



### โลหะทรานซิชันและสารประกอบ

ธาตุทรานซิชันที่ผู้เรียนจะได้เรียนคือ หมู่ธาตุในคาบที่ 4 เริ่มจากเลขอะตอม 21Sc ---- 30Zn มี

|         |          |                   |        |           |   |            |
|---------|----------|-------------------|--------|-----------|---|------------|
| หมู่ IA | หมู่ IIA | โลหะทรานซิชัน (B) |        | หมู่ IIIA | → | หมู่ VIIIA |
| 19K     | 20Ca     | 21Sc              | —————→ | 30Zn      |   | 31Ga       |
|         |          |                   |        |           |   | 36Kr       |

ธาตุทรานซิชัน เป็นธาตุที่มีอิเล็กตรอนอยู่ใน d-orbital และเป็นธาตุหมู่ B ที่แบ่งออกเป็น 10 หมู่ (ดูจากตารางธาตุในหนังสือเคมีทั่ว ๆ ไปได้) แต่ธาตุหมู่ VIIIB มี 3 ธาตุ คือ Fe, Co และ Ni

**สมบัติของโลหะทรานซิชัน ได้แก่**

- สัญลักษณ์
- เลขอะตอม
- ความหนาแน่น
- จุดหลอมเหลว (°C)
- การนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี
- ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐาน
- Electronegativity

เพื่อความสะดวกและเข้าใจเกี่ยวกับธาตุโลหะทรานซิชันมีดังนี้

|  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. วาเลนซ์อิเล็กตรอน = 2</li> <li>2. อยู่ระหว่างหมู่ IIA กับ IIIA</li> <li>3. สารประกอบมีหลายสี</li> <li>4. เลขออกซิเดชันมีหลายค่า</li> <li>5. อิเล็กตรอนวงรองสุดท้ายมี 9-16 ตัว</li> <li>6. เกิดสารประกอบเชิงซ้อน</li> <li>7. สามารถนำไฟฟ้าและความร้อนได้</li> </ol> | <p>ยกเว้น 24Cr และ 29Cu มีค่าเท่ากับ 1 ของธาตุในตารางธาตุ เช่นสีเหลือง สีเขียว เช่น Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> เป็นต้น จะเป็นโลหะทรานซิชันที่ดี เช่น K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] คีน้อยกว่าโลหะหมู่ IA และ IIA</p> |
|--|--|



**สัญลักษณ์**

|          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| เลขอะตอม | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| ธาตุ     | Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn |

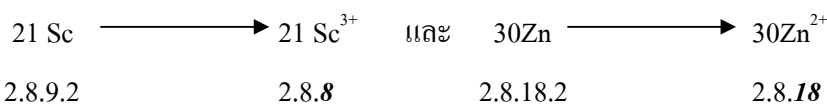
การจัดเรียงอิเล็กตรอนของโลหะทรานสิชัน

|        |          |        |          |
|--------|----------|--------|----------|
| 21Sc = | 2.8.9.2  | 26Fe = | 2.8.14.2 |
| 22Ti = | 2.8.10.2 | 27Co = | 2.8.15.2 |
| 23V =  | 2.8.11.2 | 28Ni = | 2.8.16.2 |
| 24Cr = | 2.8.13.1 | 29Cu = | 2.8.18.1 |
| 25Mn = | 2.8.13.2 | 30Zn = | 2.8.18.2 |

เลขออกซิเดชัน มีหลายค่า

| ธาตุ          | Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| เลขออกซิเดชัน |    |    |    |    | +7 |    |    |    |    |    |
|               |    |    |    |    | +6 |    |    |    |    |    |
|               |    |    | +5 |    | +5 |    |    |    |    |    |
|               |    | +4 |    |    | +4 |    |    | +4 |    |    |
|               | +3 | +3 | +3 | +3 | +3 | +3 | +3 |    |    |    |
|               |    | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 |
|               |    |    |    |    |    |    |    |    | +1 |    |

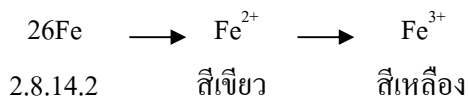
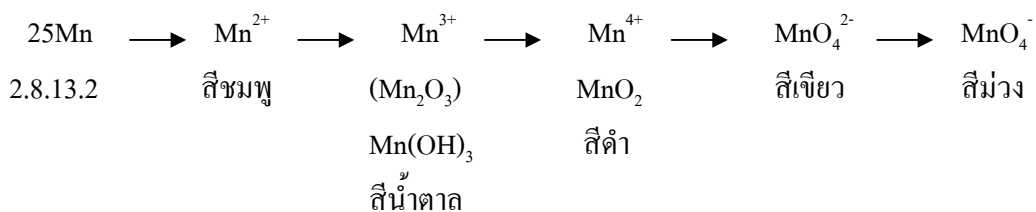
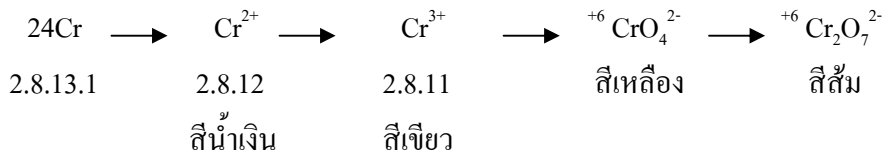
สารประกอบ มีหลายสี



ถ้า valence electron ของอนุภาคใดที่มีอิเล็กตรอนเป็น 8 และ 18 จะเป็นสารที่ไม่มีสี ส่วนโลหะทรานสิชันที่มีสีเกิดขึ้นจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนใน “d” orbital



**ตัวอย่างเช่น**



1. Hybridization และ Hybrid orbital มีดังนี้

RELATIONSHIPS AMONG TYPES OF HYBRID ORBITALS , FEATURES OF CENTRAL ATOM AND CHARACTERISTICS OF RESULTING MOLECULE

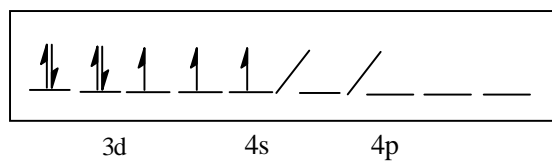
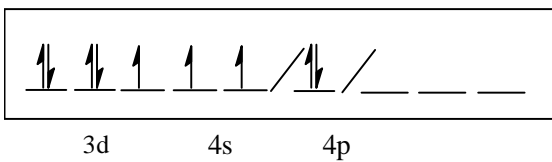
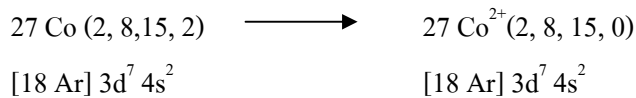
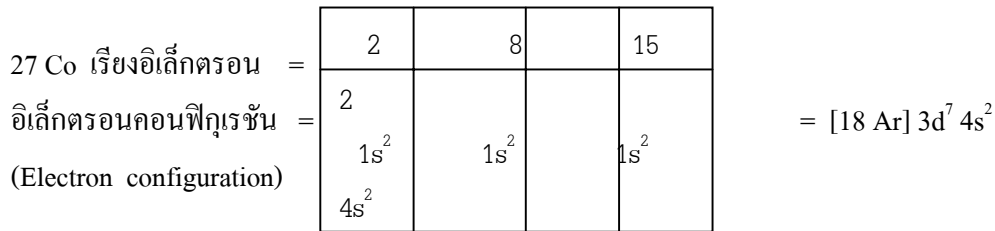
| No. of Bonds | No. of Unused e <sup>-</sup> Pairs | Type of Hybrid Orbital                            | Angle Between Atoms Bonded to The Central Atom | Geometry of Molecule Or ion Formed | Example  |
|--------------|------------------------------------|---|--|------------------------------------|--|
| 2            | 0                                  | sp  | 180°   | Linear                             | BeF <sub>2</sub>                                       |
| 3            | 0                                  | sp <sup>2</sup>                                   | 120°   | Trigonal planar                    | BF <sub>3</sub>  |
| 4            | 0.3                                | sp <sup>3</sup>                                   | 109°.5   | Tetrahedral                        | CH <sub>4</sub> , [CoCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>   |
| 3            | 1                                  | sp <sup>3</sup>                                   | 90° to 109.5°                                  | Pyramidal                          | NH <sub>3</sub>  |
| 2            | 2                                  | sp <sup>3</sup>                                   | 90° 109.5°                                     | Angular                            | H <sub>2</sub> O                                       |
| 5            | 0                                  | dsp <sup>3</sup>                                  | 90° 120°                                       | Bipyramidal                        | PCl <sub>5</sub>                                       |
| 6            | 0.1                                | d <sup>2</sup> sp <sup>3</sup> or sp <sup>3</sup> | 90°  | Octahedral                         | SF <sub>6</sub> , [Fe(CN <sub>6</sub> )] <sup>3-</sup> |
| 4            | 0                                  | dsp <sup>3</sup>                                  | 120° 90°                                       | Square planar                      | [Ni(CN <sub>4</sub> )] <sup>2-</sup>                   |



2. ศึกษาทฤษฎี Valence bond (VBT)

โดยใช้วิธี Valence Shell หรือ Valence Energy ที่ว่างอยู่ของอะตอมหรือไอออนของโลหะทรานซิชันสร้าง bond กับตัวล่อม อะตอมกลาง (Ligand) ทำให้ได้ไอออนเชิงซ้อน มีโครงสร้างเป็นแบบต่าง ๆ ตามข้างบนนี้ได้

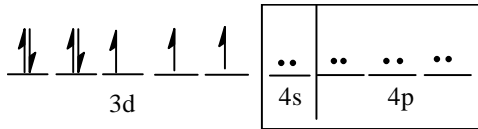
ตัวอย่าง การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของ Co มีขั้นตอนดังนี้



- หมายเหตุ ใช้
1. 1 แทนอิเล็กตรอนหนึ่งอิเล็กตรอน
  2. ใช้\_ แทน orbital
  3. ทั้ง Co และ Co<sup>2+</sup> มีอิเล็กตรอนเดี่ยวใน 3d-orbital จึงมีสมบัติของความเป็นแม่เหล็ก เรียกว่า Paramagnetic ไฮบริคออร์บิทัล  $[\text{CoCl}_4]^{2-}$  และ  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$  ดังนี้

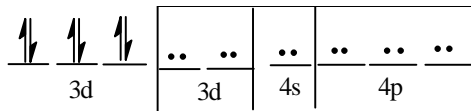


$[\text{CoCl}_4]^{2-}$  มีโครงสร้างแบบ tetrahedral



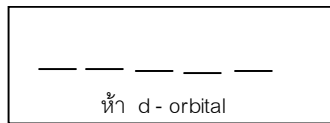
.. แทนอิเล็กตรอนคู่ของ  $\text{Cl}^-$

ส่วน  $[\text{Ce}(\text{CN})_6]^{2-}$  จะมีโครงสร้างแบบ Octahedral ดังนี้



การเกิดสีของสารเชิงซ้อนของไอออนของโลหะทรานซิชัน

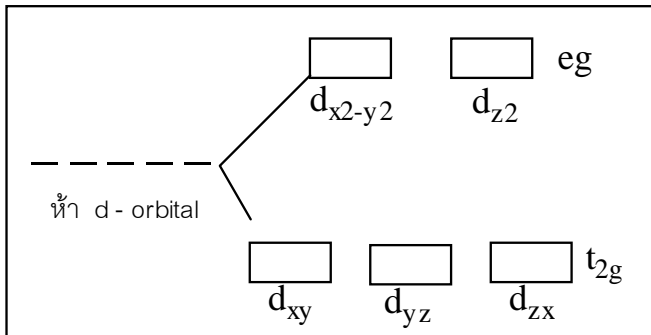
สารเชิงซ้อนของไอออนของโลหะทรานซิชันส่วนมากจะมีสี สีของสารจะเกิดเนื่องจากการบรรจุอิเล็กตรอนให้ห้า



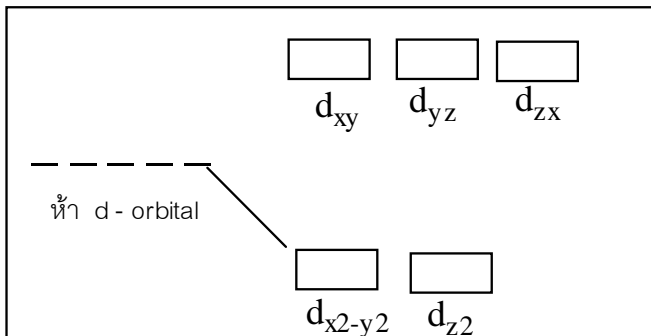
d-orbital ที่มีระดับพลังงานเท่ากันตามรูป

โดยใช้ทฤษฎีที่เรียกว่า Crystal field มาอธิบาย

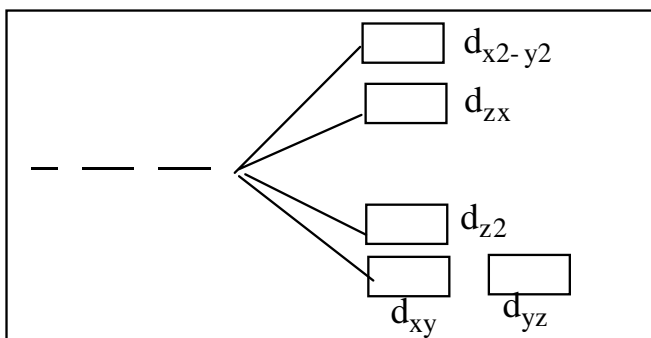
ว่าด้วยโครงสร้างแบบ Octahedral tetrahedral และ Square planer โดยแบ่งระดับทั้งห้าของ d-orbital ตามรูป



โครงสร้างแบบ Octahedral



โครงสร้างแบบ Tetrahedral



โครงสร้างแบบ Square planar



หมายเหตุใช้ \_ หรือ แทน hybrid orbital

ตัวอย่างการเกิดสีของ  $[\text{Ti}(\text{CH}_2\text{O})_6]^{3+}$  ที่มีสีม่วง

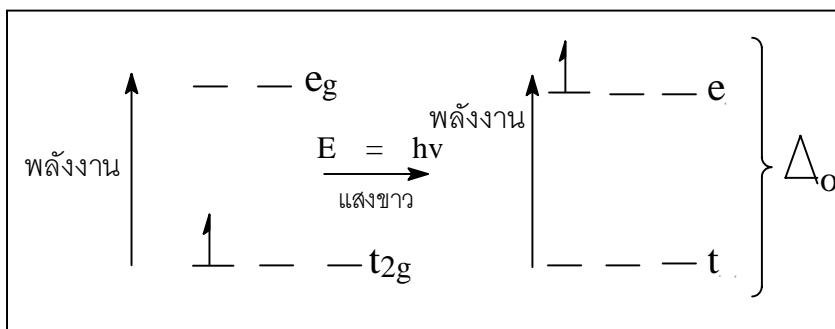
$$22 \text{ Ti} \text{ เรียงอิเล็กตรอน} = 2.8.10.2$$

$$22 \text{ Ti} \text{ มีอิเล็กตรอนคอนฟิกูเรชัน} = [18\text{Ar}]3d^24s^2$$

$$22 \text{ Ti}^{3+} \text{ มีอิเล็กตรอนคอนฟิกูเรชัน} = 3d^1 4s^0 4p^0$$

หนึ่งอิเล็กตรอนใน 3d-orbital ของ  $\text{Ti}^{3+}$  ใน  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$

บรรจุอยู่ในระดับพลังงานต่ำสุด  $t_{2g}$  ตามรูป เมื่อแสงขาวผ่านลงในสารละลาย ไอออนในสารละลายจะดูดกลืนรังสีของแสงขาวที่มีพลังงานเพียงพอที่จะให้อิเล็กตรอนจาก  $t_{2g}$  ขึ้นไปอยู่ในระดับพลังงาน  $e_g$  ได้



รังสีของแสงที่ถูกดูดกลืนไปนั้นจะมีพลังงานหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของ  $\Delta_o$  (delta) ระหว่างระดับพลังงานของ  $d$ -orbital ซึ่งของ  $\text{Ti}^{3+}$  ใน  $[\text{Ti}(\text{CH}_2\text{O})_6]^{3+}$  ต้องใช้รังสีที่มีความยาวคลื่น 510 nm

$(3.9 \times 10^{-19} \text{ J/molecule})$  ซึ่งตรงกับแสงสีเขียวของสเปกตรัม เพื่อ  $[\text{Ti}(\text{CH}_2\text{O})_6]^{3+}$  ดูดกลืนแสงสีเขียวไป ก็จะกระจายแสงที่เหลือออกเป็นสีม่วง เมื่อพิจารณาสารประกอบเชิงซ้อนของ  $\text{Al}^{3+}$  +  $\text{Zn}^{2+}$  และ  $\text{Co}^{2+}$  ไอออนเมื่อเข้าไปอยู่ในสนาม Octahedral ของอะตอมกลางจะมีสีหรือไม่ได้ดังนี้



electron configuration ของ  $Zn^{2+}$  เท่ากับ  $[18Ar]3d^{10}$  มี Electron ใน หัว d-orbital ครบแล้ว จึงไม่มีที่ว่างที่จะรับ Electron ได้อีกแล้ว ดังนั้นสารเชิงซ้อนของ  $Zn^{2+}$  จึงไม่มีสี

ส่วน  $Co^{2+}$  ไอออนมี electron configuration เป็น  $[18Ar]3d^7$  ดังนั้นระดับพลังงานสูงของ d-orbital มีที่ว่างพอจะรับ Electron จากระดับพลังงานต่ำได้โดยใช้รังสีของสเปกตรัม ดังนั้นสารนี้จึงมีสีได้

ตัวอย่าง สารเชิงซ้อนของโลหะทรานซิชันที่มีสี

|                     |            |                     |            |
|---------------------|------------|---------------------|------------|
| $[CrF_6]^{3-}$      | มีสีเขียว  | $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ | มีสีม่วง   |
| $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$ | มีสีเหลือง | $[Cr(CN)_6]^{3-}$   | มีสีเหลือง |

Cr มีเลขออกซิเดชัน = +3

แต่ตัวล้อม Cr (Ligand) ต่างกัน ส่วน  $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$  มีสีม่วงอ่อน  $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$  มีสีม่วง

Cr และ Fe ต่างมีเลขออกซิเดชัน = +3 ตัวล้อมอะตอมกลางเหมือนกัน คำตอบในบทนี้เป็นวิชาการมากไป เพื่อใช้ตอบคำถามของลูกศิษย์ที่กำลังเตรียมตัวสอบปลายภาค

สารประกอบเชิงซ้อนที่นักเรียนรู้จักกันดี ได้แก่

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| $KMnO_4$ (VII)      | $K_2Cr_2O_7$        |
| $K_2MnO_4$ (VI)     | $K_2Cr_2O_4$        |
| $[Mn(H_2O)_4]^{2+}$ | $[Mn(NH_3)_4]^{2+}$ |
| $K_3[Fe(CN)_6]$     | $K_4[Fe(CN)_6]$     |

### ตัวอย่างข้อสอบ

1. ธาตุทรานซิชันต่อไปนี้ ธาตุที่อยู่ในคาบเดียวกันทั้งหมดคือ

- |                |                |
|----------------|----------------|
| 1. Ti V Ni Cu  | 3. V Fe Co Pd  |
| 2. Sc Mo Cu Zn | 4. Ni Fe Mn Cd |

วิธีคิด 1. ถ้าเรารู้ว่า โลหะทรานซิชันในคาบ 4 ได้แก่ 21Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu และ 30Zn

2. จากข้อ 2 Mo ข้อ 3 Pd และ ข้อ 4 Cd เป็นธาตุทรานซิชันไม่ใช่ในคาบที่ 4

∴ ตอบข้อ 1





2. ธาตุทรานสิชันหลายชนิดมีความสำคัญในปฏิกิริยาต่าง ๆ ในร่างกายของมนุษย์ถ้าขาดจะเกิดโรคได้ แต่มีธาตุทรานสิชันบางชนิดที่มีผลเสียต่อมนุษย์ โดยจะเข้าไปแทนที่โลหะอื่น ๆ ที่เป็นสารเชิงซ้อนในโมเลกุลของเอนไซม์ ได้แก่

1. Fe, Ni                                      2. Hg, Cd                                      3. Zn, Co                                      4. Fe, Cr

วิธีคิด เพราะว่า Hg และ Cd เมื่อเข้าสู่ร่างกายมนุษย์จะมีโอกาสเข้าไปแทนที่โลหะทรานสิชันในสารเชิงซ้อนต่าง ๆ ในโมเลกุลของเอนไซม์ได้ ทำให้เอนไซม์ทำหน้าที่ผิดปกติหรือบกพร่องหรือหยุดทำงาน ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย

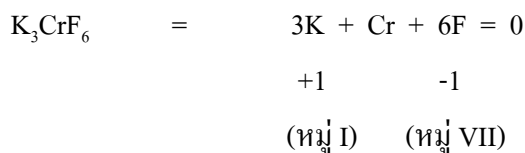
∴ ตอบข้อ 2.

3. เลขออกซิเดชันของธาตุทรานสิชัน Cr ในสารประกอบ  $K_3CrF_6$ ,  $KCr(SO_4)_2$  และ  $PbCrO_4$  มีค่าเรียงตามลำดับตามข้อใด

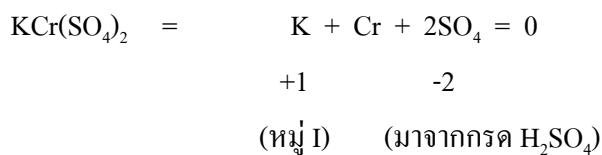
1. +3, +4, +6                                      2. +2, +3, +6  
3. +3, +2, +6                                      4. +3, +3, +6

วิธีคิด *หลัก*. ผลบวกของเลขออกซิเดชันของธาตุต่าง ๆ ในสารประกอบมีค่าเท่ากับศูนย์

พิจารณาสารแรก และสารที่สอง



∴ Cr = +3 ข้อ 2. ผิด



∴ Cr = +3

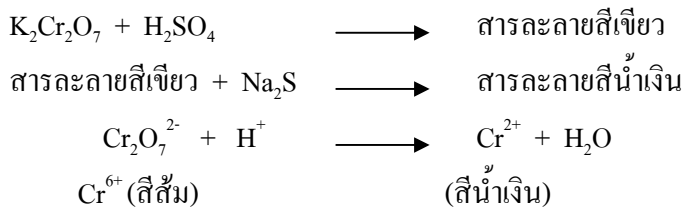
∴ ตอบข้อ 4.

4. ในสารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  เข้มข้น 1.0 mol/L จำนวน 1 cm<sup>3</sup> เติม  $H_2SO_4$  1 mol/L เขย่าได้สารละลายสีเขียว และเมื่อเติมสารละลาย  $Na_2S$  0.1 mol/L ที่ละลายพร้อมทั้งเขย่า จะได้สารละลายสีน้ำเงิน การทดลองนี้แสดงว่า



1.  $\text{Cr}^{6+}$  เปลี่ยนไปเป็น  $\text{Cr}^{2+}$
2.  $\text{Cr}^{6+}$  เปลี่ยนไปเป็น  $\text{Cr}^{3+}$
3.  $\text{Cr}^{2+}$  เปลี่ยนไปเป็น  $\text{Cr}^{6+}$
4.  $\text{Cr}^{6+}$  เปลี่ยนไปเป็น  $\text{Cr}^{4+}$

วิธีคิด จากโจทย์



∴ ตอบข้อ 1.

5. สารประกอบโพตัสเซียมชนิดหนึ่งมีมวลโมเลกุล 158 ประกอบด้วย K, Mn และ O เท่านั้น ถ้าสารประกอบมี K อยู่ 24.7% และ Mn 34.8% โดยมวลจากข้อมูลข้างต้นนี้ข้อใดถูกต้อง

1.  $\text{KMnO}_2$                       2.  $\text{KMnO}_3$                       3.  $\text{KMnO}_4$                       4.  $\text{K}_2\text{Mn}_2\text{O}_5$

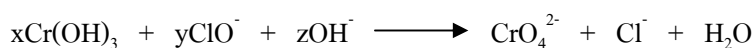
วิธีคิด ปกติสารประกอบของ K, Mn และ O มีสูตรเคมี 2 สูตร ได้แก่  $\text{KMnO}_4$  และ  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  หรือใช้สูตรหาอัตราส่วนจำนวนโมลของธาตุในสารประกอบดังนี้

$$\begin{aligned} \text{K} : \text{Mn} : \text{O} &= 24.7 : 34.8 : 40.5 \text{ โดยมวล} \\ &= \frac{24.7}{39} : \frac{34.8}{55} : \frac{40.5}{16} \text{ โดยโมล} \\ &= 0.633 : 0.633 : 2.53 \\ (0.633 \text{ หารตลอด}) &= 1 : 1 : 4 \end{aligned}$$

∴ สูตรนี้ คือ  $\text{KMnO}_4$

∴ ตอบข้อ 3

6. ถ้าจะทำปฏิกิริยาเคมี ให้ดุลสมการต่อไปนี้

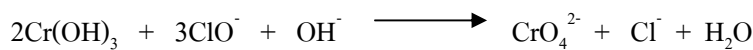
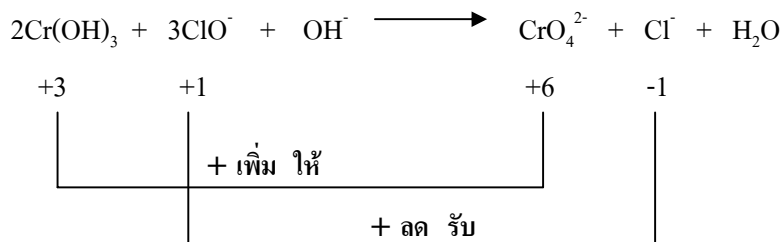


ค่า x, y และ z เรียงตามลำดับคือ

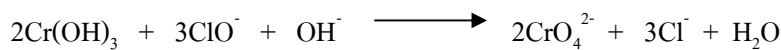
1. 4, 3, 2                      2. 3, 4, 2                      3. 2, 3, 4                      4. 3, 2, 4



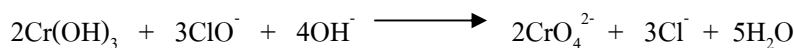
- วิธีคิด** - ปฏิกริยาเคมีในสารละลายเบส  
 - ให้หาเลขออกซิเดชันของธาตุที่เปลี่ยนแปลง



ทำให้ Cr และ Cl เท่ากัน



ทำให้ O เท่ากัน



$$\therefore x = 2, y = 3 \text{ และ } z = 4$$

**∴ ตอบข้อ 3**

7. ธาตุชนิดหนึ่งมีสมบัติดังต่อไปนี้

- ก. เกิดสารประกอบได้หลายชนิด กับธาตุออกซิเจน
- ข. สารประกอบที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดมีสีต่าง ๆ กัน
- ค. พบมากในแร่ไพโรลูไซต์

จากสมบัติทั้งสามข้อนี้ ธาตุนี้ควรมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนตามข้อใด

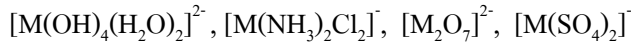
- 1. 2, 8, 3
- 2. 2, 8, 8, 2
- 3. 2, 8, 7
- 4. 2, 8, 13, 2

- วิธีคิด** หลัก
1. จากโจทย์กำหนดว่าสารประกอบมีสีแสดงว่า ธาตุนี้เป็นโลหะทรานสิชัน
  2. พิจารณา Valence electron = 2 และ วงรองสุดท้ายที่มีอิเล็กตรอน 9-16 จะเป็นโลหะทรานสิชันที่ดี

**∴ ตอบข้อ 4**



8. อีออนเชิงซ้อนของโลหะทรานสิชัน เป็นดังนี้



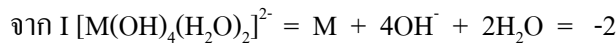
I II III IV

เลขชุดใดที่เป็นเลขออกซิเดชันของโลหะทรานสิชัน (M) ในอีออน I-IV ตามลำดับ

- |               |                   |
|---------------|-------------------|
| 1. +2, +6, +3 | 2. +3, +2, +6, +3 |
| 3. +3, +4, +2 | 4. +2, +3, +4, +2 |

วิธีคิด ให้พิจารณา I หรือ IV ก่อน จะได้ดังนี้

ผลบวกเลขออกซิเดชันของธาตุในอีออน = จำนวนลบที่มีอยู่



$$4(-1) + 2(0) = -2$$

$$\therefore M = +2$$

โอกาสถูกคือข้อ 1 หรือข้อ 4



$$2(-2)$$

$$\therefore M = +3$$

**∴ ตอบข้อ 1**

9. สูตรในข้อใดต่อไปนี้ ถูกต้องทั้งหมด

- |                 |                    |                 |
|-----------------|--------------------|-----------------|
| 1. $ZnHPO_4$    | $Fe(CN)_6^{3-}$    | $HPO_3^{2-}$    |
| 2. $(NH_4)_2S$  | $N_2O_4$           | $Fe(CN)_6^{5-}$ |
| 3. $Fe(SO_4)_3$ | $Fe(OH)_3$         | $H_2PO_4$       |
| 4. $ZnHPO_4$    | $(NH_4)_3Fe(CN)_6$ | $NaHPO_4$       |

วิธีคิด จากโจทย์สารประกอบที่กำหนดให้ ส่วนมากเป็นสารประกอบเกลือ สิ่งที่ต้องรู้ว่า สารประกอบเกลือมาจากกรดอะไร ซึ่งมีดังนี้

| หมู่ I | หมู่ V    | หมู่ VI   | สารประกอบเชิงซ้อน |
|--------|-----------|-----------|-------------------|
| HCN    | $H_3PO_3$ | $H_2SO_4$ | $K_3[Fe(CN)_6]$   |
|        | $HPO_3$   | $H_2S$    | $K_4[Fe(CN)_6]$   |
|        | $H_3PO_4$ |           | $NH_4SCN$         |



- จาก 1.  $\text{HPO}_3^{3-}$  สูตรผิดดูจากกรด  $\text{H}_3\text{PO}_3$   
 2.  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{5-}$  สูตรผิด เพราะมีแต่  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  และ  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$   
 3.  $\text{H}_2\text{PO}_4$  สูตรผิด มีแต่  $\text{H}_3\text{PO}_4$

หรืออาจจะพิจารณาเลขออกซิเดชันก็ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{HPO}_3^{3-} &= \text{H} + \text{P} + 3(\text{O}) = -3 \\ &+1 \quad \quad 3(-2) = -3 \end{aligned}$$

เนื่องจาก P = +2 ไม่มี จึงผิด

$$\begin{aligned} \text{Fe}(\text{CN})_6^{5-} &= \text{Fe} + 6\text{CN} = -5 \\ &\quad \quad \quad 6(-1) \end{aligned}$$

เนื่องจาก Fe = +1 ไม่มี จึงผิด

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{PO}_4 &= 2\text{H} + \text{P} + 4(\text{O}) = 0 \\ &2(+1) \quad \quad 4(-2) \end{aligned}$$

เนื่องจาก Fe = +6 ไม่มี จึงผิด

P เป็นธาตุหมู่ V จะมีเลขออกซิเดชันในสารประกอบที่เป็นไปได้ = -3, -1, 0, +3, +5

∴ ตอบข้อ 4.

10. ในสารประกอบเชิงซ้อน  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  การจัดเรียงอิเล็กตรอนของคอปเปอร์ไอออนจะเป็นไปได้ดังข้อใด (Cu มีเลขอะตอมเท่ากับ 29)

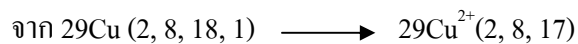
1. 2, 8, 18                      2. 2, 8, 17                      3. 2, 8, 16                      4. 2, 8, 8, 9

วิธีคิด ให้หาเลขออกซิเดชันของธาตุ Cu ในสารประกอบก่อนดังนี้



เนื่องจาก  $\text{NH}_3$  มีค่าเป็นศูนย์

∴ Cu จึงมีเลขออกซิเดชัน เป็น +2



∴ ตอบข้อ 2



11. ตารางแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ A, B, C, D และ E มีดังนี้

| ธาตุ                  | A       | B        | C        | D        | E        |
|-----------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| การจัดเรียงอิเล็กตรอน | 2.8.8.2 | 2.8.14.2 | 2.8.16.2 | 2.8.18.4 | 2.8.18.6 |

X, Y ในสูตรสารประกอบเชิงซ้อน  $[XCl_4]^-$  และ  $[Y(NH_3)_6]^{2+}$  หมายถึงธาตุใดในตาราง

|    | ธาตุ X | ธาตุ Y |
|----|--------|--------|
| 1. | A      | B      |
| 2. | B      | C      |
| 3. | C      | D      |
| 4. | D      | E      |

วิธีคิด พิจารณาจากโจทย์ ที่กำหนดให้ว่า สูตรสารประกอบเชิงซ้อน แสดงว่า X และ Y เป็นโลหะทรานสิชัน และพิจารณาการเรียงอิเล็กตรอนวงนอกสุด = 2 และวงรองสุดท้าย 9-16 ซึ่งได้แก่

ธาตุ B = 2.8.14.2 และ ธาตุ C = 2.8.16.2

∴ **ตอบข้อ 2**

12. ธาตุ A, B, C และ D มีเลขอะตอม 16, 26, 36 และ 54 มีระดับพลังงานสูงที่สุดคือ  $n = 3, 4, 4$  และ 6 ตามลำดับ ธาตุทั้ง 4 อยู่ในหมู่ใดของตารางธาตุ

| คำตอบ | A | B         | C | D         |
|-------|---|-----------|---|-----------|
| 1.    | 6 | ทรานสิชัน | 8 | 2         |
| 2.    | 6 | ทรานสิชัน | 8 | ทรานสิชัน |
| 3.    | 6 | 6         | 8 | 2         |
| 4.    | 6 | 8         | 8 | ทรานสิชัน |



วิธีคิด พิจารณาจากเลขอะตอมของธาตุจากโจทย์ที่ได้กำหนดให้ จะได้ว่าธาตุ B มีเลขอะตอมเท่ากับ 26 แสดงว่า ธาตุ B เป็นโลหะทรานสิชัน

∴ โอกาสถูก คือ ข้อ 1 และ ข้อ 2

ธาตุ D มีเลขอะตอม = 56 ซึ่งมากกว่า 54Kr อยู่ 2 แสดงว่า ธาตุ D เป็นธาตุหมู่ II

∴ ตอบข้อ 1

13. ถ้าสมบัติต่อไปนี้ เป็นสมบัติของธาตุที่อยู่ในคาบเดียวกัน

- ก. มีจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน
- ข. พลังงานไอออไนเซชันแตกต่างกันมาก
- ค. มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า
- ง. เกิดสารประกอบที่มีสีต่าง ๆ
- จ. รัศมีอะตอมยาวขึ้น เมื่อเลขอะตอมยาวขึ้น

สมบัติข้อใดไม่ใช่สมบัติของธาตุทรานสิชันทั่วไป

- 1. ก, ข
- 2. ข, จ
- 3. ก, จ
- 4. ค, ง

วิธีคิด ตามข้อ ก. ธาตุทรานสิชันอยู่ในคาบ 4 มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 ยกเว้น  $24Cr$  และ  $29Cu$  จะเท่ากับ 1 อาจถูกได้

ตามข้อ ข. ค่าพลังงานไอออไนเซชันที่ใกล้เคียงกัน

เช่น IE ของ Sc 0.631 MJ/mol

Ti 0.658

V 0.650

Cr 0.653

ตามข้อ ค. และ ง.  $Fe^{2+}$  มีสีเขียว  $Fe^{3+}$  มีสีเหลือง

ตามข้อ จ. รัศมีของธาตุตามคาบจะลดลง เพราะ

- 1. อยู่ในคาบเดียวกัน จำนวนระดับพลังงานเท่ากัน
- 2. ประจุบวกในนิวเคลียสของธาตุเพิ่มขึ้น

∴ ตอบข้อ 2 (ข, จ)



14. สารประกอบคลอไรด์ต่อไปนี้ สารประกอบใดน่าจะเป็นสารประกอบที่มีสี

1. KCl                      2. AlCl<sub>3</sub>                      3. NiCl<sub>2</sub>                      4. CaCl<sub>2</sub>

วิธีคิด โจทย์ถามสารประกอบที่มีสี แสดงว่าสารประกอบนั้นประกอบด้วยธาตุทรานสิชัน ซึ่งได้แก่ 21Sc, 22Ti, 23V, 24Cr, 25Mn, 26Fe, 27Co, **28Ni**, 29Cu และ 30Zn

หรือพิจารณาธาตุ

| หมู่ | I        | II        | III       |
|------|----------|-----------|-----------|
|      | Li       | Be        | B         |
|      | Na       | Mg        | <b>Al</b> |
|      | <b>K</b> | <b>Ca</b> |           |

∴ ตอบข้อ 3

15. ข้อใดไม่ถูกต้อง

1. ฟลอยอมีริส หรือฟลอยีดีออกไซด์แบบที่มีในธรรมชาติมักมีธาตุแมงกานีสปนอยู่
2. เหล็กเป็นธาตุองค์ประกอบที่สำคัญของฮีโมโกลบิน
3. ธาตุโคบอลต์เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่ช่วยย่อยและสร้างโปรตีน
4. สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุทองแดงมีอยู่ในเลือดของปู ปลาหมึก แมลงป่อง

วิธีคิด ข้อ 1., 2. และ 4. เป็นไปตามความเป็นจริง แต่ข้อ 3. โคบอลต์ไม่ใช่องค์ประกอบของเอนไซม์

∴ ตอบข้อ 3

16. ข้อความใดที่ไม่สนับสนุนความสำคัญของธาตุทรานสิชันในระบบชีวภาพ

1. การขาดโครเมียมทำให้เป็นโรคเบาหวาน
2. วิตามินบี-12 เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโคบอลต์





3. เหล็กกล้าไร้สนิมใช้ทำเครื่องมืออุปกรณ์ทางการแพทย์
  4. สารประกอบของทองแดงถ้ามีปริมาณค่อนข้างสูงจะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต
- วิธีคิด ธาตุทรานสิชันจะเป็นส่วนประกอบของสารเคมีหรือสารเชิงซ้อนในร่างกาย เนื่องจากข้อ 3 ไม่เกี่ยวกับชีวภาพ จึงเป็นข้อที่ไม่สนับสนุน

∴ ตอบข้อ 3.

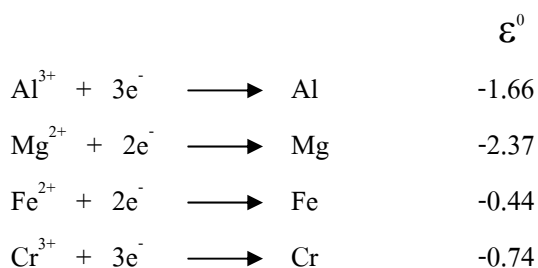
16. ในการถลุงแร่ออกไซด์ของโลหะทรานสิชันเท่าที่นักเรียนทราบ จะนิยมเผาถ่านโค้กแล้วพ่นออกซิเจนเข้าไปที่อุณหภูมิสูง ถ้าหากว่าไม่ใช่ถ่านโค้ก แต่เผาถ่านโลหะบางตัว เช่น อะลูมิเนียมหรือแมกนีเซียมที่อุณหภูมิสูง ๆ แทนนักเรียนคิดว่าจะสามารถถลุงแร่ออกมาเป็นโลหะได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

1. ได้ เพราะโลหะดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์โลหะเป็นโลหะออกไซด์ได้
2. ได้ เพราะโลหะดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์โลหะออกไซด์ให้เป็นโลหะได้
3. ไม่ได้ เพราะที่อุณหภูมิสูงถ่านโค้กเท่านั้นที่จะไปดึงออกซิเจนออกจากโลหะออกไซด์ให้ได้โลหะบริสุทธิ์ออกมา
4. ไม่ได้ เพราะเราไม่สามารถแยกกาคะตะกอนของโลหะดังกล่าวหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้วออกไป

วิธีคิด จากโจทย์ ออกไซด์ของโลหะทรานสิชัน ถ้าใช้ Al หรือ Mg แทน C เพื่อแยกเอาโลหะออกได้หรือไม่

ตอบว่าได้ ถ้าเราพิจารณาค่า  $E^0$  ของ Al หรือ Mg เทียบกับค่า  $E^0$  ของโลหะทรานสิชัน

สมมุติโลหะทรานสิชัน คือ Cr



จะเห็นได้ว่า Al หรือ Mg จะเป็นตัว reduce ที่ดี

∴ ตอบข้อ 2.

17. เหล็กถลุงประกอบด้วย C ร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก ถ้า C ทั้งหมดเกิดอยู่ในรูปสารประกอบ  $Fe_3C$  น้ำหนักเป็นร้อยละของ  $Fe_3C$  ในเหล็กถลุงนี้มีค่าเท่าใด

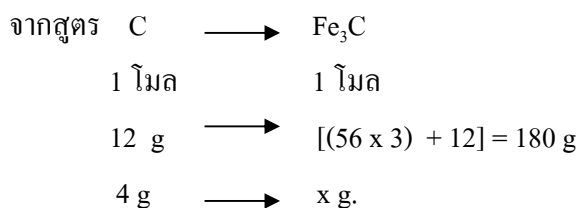
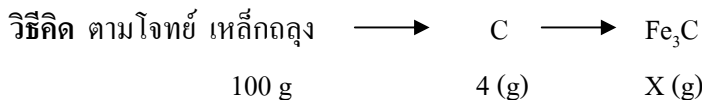


1. 60

2. 50

3. 40

4. 30



$$\therefore \text{Fe}_3\text{C}/\text{C} = x/4 = 180/12$$

$$\therefore x = 60$$

ในเหล็กถลุง 100 g จะมี Fe<sub>3</sub>C = 60 g

**$\therefore$  ตอบข้อ 1.**

19. เราจะพิสูจน์ว่าตะปูเป็นสนิมไปแล้วโดยใช้สารใด

1. K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

2. KMnO<sub>4</sub>

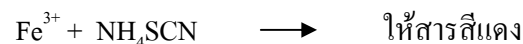
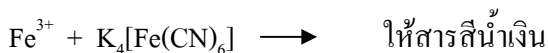
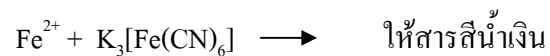
3. K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>

4. K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>

วิธีคิด สิ่งที่เราต้องรู้

1. ตะปู คือ ตะปูเหล็ก
2. สนิมตะปู คือ FeO (Fe<sup>2+</sup>)
3. ทดสอบ Fe<sup>2+</sup> ต้องใช้ K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> จะให้สารสีน้ำเงิน

หมายเหตุ การทดสอบ Fe ในสารประกอบต้องทดสอบในรูปไอออนหรืออออน คือ Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup>



**$\therefore$  ตอบข้อ 3.**

20. การผุกร่อนของโลหะจะเกิดขึ้นดังในข้อใด เมื่อโลหะคู่หนึ่งคู่ใดอยู่ด้วยกัน

1. เหล็ก กับ ดินบุก ดินบุกจะผุกร่อน
2. เหล็ก กับ โครเมียม เหล็กจะผุกร่อน



3. อลูมิเนียม กับ ดิบุก อลูมิเนียมจะผุกร่อน

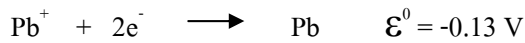
4. อลูมิเนียม กับ โครเมียม โครเมียมจะผุกร่อน

วิธีคิด เราต้องรู้ค่า  $\mathcal{E}^0$  หรือศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ซึ่งโจทย์จะกำหนดไว้ให้เสมอ

สารใดจะผุกร่อนแสดงว่ามีค่า  $\mathcal{E}^0$  น้อย

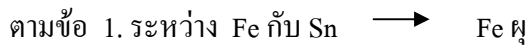
เพราะว่า 
$$\Delta\mathcal{E}^0 = \mathcal{E}^0_{\text{cathode}} - \mathcal{E}^0_{\text{anode}}$$

$$= +x \text{ (v) จะเกิดการผุกร่อนได้}$$



พิจารณาจากค่า  $\mathcal{E}^0$  แสดงความสามารถในการผุกร่อนหรือเป็นตัว Reduce ที่ดีเรียงตามลำดับดังนี้  $\text{Al} > \text{Cr} >$

$\text{Fe} > \text{Sn} > \text{Pb}$



$\therefore$  ตอบข้อ 3.

21. จากข้อมูลต่อไปนี้

ก. Zn ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ แต่ Na ทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ

ข. จุ่ม Cu ลงในสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  สารละลายจะเปลี่ยนสีเป็นสีฟ้า

ค. จุ่ม Zn ลงในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  สีฟ้าของสารละลายจะจางลง

จงเรียงลำดับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์จากมากไปน้อย

1.  $\text{Na} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ag}$

2.  $\text{Zn} > \text{Na} > \text{Cu} > \text{Ag}$

3.  $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Ag} > \text{Na}$

3.  $\text{Ag} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Na}$

วิธีคิด โจทย์ถามความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์จากมาก  $\longrightarrow$  น้อย

หลัก 1. ตามหาหมู่ 1. ก่อน เพราะให้อิเล็กตรอนง่ายสุด

$\therefore$  Na เป็นตัวรีดิวซ์มากที่สุด



2. พิจารณาจากโจทย์

ตามข้อ ก. แสดงว่า Na เป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีกว่า Zn

ตามข้อ ข.  $E^0$  ของ Cu <  $E^0$  ของ Ag

ดังนั้น Cu เกิดปฏิกิริยาเคมี คือเกิดเป็น  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  ได้

หมายเหตุ Ag, Au, Pt และ Cu ไม่ผุ แต่ใน 4 ธาตุนี้ Cu ผุกรายสุดเพราะมีค่า  $E^0$  ต่ำสุด คือเท่ากับ +0.80

V.

∴ ตอบข้อ 1.