือต่างๆ เป็นโลหะผสมระหว่างธาตุอะลูมิเนียม
- ตอบ**  $\text{Sb} + \text{Sn} + \text{Pb}$
- ถ่านโค้กทำหน้าที่เป็นตัวอะไร ในการถลุงโลหะ  
**ตอบ** เป็นตัวรีดิวซ์
- การแยกโลหะออกจากกันในแร่ที่ถลุงแล้วด้วยกรดซัลฟูริก จำเป็นต้องทำเป็นกลางด้วยสารเคมีชนิดหนึ่ง คือสารใด  
**ตอบ** หินปูนหรือปูนขาว
- ท่อส่งก๊าซเป็นท่อที่ทำด้วยเหล็กกล้าโดยมีธาตุชนิดใดเป็นส่วนผสม  
**ตอบ** Nb
- PSZ ใช้ทำอิฐทนไฟสำหรับทำเตาหลอมโลหะ มีส่วนประกอบของสารประกอบของโลหะอะไร  
**ตอบ** Zr

**ธาตุและสารประกอบในอุตสาหกรรม**

- การถลุงเหล็กและทองแดง
  - อุตสาหกรรมทำเซรามิกส์
  - อุตสาหกรรมการผลิต และการใช้ประโยชน์ จาก NaCl เช่น การผลิตเกลือสมุทร การผลิตเกลือสินเธาว์ การผลิตเกลือกับสิ่งแวดลอม
- หลักการถลุงแร่ยังเหมือนเดิม คือ**

- เลือกแร่ Fe มีอยู่ในแร่ ฮีเมไทต์ ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )  
Cu มีอยู่ในแร่ คาลโคไพไรท์หรือ คอปเปอร์ไพไรท์ ( $\text{CuFeS}_2$ )
- ล้างและย่างแร่ เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนเช่น หิน ดิน ทรายและย่างแร่เพื่อเปลี่ยนสารประกอบของโลหะที่ต้องการให้เป็นออกไซด์
- ถลุงแร่ ในสารพิษ ส่วนมากจะเป็นเตาเป่าลมร้อนเข้าไป โดยมี ถ่านโค้กเป็นเชื้อเพลิงส่วนประกอบของวัตถุดิบที่ใช้เผา เช่น แร่ที่ล้างและย่างแล้ว + ถ่านโค้ก + เชื้อถลุง

**ปฏิกิริยาเคมีในเตาถลุง คือ**

- $3\text{C} + 2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO} + \text{CO}_2, \text{CO}_2 + \text{C} \longrightarrow 3\text{CO}$
- $\text{CO} + \text{Oxide โลหะ} \longrightarrow \text{โลหะ} + \text{CO}_2$
- เชื้อถลุง เช่น  $\text{CaCO}_3$  สลายเป็น  $\text{CaO} + \text{CO}_2$   

$$\text{CaO} + \text{SiO}_2 \longrightarrow \text{CaSiO}_3(\text{l}) \text{ (slag)}$$
 - สำหรับ  $2\text{CuFeS}_2 + 4\text{O}_2 \longrightarrow \text{Cu}_2\text{S} + 2\text{FeO} + 3\text{SO}_2$   

$$2\text{CuS} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$$
  

$$2\text{Cu}_2\text{O} + \text{Cu}_2\text{S} \longrightarrow 6\text{Cu} + \text{SO}_2$$
- นำไปทำให้บริสุทธิ์ มี 2 วิธี  
 1. แยกด้วยกระแสไฟฟ้า  
 2. เผาเป็นส่วนๆ ด้วยกระแสไฟฟ้า



**ประโยชน์ของ Fe** เราใช้ Fe อย่างกว้างขวาง ที่รู้จักกันมากที่สุดคือ เหล็กกล้าไร้สนิม เหล็กก่อสร้าง ทำตัวถังรถยนต์ เมื่อเคลือบผิวเหล็กด้วย ดีบุก ใช้กระป๋องใส่หรือบรรจุอาหารและเครื่องมือต่างๆ Fe เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเม็ดเลือดแดง ถ้าขาดจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

**ประโยชน์ของ Cu** เพราะ Cu นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี รองจาก Au และ Ag จึงใช้ทำงานในด้านไฟฟ้า ได้แก่ ทำสายไฟอุปกรณ์เครื่องมือไฟฟ้า ใช้ทำโลหะเจือ เช่น ทองเหลืองเป็นโลหะผสมของ Cu กับ Zn ใช้ทำกลอนประตู ปลอกกระสุนปืน ทองสัมฤทธิ์เป็นโลหะเป็นโลหะผสมของ Cu กับ Sn ใช้ทำลานนาฬิกา โลหะผสมของ Cu กับ CuO ใช้ทำยาฆ่าแมลง และเลือดของปู และปลาหมึก จะมีสารประกอบเชิงซ้อนของ Cu ส่วนร่างกายมนุษย์ถ้าขาด Cu จะเกิดการบกพร่องในการสังเคราะห์ไขมันบางชนิด ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง เพราะร่างกายดูดซับเหล็กไม่ได้

### อุตสาหกรรมเซรามิกส์

**เซรามิกส์** คือ วัตถุและภาชนะต่างๆ ที่ทำจากดิน หรือที่ได้จากดิน นำไปเป็นรูปทรงตามต้องการ และทำให้คงรูปโดยการเผา เช่น เครื่องปั้นดินเผา แก้ว วัสดุทนไฟ เครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ

วัตถุดิบจำพวกหิน แร่ ได้แก่ ดินขาว หินปูน ดินเหนียว เฟลด์สปาร์ ทัลด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์ โซเดียมซิลิเกต ซิงค์ออกไซด์

นอกจากนี้ ยังใช้สารอนินทรีย์ที่มีสมบัติทนความร้อน ทนต่อ

ปฏิกิริยาเคมี และมีสมบัติทางไฟฟ้าเป็นพิเศษ มาทำเซรามิกส์ และทำให้มีสีสรรสวยงาม จะใช้สีเคลือบให้มีคุณภาพสูงขึ้น

### ปัจจุบัน ใช้เซรามิกส์เป็นประโยชน์ในการทำ

1. ฉนวนไฟฟ้า
2. แผ่นและวงจรรวม (IC)
3. แผ่นซิลิคอนใช้สร้างเซลล์สุริยะ
4. ตัวถังรถยนต์ เพื่อให้มีน้ำหนักเบาและแข็งแรง ทนสารเคมี

### อุตสาหกรรมการผลิตและการใช้ประโยชน์จาก NaCl

**การผลิต NaCl** มี 2 วิธี

1. ผลิตจากน้ำทะเล เรียกว่า เกลือสมุทร
2. ผลิตจากดินปนเกลือ เรียกว่า เกลือสินเธาว์

### วิธีการผลิตเกลือสมุทร

1. วัตถุดิบที่ใช้ คือ น้ำทะเล มีวิธีการทำดังนี้ คือ
  - ก. ต้องขังน้ำไว้ในวงน้ำเพื่อ
    1. สะสมน้ำทะเลไว้ใช้อย่างเพียงพอ
    2. ทำให้ใส ไม่ต้องกรอง
    3. ได้ผลพลอยได้ คือ กุ้ง ปู ปลา ที่ตามมากับน้ำที่ใสไว้ในวงน้ำ

- ข. ต้องปรับสภาพหรือเตรียมพื้นที่นาเกลือ เป็น 3 แปลงต่างระดับ ลดล้นลงไป คือ นาตาก นาเชื้อและนาปลง โดยทำช่องระบายน้ำระหว่างแปลงเพื่อสะดวกต่อการระบายและขังน้ำ
- ค. อาศัยจากแสงแดด เมื่อน้ำให้ระเหยไป

### กระบวนการของการทำนาเกลือ คือ

**นาตาก** ระบายน้ำจากวงน้ำเข้าสู่นาตากประมาณ 5 ซม. แล้ว

- ก. ปล่อยให้ให้น้ำระเหย
- ข. วัด ถ.พ. ของน้ำประมาณ 1.08
- ค. ระบายน้ำเข้าสู่นาเชื้อ

**นาเชื้อ** มีน้ำทะเลที่ระบายจากนาตาก จะได้นี้

- ก. ปล่อยให้ให้น้ำระเหย
- ข. มี  $\text{CaSO}_4$  ตกผลึก ซึ่งเป็นผลพลอยได้ใช้ทำปูนพลาสเตอร์ โดยการเติมปูนขาวลงไป
- ค. วัด ถ.พ. ของน้ำประมาณ 1.02
- ง. ระบายน้ำเข้าสู่นาปลง

**นาปลง** มีน้ำทะเลที่ระบายจากนาเชื้อ จะได้ว่า

- ก. ปล่อยให้ให้น้ำทะเลระเหย ถ้าชื้นเกินไป ต้องระบายไปยังนาอีกแปลงหนึ่งที่เตรียมไว้ ก็จะได้  $\text{MgSO}_4$  เป็นผลพลอยได้หรือจะทำโดยระบายน้ำ จากนาเชื้อเข้าไปเพิ่มอยู่เสมอ ทั้งนี้เพื่อป้องกัน  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ที่มีปนมากับน้ำทะเลจะตกผลึกเป็น  $\text{MgCl}_2$  และ  $\text{MgSO}_4$  ปะปนมากับ  $\text{NaCl}$
- ข.  $\text{NaCl}$  ตกผลึก ขูดออกขณะที่มีน้ำทะเลขังท่วมเกลือ เพื่อล้างดินที่ปนมากับเกลือออก
- ค. คราดเกลือมารวมกันเป็นกองๆ แล้วระบายน้ำออกจากนาปลง ก็จะได้เกลือสมุทรประมาณเฉลี่ย 2.5 – 6 กิโลกรัม / ตารางเมตร

**การผลิตเกลือสินเธาว์** ลักษณะดินปนเกลือที่เกิดจากธรรมชาติ มีดังนี้

1. เกลือจากดิน
2. เกลือจากน้ำบาดาล
3. เกลือจากดินชั้นหิน

**วัตถุดิบประสงค์** ก็คือ นำดินปนเกลือ มาทำดังนี้

- ก. นำดินปนเกลือ + น้ำ จะได้สารละลาย + ตะกอน
- ข. สารละลาย + ตะกอน นำมากรองจะได้สารละลายออกมา
- ค. สารละลายที่ได้นำไปเผาหรือต้มจะได้เกลือสินเธาว์

**ลักษณะของเกลือสินเธาว์** เป็นเกลือที่เหมาะสมสำหรับใช้ในโรงงาน

อุตสาหกรรมเพราะมีความชื้นและมี  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ปนต่ำ แต่เกลือสมุทรเป็นเกลือที่เหมาะสมใช้บริโภคเพราะมีไอโอดีนสูง

**หลักเกณฑ์ทางด้านวิทยาศาสตร์** ในการผลิตเกลือสินเธาว์ ที่กล่าวมานี้

1. การละลาย
2. การกรอง



3. การระเหย

4. การตกผลึก

**การผลิตเกลือสินเธาว์มีผลต่อสิ่งแวดล้อม คือ**

1. การแพร่กระจายของดิน มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าดินเค็มกระจายในแม่น้ำ ลำคลอง ก็จะมีผลต่อสัตว์น้ำด้วย
2. การยุบตัวของพื้นดิน บริเวณที่มีการผลิตเกลือบาดาล หรือในชั้นเกลือหินสำหรับเกลือสมุทร จะมีไอน้ำดินมากกว่าเกลือสินเธาว์

**ประโยชน์ของเกลือไอโอดีน** เป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย คือ ร่างกายขาดไอโอดีน มาตั้งแต่เด็กก็จะทำให้ร่างกายผิดปกติ ไม่เจริญเติบโต รูปร่างหน้าตาสติปัญญาผิดปกติ หูหนวก เป็นใบ้ ตาเหล่ แขนขาเป็นอัมพาตได้

**การแก้ไขและการป้องกันการเกิดโรคขาดไอโอดีน** โดยใช้เกลืออนามัยหรือเกลือไอโอเดรต ซึ่งเตรียมได้โดย การเพิ่มไอโอดีนเข้าไปในเกลือสินเธาว์ โดยอาจจะผสมเข้าไปในรูปไอโอดีน หรือไอโอเดต

เกลือที่เตรียมได้ทั้ง 2 วิธี ถ้าต้องการทำให้บริสุทธิ์ จะต้องขจัด  $Mg^{2+}$  โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะเกิดแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ( $Mg(OH)_2$ ) และซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) โดยเติม  $Ba^{2+}$  จะตกตะกอนเป็นแบเรียมซัลเฟต ( $BaSO_4$ ) และ  $Ca^{2+}$  โดยเติมโซเดียมคาร์บอเนต จะเกิดตะกอน  $CaCO_3$  และเติมไฮโดรคลอริก (HCl) เพื่อขจัด  $CO_3^{2-}$  ให้กลายเป็น  $CO_2$

การเตรียมเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โดยใช้น้ำทะเลเป็นวัตถุดิบ มักจะมีสารประกอบของ Mg ในรูปของแมกนีเซียมซัลเฟต  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  หรือดีเกลือ จะมีรสขม เป็นสารปนเปื้อน ทำให้เกลือมีคุณภาพต่ำ

การปรับปรุงคุณภาพเกลือสมุทร โดยการเติมปูนขาวบริเวณที่เหมาะสมลงในน้ำเชื้อจะลดปริมาณของ  $MgSO_4$  ได้ จะได้เกลือที่ดีขึ้น

**ตัวอย่างข้อสอบ**

1. สตีปโนท์ เป็นชื่อแร่ของธาตุใดต่อไปนี้
  1. ดีบุก
  2. ทองแดง
  3. เหล็ก
  4. พลวง
2. สารประกอบในแร่ที่ใช้ถลุงโลหะ คือ
  1. ออกไซด์
  2. ซัลไฟด์
  3. คลอไรด์
  4. ไฮไดรด์
3. แร่ชนิดใดที่เหมาะสมในการใช้ถลุงเหล็ก
  1. สตีปโนท์
  2. คาลโคไพไรท์
  3. ฮีเมไทต์
  4. แคลซิเทอไรท์
4. พลวงเงิน มีสูตรทางเคมี คือ
  1.  $SnO_2$
  2.  $Sb_2S_3$
  3.  $CuFeS_2$
  4.  $Fe_2O_3$
5. แร่ที่ใช้ในการถลุงทองแดง มีสารเคมีที่มีสูตร คือ
  1.  $Cu_2O$
  2.  $CuFeS_2$
  3.  $CuSO_4$
  4.  $CuO$
6. ชื่อใดต่อไปนี้ เป็นชื่อถูกต้อง

1. การทำทองแดงให้บริสุทธิ์ โดยใช้เซลล์เล็กโครไลติก โดยให้ Cu ไม่บริสุทธิ์เป็นอานอด Cu บริสุทธิ์เป็นแคโทด
2. เหล็กที่มีปริมาณของ C มากเกินพอจะทำให้เหล็กเหนียวขึ้น
3. การทำนาเกลือ ต้องปรับระดับพื้นนาเรียงตามลำดับคือ นาตาก นาปลง นาเชื้อ
4. เหล็กที่ถลุงได้ คือ เหล็กพิต

**ธาตุและสารประกอบในอุตสาหกรรม**

ว่าด้วย การผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ ก๊าซคลอรีน

- วิธีการผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์ และก๊าซ  $Cl_2$
  - การนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ และก๊าซ  $Cl_2$  ไปใช้ประโยชน์
- วัตถุดิบในการผลิต NaOH คือ เกลือโซเดียมคลอไรด์ NaCl วิธีการผลิต เรียกว่า Electrolysis หรือ วิธแยกธาตุด้วยกระแสไฟฟ้า NaOH เป็นสารประกอบที่เรียกว่า เบสและเบสแก่ ถ้าเป็นของแข็ง เรียกว่า โซดาไฟ การผลิต NaOH และ  $Cl_2$  ในอุตสาหกรรม ใช้วิธีการแยก NaCl(aq) ด้วยกระแสไฟฟ้า สิ่งที่ต้องทำคือ ต้องเตรียม NaCl ให้บริสุทธิ์ก่อนปกติแล้ว เกลือ NaCl ที่ได้จากน้ำทะเล และดินมักจะมี  $Fe^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  และ  $SO_4^{2-}$  ปนเปื้อนต้องกำจัดออกก่อนดังนี้

1. เติม NaOH เพื่อกำจัด  $Fe^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$  ไปเป็น  $Fe(OH)_3$ ,  $Mg(OH)_2$ (s)
 
$$Fe^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Fe(OH)_3$$

$$Mg^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Mg(OH)_2$$
2. เติม  $BaCl_2$  เพื่อกำจัด  $SO_4^{2-}$  โดยตกตะกอนเป็น  $BaSO_4$ 

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \longrightarrow BaSO_4(s)$$
 สีขาว
3. เติม  $Na_2CO_3$  เพื่อกำจัด  $Ca^{2+}$  และ  $Ba^{2+}$  ที่ มากเกินพอ จะตกตะกอน  $CaCO_3$ ,  $BaCO_3$ 

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow CaCO_3(s)$$

$$Ba^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow BaCO_3(s)$$

หมายเหตุปฏิกิริยานี้ใช้ทดสอบเกลือ  $SO_4^{2-}$

4. เติม HCl เพื่อกำจัด  $CO_3^{2-}$  ให้เป็นแก๊ส  $CO_2$ 

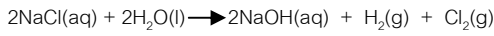
$$2H^+ + CO_3^{2-} \longrightarrow H_2O + CO_2(g)$$
 นำสารละลายไปกรอง เอาตะกอนออก จึงจะได้สารละลาย NaCl บริสุทธิ์ แล้วนำไปเตรียม NaOH ด้วยกระแสไฟฟ้า ต่อไป

**ปฏิกิริยาภายในเซลล์เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป**

1. สารละลาย NaCl แตกตัวเป็น  $Na^+(aq)$  +  $Cl^-(aq)$  มีดังนี้
 
$$NaCl(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$
2. ปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้า มีดังนี้
  - ที่แอโนด  $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$
  - ที่แคโทด  $2H_2O + 2e^- \longrightarrow 2OH^- + H_2$
  - ปฏิกิริยารวม  $2Cl^- + 2H_2O(l) \longrightarrow Cl_2 + 2OH^- + H_2$



เขียนเป็นปฏิกิริยาโมเลกุล



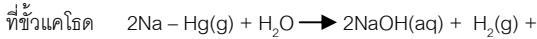
∴ การแยกสารละลาย NaCl ด้วยกระแสไฟฟ้า จะได้

1. สารละลาย NaOH
2. จะได้ก๊าซ  $\text{Cl}_2$  ที่ขั้วแอโนด จะได้

การเตรียม NaOH(aq) และ  $\text{Cl}_2(\text{g})$  โดยการแยกสารละลาย NaCl ด้วยกระแสไฟฟ้า มี 3 แบบ

1. โดยใช้เซลล์ปรอท ขั้วแคโทดทำด้วย Hg

ขั้วแอโนด ทำด้วย Ti เคลือบด้วยออกไซด์ของโลหะบางชนิดปฏิกิริยาภายในเซลล์ มีดังนี้

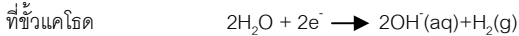


NaOH ที่ได้ขึ้นประมาณ 50% โดยมวล แต่จะมี Hg ในรูป  $\text{HgCl}_2$  ปนเปื้อนได้ จุลินทรีย์ในน้ำจะเปลี่ยนเป็น ไดเมทิลเมอร์คิวรี่ ชื่อเป็นพิษ จะเข้าไปสะสมอยู่ในตัวปลา เมื่อเราบริโภคปลาเข้าไป ก็เกิดอันตรายได้

2. โดยใช้เซลล์ไดอะเฟรม มีแผ่นกั้นขั้วแคโทด และแอโนดด้วยไดอะเฟรมที่ทำด้วยแอสเบสตอส ขั้วแอโนด ทำด้วย Ti ขั้วแคโทด ทำด้วย

เหล็กกล้า

ปฏิกิริยาภายในเซลล์ มีดังนี้

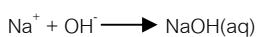
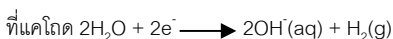
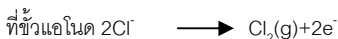


ที่สำคัญคือ แผ่นกั้นยอมให้อิออนผ่านตลอดเวลาแต่โมเลกุล เช่น  $\text{H}_2(\text{g})$  และ  $\text{Cl}_2(\text{g})$  ผ่านแผ่นกั้นไม่ได้ ปรับความดันด้านแอโนดสูงกว่าแคโทด

∴  $\text{OH}^-$  จึงไหลไปทางแคโทด ทำให้เกิด NaOH ทางขั้วแคโทดจะมี  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ที่ทำปฏิกิริยาได้ไม่หมดจะเกิดเป็น NaCl ปนเข้ามากับ NaOH ถ้านำสารละลาย NaOH ไม่บริสุทธิ์ไประเหยน้ำออกจำนวนหนึ่ง เมื่อทำให้ NaCl อิ่มตัว จะตกผลึกออกมาก่อน นำสารละลายไปกรอง จะได้

NaOH บริสุทธิ์ 50% โดยมวลไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเรยอง

3. ทำโดยเซลล์เยื่อและเปลี่ยนไอออน เซลล์เยื่อแลกเปลี่ยนไอออนคล้ายกับเซลล์ไดอะเฟรม แต่แตกต่างกันที่เยื่อแลกเปลี่ยนไอออนแทนไดอะเฟรม และเยื่อแลกเปลี่ยนไอออน ยอมให้เฉพาะไอออนบวกผ่านเท่านั้น ดังนั้น  $\text{Na}^+$  ผ่านเยื่อไปหาขั้วแคโทด ส่วน  $\text{Cl}^-$  จะอยู่ที่ขั้วแอโนดเท่านั้น



ผลที่ได้คือ ทางขั้วแอโนด ได้  $\text{Cl}_2(\text{g})$  ทางขั้วแคโทด ได้ NaOH +  $\text{H}_2(\text{g})$

ประโยชน์ของ NaOH และผลพลอยได้  $\text{H}_2(\text{g}), \text{Cl}_2(\text{g})$

### NaOH ใช้ในอุตสาหกรรม

1. ทำสบู่ ผงซักฟอก ผงชูรส ทำกระดาษ ย้อมสี การกลั่นปิโตรเลียม
2. การผลิตสารเคมี สิ่งทอ
3. การทำแร่บอกไซต์ให้บริสุทธิ์ เพื่อใช้เตรียมโลหะ Al

### $\text{Cl}_2(\text{g})$ ใช้เตรียม

1.  $\text{HCl}(\text{aq})$  เกิดปฏิกิริยา  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$   $2\text{HCl}(\text{aq})$
2. นำ  $\text{Cl}_2(\text{l})$  ไปใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา ฟอกสีกระดาษ ใช้เป็นวัตถุดับในการเตรียมผงซักฟอกขาว

### $\text{H}_2$ ใช้เตรียม

1.  $\text{HCl}(\text{g})$
2. ใช้บรรจุในลูกบอลดุน แต่เป็นอันตราย เพราะติดไฟง่าย
3. ใช้ในสปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า hydrogenation สารอินทรีย์ที่ไม่อิ่มตัว

### วิธีเตรียมผงฟอกขาว โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)

วิธีทำ เตรียม  $\text{Cl}_2(\text{g})$  จากปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{KMnO}_4$  กับ HCl



อาจใช้  $\text{Cl}_2(\text{g})$  จากผลพลอยได้ของการเตรียม NaOH ก็ได้ผ่าน

$\text{Cl}_2(\text{g})$  ลงใน NaOH(aq) เกิดปฏิกิริยาดังนี้



โซเดียมไฮโปคลอไรต์

### ผงชูรส (monosodium glutamate)

มีสูตร  $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{CHNH}_2\text{COONa}$  วัตถุดับที่ใช้คือ

ก. แป้งมัน หรือกากน้ำตาล

ข. กรด  $\text{H}_2\text{SO}_4, \text{HCl}$  และ NaOH

ค. ยูเรีย เชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยา มีดังนี้

1. แป้งมัน หรือกากน้ำตาล +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  กลูโคส
2. กลูโคส + ยูเรีย เชื้อจุลินทรีย์ แอมโมเนียม กลูตาเมต
3. แอมโมเนียมกลูตาเมต + HCl กรดกลูตามิก +  $\text{NH}_4\text{Cl}$
4. กรดกลูตามิก + NaOH  $\longrightarrow$  ผงชูรส

ผลพลอยได้คือ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ใช้ทำปุ๋ยเพิ่ม  $\text{N}_2$  ให้แกดิน สารละลายที่เหลือ เมื่อแยกผงชูรสออกแล้วไปทำ น้ำซอสปรุงรส หัวน้ำปลา ผงชูรส ละลายน้ำได้สารละลายเป็นกลาง

วิธีทดสอบ ผงชูรสที่มีสารปนเปื้อน เช่น NaCl น้ำตาล โบแรกซ์ ฟอสเฟต มีดังนี้

1. ผงชูรสแท้ นำไปเผา มีเขม่าสีดำเหลืออยู่ในภาชนะ
2. โบแรกซ์  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

โบแรกซ์ สามารถชิมเข้าสู่เส้นเลือดได้อย่างรวดเร็ว สะสมในร่างกายเกินพอ จะเกิดระคายเคืองต่อเยื่อทางเดินอาหาร ภาวะอาหารอักเสบ และความดันโลหิตต่ำ เป็นต้น



**ทดสอบใบแรกที่ได้ 2 วิธี**

**1. การเปลี่ยนสีของกระดาษขมิ้น ดังนี้**

สารละลาย  $\xrightarrow{\Delta}$  เกือบแห้ง

จุ่มกระดาษขมิ้นในสารละลาย  $\longrightarrow$  สีส้ม

สารสีส้ม +  $\text{NH}_3$  โดยการหยดลงไปจะได้สีน้ำตาล

**2. คู่มือของเปลวไฟ**

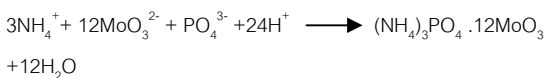
ผงชูรส +  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$  ไอที่ได้จุดไฟติดได้เปลวไฟสีน้ำเงิน

การตรวจน้ำตาลปลอมปนมากับผงชูรส มีวิธีดังนี้

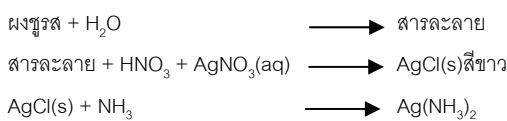
ผงชูรส + น้ำ + สารละลายเบนเดกิตต์ ถ้ามีน้ำตาลในผงชูรส หลังจากนำของผสมไปต้มจะมีสีแดงอิฐของ  $\text{Cu}_2\text{O}$

การตรวจฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในผงชูรส มีวิธีดังนี้

1. ผงชูรส +  $\text{H}_2\text{O} \longrightarrow$  สารละลาย
2. สารละลาย +  $\text{HNO}_3 \longrightarrow$  สารละลายมีฤทธิ์เป็นกรด
3. สารละลายจากข้อ 2 + แอมโมเนียมโมลิบเดต สูตรคือ  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_3$  นำไปต้มให้ร้อน จะมีตะกอนสีเหลืองเกิดขึ้น ถ้ามี  $\text{PO}_4^{3-}$  ปนเปื้อนอยู่ปฏิกิริยาจะมีดังนี้



**ทดสอบเกลือ NaCl ในผงชูรสปลอม มีวิธีดังนี้**



Cl(aq)

**ตัวอย่างข้อสอบ**

1. ในอุตสาหกรรมทำโซดาไฟ บางประเภทนิยมใช้การแยกสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ด้วยไฟฟ้า เหตุใดจึงต้อง ป้อนเป็นแคโทด

1. เพื่อให้เกิดก๊าซ  $\text{H}_2$  ที่ขั้วลบ
2. เพื่อป้องกันก๊าซ  $\text{Cl}_2$  ไม่ให้ละลายน้ำ
3. เพื่อป้องกันโซเดียมไม่ให้ละลายน้ำทันที
4. เพื่อให้เกิดก๊าซ  $\text{Cl}_2$  ที่ขั้วบวก

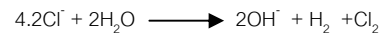
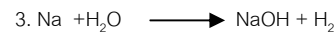
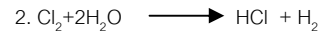
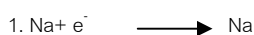
2. แก๊สแกงเป็นวัตถุอันตรายชนิดหนึ่งที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทใดมากที่สุด

1. โรงงานผงชูรส
2. โรงงานโซดาไฟ
3. โรงงานทำน้ำตาล
4. โรงงานผงซักฟอก

3. ผลพลอยได้จากการผลิตผงชูรสคือ

1. ปุ๋ยยูเรีย  $\text{NH}_4\text{Cl}$
2. กรดกลูตามิก ยูเรีย
3.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  จุลินทรีย์
4.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  หัวน้ำปลา

4. ปฏิกิริยาการแยก  $\text{NaCl}(\text{aq})$  ด้วยไฟฟ้า พบว่าปฏิกิริยาที่ถูกต้องคือ



5. สารเคมีที่ใช้กำจัด  $\text{Ca}^{2+}$  ที่ปนเปื้อนมากับเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้เตรียม  $\text{NaOH}$  คือ

1.  $\text{NaOH}$
2.  $\text{BaCl}_2$
3.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
4.  $\text{AgNO}_3$

6. เมื่อนำผงชูรสมาละลายน้ำ จะไหลคือ

1. มีฤทธิ์เป็นด่างเกิดไฮโดรไลซิสกับเกลือของกรดอ่อน
2. เป็นกรดเพราะเกิดไฮโดรไลซิสกับเกลือของกรดอ่อน
3. มีฤทธิ์กลาง
4. เป็นกรดเพราะมีหมู่  $-\text{COOH}$  เกลืออีก 1 หมู่

7. อุตสาหกรรมต่อไปนี้ ไม่ใช่  $\text{NaOH}$  เป็นวัตถุดิบ

1. อุตสาหกรรมทำยูเรีย
2. อุตสาหกรรมทำสบู่
3. อุตสาหกรรมทำผงชูรส
4. อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ

8. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารฟอกขาวเยื่อกระดาษ หรือฆ่าแมลงแบคทีเรีย สำหรับในน้ำประปา คือ

1. ไอโอดีน
2. คลอรีน
3. โซเดียม
4. ซีลีเนียม

9. อุตสาหกรรมผลิตโซดาไฟ จะใช้เซลล์ใดก่อนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

1. เซลล์ไดอะเฟรม
2. เซลล์เยื่อแลกเปลี่ยนไอออน
3. เซลล์ปรอท
4. เซลล์อิเล็กโทรเคมี

10. สารละลายข้อใดใช้ทดสอบ อนุมูลฟอสเฟตที่ปลอมปนมากับผงชูรส

1. benedict solution
2. magnesia mixture
3. ammonium molybdate
4. alkaline solution

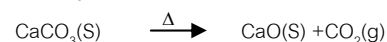
**การผลิตโซดาแอสจาก NaCl** โดยกระบวนการโซลเวย์ มีสูตรเคมี คือ

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  (โซเดียมคาร์บอเนต) วัตถุดิบคือ

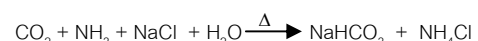
1.  $\text{CO}_2$  จาก  $\text{CaCO}_3$
2. น้ำ  $\text{NH}_3$
3. น้ำเกลือ  $\text{NaCl}$

**ปฏิกิริยาเกิดขึ้น มีดังนี้**

1. เมา  $\text{CaCO}_3$  ได้  $\text{CaO}$  และ  $\text{CO}_2$



2. ผ่าน  $\text{CO}_2$  ลงในสารละลายผสมน้ำ  $\text{NH}_3$  และน้ำเกลือ จะได้  $\text{NaHCO}_3$  โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต



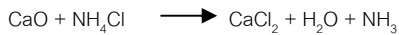
3. นำ  $\text{NaHCO}_3$   $\xrightarrow{\Delta}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$

ผลพลอยได้ คือ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ใช้ทำปุ๋ย ให้ Nitrogen กับพืช



CO<sub>2</sub> จากชั้น 3 นำกลับไปใช้ในชั้น 2 ได้

CaO จากชั้น 1 NH<sub>4</sub>Cl จากชั้น 2 นำมาเตรียม NH<sub>3</sub> ได้ดังนี้



NH<sub>3</sub> นำไป ใช้ชั้น 2

CaCl<sub>2</sub> ใช้ในห้องปฏิบัติการคือใช้ดูความชื้นเกิดปัญหามลภาวะเพราะมี  
มากเกินไป Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ใช้เป็นวัตถุดับ ในการผลิต

1. แก้ว
2. กระดาษ
3. อุตสาหกรรม สิ่งทอ
4. อุตสาหกรรมเคมี
  - สบู่
  - สารกำจัดความกระด้างของน้ำ
  - สารเคมีชนิดต่างๆ

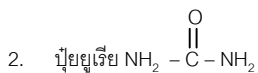
**อุตสาหกรรมทำปุ๋ย** ปุ๋ยมี 2 ประเภท

1. ปุ๋ยอินทรีย์
2. ปุ๋ยอนินทรีย์ - ปุ๋ยวิทยาศาสตร์

ปุ๋ยอินทรีย์ได้จากซากสิ่งมีชีวิต เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ได้จากมูลสัตว์

**ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ หรือ ปุ๋ยอนินทรีย์** มี 2 ชนิด คือ

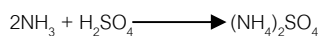
1. ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



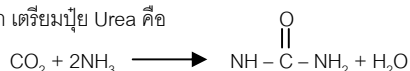
วัตถุดิบของปุ๋ย (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> คือ NH<sub>3</sub> , H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

วัตถุดิบของปุ๋ย Urea คือ NH<sub>3</sub> , CO<sub>2</sub>

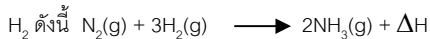
ปฏิกิริยา เตรียมปุ๋ย (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> คือ



ปฏิกิริยา เตรียมปุ๋ย Urea คือ



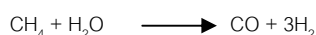
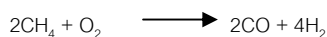
NH<sub>3</sub> ที่ใช้ในการเตรียมปุ๋ยทั้ง 2 อย่างเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่าง N<sub>2</sub> กับ



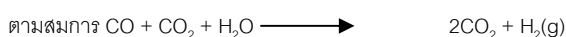
เตรียม N<sub>2</sub>(g) ได้จากการกลั่นอากาศเหลว และจะได้ก๊าซ O<sub>2</sub> ด้วย

เตรียม H<sub>2</sub>(g) ได้จากปฏิกิริยาของ ก๊าซธรรมชาติ เช่น CH<sub>4</sub> ที่ทำ

ปฏิกิริยากับ O<sub>2</sub> หรือไอน้ำ ดังปฏิกิริยา



ก๊าซผสม CO + CO<sub>2</sub> แยกออกจากกันไม่ได้ต้องพ่นน้ำลงไป เกิดปฏิกิริยา



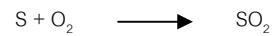
เตรียม CO<sub>2</sub>

ผ่านน้ำลงใน CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>(g) จะได้ว่า CO<sub>2</sub> ละลายน้ำได้ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(aq)

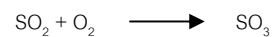
แล้วนำไปแยกก๊าซ H<sub>2</sub>(g) ออกได้

เมื่อเพิ่มความดันลดอุณหภูมิ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> สลายให้ CO<sub>2</sub> คือ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> เตรียมได้  
จาก Sulphur

เกิดปฏิกิริยาดังนี้ เมื่อกำมะถันในบรรยากาศของ O<sub>2</sub> เกิดปฏิกิริยา ดังนี้



แล้วผ่าน O<sub>2</sub> เข้าไปอีกจะได้ SO<sub>3</sub> ซึ่งเกิดปฏิกิริยาดังนี้



ผ่าน SO<sub>3</sub>(g) ลงใน H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq) เข้มข้น จะได้ H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (Pyro sulphuric  
acid) ดังปฏิกิริยา H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq) + SO<sub>3</sub>(g) → H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>(aq)

เติมน้ำลงไป จะได้ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ตามสมการ H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> + H<sub>2</sub>O → 2H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

นำ H<sub>2</sub> , N<sub>2</sub> , CO<sub>2</sub> และ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ไปเตรียมแอมโมเนียมซัลเฟต และ ยูเรีย  
ต่อไป

**ปุ๋ยฟอสเฟต**

วัตถุดิบ คือ วัตถุดิบคือ [CaF<sub>2</sub>·3Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] และกรด H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ปฏิกิริยา  
เกิดขึ้นดังนี้

1. หินฟอสเฟต + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

2. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + หินฟอสเฟต ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต [Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]

จากการเตรียมปุ๋ยฟอสเฟต พบว่า ในหินฟอสเฟตมี CaF<sub>2</sub> ปนอยู่ จะถูก

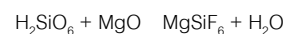
เปลี่ยนเป็น HF ซึ่งเป็นไอได้ง่าย และเป็นพิษ

HF บางส่วน จำทำปฏิกิริยากับทราย SiO<sub>2</sub> จะได้ SiF<sub>4</sub> ซึ่งรวมกับ H<sub>2</sub>O  
ต่อไปได้ H<sub>2</sub>SiO<sub>6</sub>

H<sub>2</sub>SiO<sub>6</sub> ใช้เป็นวัตถุดิบ นำไปทำปฏิกิริยากับ MgO ได้สารใหม่ เรียกว่า

Magnesium Silicofluoride ใช้เป็นยาฆ่าแมลง

เกิดปฏิกิริยาดังแสดง



ปุ๋ยที่กล่าวมานี้ ใช้เป็นสารใส่ลงในดิน เพื่อเพิ่มธาตุอาหารของพืชทั้งหมด

18 ชนิด ที่สำคัญ คือ N<sub>2</sub> , P และ K

- N<sub>2</sub> จะช่วยเร่งใบ
- P จะช่วยเร่งความเจริญเติบโตของราก
- K จะช่วยเร่งลำต้นและรากให้แข็งแรง

นอกจากธาตุทั้ง 3 ยังมีธาตุอื่นๆ ที่สำคัญรองลงมา คือ Ca ,  
Mg , S , Fe , Mn และ Zn เป็นต้น

ข้อดีของปุ๋ยวิทยาศาสตร์ คือ

1. มีปริมาณธาตุอาหารต่อหน่วย น้ำหนักสูงใช้ปริมาณน้อย  
ก็เพียงพอ
2. หาง่ายเพราะมีโรงงานผลิต
3. ได้ผลเร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์
4. ราคาถูก สะดวกต่อการเก็บรักษา

ข้อเสียของปุ๋ยวิทยาศาสตร์ คือ





1. N อยู่ในรูป  $\text{NH}_4^+$  ใช้ไปนานๆ จะทำให้ดินมีฤทธิ์กรด
2. ใช้มากเป็นอันตรายต่อพืช
3. ไม่มีสมบัติในการปรับปรุงดิน ไม่ทำให้ดินร่วนซุยได้
4. ผู้ใช้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับการใช้มากหรือน้อยไป ก็เกิดผลเสียต่อพืชได้

**ข้อดีของปุ๋ยอินทรีย์**

1. ช่วยปรับปรุงดินให้ร่วนซุย อากาศถ่ายเทได้สะดวก
2. อยู่ในดินได้นานๆ จะปล่อยธาตุอาหารให้ปุ๋ยอย่างช้า ๆ
3. ใช้ร่วมกับปุ๋ยวิทยาศาสตร์ จะช่วยเสริมคุณภาพของปุ๋ยวิทยาศาสตร์ใช้งานได้ดีขึ้น

**ข้อเสียของปุ๋ยอินทรีย์**

1. มีปริมาณของธาตุอาหารต่ำ ต้องใช้เป็นปริมาณมาก ๆ เป็นการสิ้นเปลือง
2. ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชช้ามาก
3. ราคาจะแพงกว่าปุ๋ยวิทยาศาสตร์ในปริมาณต่อหน่วยเท่ากัน
4. หายาก

**ตัวอย่างข้อสอบ**

1. ในการเตรียมปุ๋ย  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ยูเรีย มีสารเคมี ที่เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญ คือ  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$  ให้พิจารณาว่า สารใดต่อไปนี้ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากก๊าซธรรมชาติเป็นสารตั้งต้น

1.  $\text{N}_2$                       2.  $\text{CO}$                       3.  $\text{CO}_2$                       4.  $\text{NH}_3$

2. การผลิตปุ๋ยยูเรีย และ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนใด

1. การแยก  $\text{H}_2$  ออกจาก  $\text{CO}_2$
2. การกลั่นลำดับส่วนอากาศเหลว
3. การใช้ N: เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{CH}_4(\text{g})$  กับไอน้ำ
4. ถูกทั้ง 1, 2, และ 3

3. โซดาแอส เป็นสารเคมี มีสูตรอย่างไร

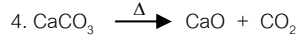
1.  $\text{Na}_2\text{O}$                       2.  $\text{NaHCO}_3$                       3.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$                       4.  $\text{NaOH}$

4. สารละลายของโซดาแอส ควรมีสมบัติอย่างไร

1. มีฤทธิ์กรด                      2. มีฤทธิ์เบส
3. มีฤทธิ์กลาง                      4. ข้อมูลมีไม่เพียงพอ

5. ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้ ไม่เกี่ยวกับการเตรียมโซดาแอส

1.  $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
2. ถ่านไม้ +  $\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$
3.  $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$



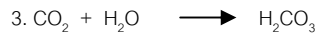
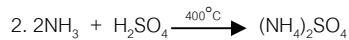
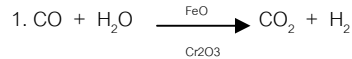
6. ประโยชน์ของสารฟอสเฟตในชีวิตประจำวันได้แก่ข้อใดต่อไปนี้

1. ปุ๋ย    2. ผงซักฟอก
3. ยาฆ่าแมลง    4. สีขาวที่ใช้ทาบ้าน

7. ข้อความใดต่อไปนี้ ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตปุ๋ย

1. การกลั่นอากาศเหลว    2. การเตรียม  $\text{N}_2$  จากลิกไนต์
3. การเตรียมแอมโมเนีย    4. การรีดิวซ์ไอน้ำด้วย  $\text{CO}_2$

8. ปฏิกิริยาเคมีใดต่อไปนี้ ไม่เกี่ยวกับการเตรียมปุ๋ยวิทยาศาสตร์



4. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

9. สารตั้งต้นในการผลิตปุ๋ย แอมโมเนียมซัลเฟต

1. อากาศ    ก๊าซธรรมชาติ    กำมะถัน
2.  $\text{SO}_2$      $\text{NH}_3$                        $\text{H}_2\text{O}$
3. S     $\text{O}_2$                        $\text{N}_2$                        $\text{H}_2$
4.  $\text{NH}_3$      $\text{H}_2$                        $\text{SO}_4$

10. สารเคมีใดต่อไปนี้ ไม่สามารถใช้เป็นปุ๋ยวิทยาศาสตร์

1.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$     2.  $\text{Na}_3\text{PO}_4$
3.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$     4.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

**ตัวอย่างข้อสอบธาตุและสารประกอบในอุตสาหกรรม**

1. ทองแดงที่ถลุงได้จากสินแร่ เมื่อทำให้บริสุทธิ์ โดยอาศัยหลักของเซลล์อิเล็กโทรไลติก ข้อความต่อไปนี้ข้อใดผิด

- (1.) ใช้ทองแดงถลุงเป็นแอโนดและทองบริสุทธิ์เป็นแคโทด
2. สารเจือปนในทองแดงถลุง ควรมีความสามารถเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์แตกต่างจากทองแดงพอสมควร
3. สารเจือปนในทองแดงถลุงที่ถูกออกซิไดซ์ ได้ยากกว่าทองแดงจะตกตะกอนอยู่กับภาชนะ
4. สารละลายในเซลล์ เป็นอิเล็กโทรไลต์อะไรก็ได้ เช่น  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$  หรือ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  เป็นต้น

**หลักการคิด** ชั่วแอโนด เป็นทองแดงที่ถลุงได้ ชั่วแคโทด เป็นทองแดงบริสุทธิ์

2. ในสารประกอบเชิงซ้อน  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  การจัดเรียงอิเล็กตรอนของคอปเปอร์ไอออนจะเป็นไปได้ในข้อใด (Cu มีเลขอะตอม = 29 )

1. 2.8.18    (2.) 2.8.17
3. 2.8.16    4. 2.8.8.9

**หลักการคิด** จากสูตร  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  พบว่า

$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]$  มีเลขออกซิเดชัน = +2



$\text{H}_2\text{O}$  มีเลขออกซิเดชัน = 0

Cu ในไอออนเชิงซ้อนมีเลขออกซิเดชัน = +2

จาก	${}_{29}\text{Cu}$	${}_{29}\text{Cu}^+$	${}_{29}\text{Cu}^{2+}$
	2	2	2
	8	8	8
	18	18	17
	1	0	0

3. ข้อความใดไม่สนับสนุนความสำคัญของธาตุในระบบชีวภาพ

1. การขาดโคโรเนียมทำให้เกิดโรคเบาหวาน
- (2.) เหล็กกล้าไร้สนิม ใช้ทำเครื่องมืออุปกรณ์ทางการแพทย์
3. สารประกอบทองแดง ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะเป็นพิษต่อร่างกาย
4. วิตามิน บี - 12 เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโคบอลต์

**หลักการคิด** เครื่องมืออุปกรณ์ทางการแพทย์ ไม่เกี่ยวกับชีวภาพ

4. ข้อความต่อไปนี้ ไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง เกี่ยวกับธาตุและสารประกอบในอุตสาหกรรม

1. โคบอลต์ 60 เป็นธาตุกัมมันตรังสี ให้รังสีแกมมา ใช้ในการถนอมอาหารได้
- (2.) คาร์บอน มีสมบัติในการทำเหล็กกล้า มีคุณภาพแข็งแรงทนทานดีขึ้น ดังนั้นในอุตสาหกรรม การทำเหล็กกล้าเพื่อใช้ในการก่อสร้าง จึงมีการผสมคาร์บอนลงไป ในอัตราส่วนค่อนข้างสูง
3.  $\text{TiO}_2$  มีสีขาว ใช้ในอุตสาหกรรมทำสีและเครื่องสำอางได้
4. ออกไซด์ของโคโรเนียมมีลักษณะเนื้อแน่น อากาศซึมผ่านได้ยาก จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นโลหะที่ใช้หุ้มผิวโลหะอื่นๆ เช่นเหล็ก เพื่อป้องกันการผุกร่อน

**หลักการคิด** ถ้าเติมคาร์บอนลงในส่วนผสม การทำเหล็กไร้สนิมมากเกินไปจะทำให้เหล็กเปราะแตกหักง่าย

5. ธาตุต่อไปนี้ ธาตุใดมีสมบัติทางเคมีแตกต่างจากธาตุอื่น

- 1.Zr                      2.Pa                      (3.)                      4.Zn

**หลักการคิด** Ca เป็นหมู่ ส่วนธาตุอื่นเป็นโลหะทรานซิชัน

6. ปรีทอหมักเบียร์สารพิษจากโรงงาน

- 1.โรงงานสุรา                      (2.) โรงงานทำไซเดียมฮดรอกไซด์
- 3.โรงงานพลาสติก                      4.โรงงานทำปุ๋ย

**หลักการคิด** การเตรียมไซเดียมฮดรอกไซด์ จาก NaCl โดยวิธีการแยกด้วยกระแสไฟฟ้า ใช้ Hg เป็นขั้วแคโทด เพื่อป้องกัน Na ทำปฏิกิริยากับน้ำทันที ซึ่งเกิดปฏิกิริยารุนแรงและว่องไวมาก ทำให้ก๊าซไฮโดรเจนลุกติดไฟทันที

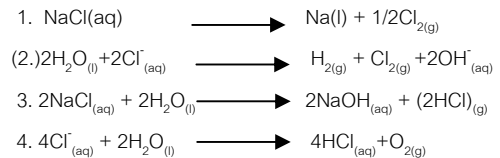
7. วัสดุที่เตรียมแทนทาลัม คือสารใดต่อไปนี้

1. แร่แทนทาลัม                      2.  $\text{K}_2\text{TaF}_7$

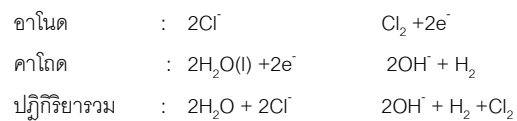
- (3.) ตะกรันดีบุก                      4. แร่  $\text{Ta}_2\text{O}_5$

**หลักการคิด** ตะกรันดีบุกมีปริมาณ Ta มากเกินพอ

8. ในการทดลองแยกสารละลายไซเดียมคลอไรด์เข้มข้น ด้วยกระแสไฟฟ้าจะได้สารละลายที่เหลืออยู่ในหลอดทดลองเป็นเบส ข้อใดเขียนปฏิกิริยารวมได้ถูกต้อง



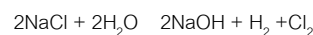
**หลักการคิด** การแยก  $\text{NaCl}(\text{aq})$  ด้วยกระแสไฟฟ้า



9. ผลิตภัณฑ์สุดท้ายในการอิเล็กโทรลิซิส สารละลายเกลือแกง คือข้อใด

1.  $\text{NaOH}, \text{Cl}_2, \text{O}_2$                       2.  $\text{Na}, \text{Cl}_2, \text{H}_2$
3.  $\text{NaOH}, \text{Cl}_2, \text{H}_2$                       4.  $\text{Na}, \text{Cl}_2$

**หลักการคิด** ปฏิกิริยาในการผลิต NaOH โดยวิธีการอิเล็กโทรลิซิส



10. ตัวรีดิวซ์ที่ใช้ในการถลุงดีบุก คือข้อใด

- (1.) C                      2.Mg                      3.Zn                      4.Zr

**หลักการคิด** การถลุงดีบุก วัสดุดิบในเตาถลุงคือ

แร่  $\text{SnO}_2$  ที่ล้างและย่างแล้ว + C +  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

11. สังกะสีที่ใช้ในอุตสาหกรรมทำสี ยาและอาหาร จะเป็นสารใดต่อไปนี้

- (1.) Zinc oxide                      2. Zinc sulphide
3. Zinc                      4. Zinc sulphate

**หลักการคิด** ZnO เป็นสารสีขาวไม่ละลายน้ำ

12. โรงงานอุตสาหกรรมใดข้างล่างนี้ ไม่ได้ใช้ คลอรีนในกระบวนการผลิต

1. อุตสาหกรรมพลาสติก                      2. อุตสาหกรรมทำสบู่
3. อุตสาหกรรมทำกระดาษ                      4. อุตสาหกรรมทำผงชูรส

**หลักการคิด** ข้อ 1. ใช้ Vinyl chloride  $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$

ข้อ 3. ใช้  $\text{Cl}_2$  หรือ  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

ข้อ 4. ใช้ HCl

13. เอมงชูรส 4 ตัวอย่างมาละลายน้ำ แล้วทำการตรวจดังนี้

ก. เติม HCl แล้วจะเหยจนเกือบแห้ง จุ่มกระดาษขมิ้นลงไป บนที่กระดาษขมิ้น

ข. เติม  $\text{HNO}_3$  และแอมโมเนียมโมลิบเดตอุ่น

ค. เติม  $\text{HNO}_3$  และ  $\text{AgNO}_3$

ง. ต้มกับสารละลายเบนดิซีน



ผลของการตรวจเป็นดังนี้

(ก) (ข) (ค) (ง)

ตัวอย่างที่1 สีชมพู ตะกอนเหลือง ตะกอนขาว ตะกอนแดง

ตัวอย่างที่2 สีชมพู ตะกอนเหลืองไม่มีตะกอนไม่มีตะกอน

ตัวอย่างที่3 สีชมพู ไม่มีตะกอน ตะกอนขาว ตะกอนแดง

ตัวอย่างที่4 สีเดิม ไม่มีตะกอน ตะกอนขาว ตะกอนแดง

จากผลของการตรวจตัวอย่างใด เป็นอันตรายมากที่สุดต่อการบริโภค

1.ตัวอย่างที่12.ตัวอย่างที่2

3.ตัวอย่างที่34.ตัวอย่างที่4

**หลักการคิด** สารปลอมปนในผงชูรสที่เป็นพิษคือ

โบแรกซ์ ทดสอบตาม ข้อ ก.

ฟอสเฟต ทดสอบตาม ข้อ ข.