

# เอกสารประกอบการบรรยาย

## วิชา คม240 เคมีอินทรีย์

ธาตุเรพรีเซนเททีฟ และธาตุทรานสิชัน

อาจารย์ ดร. วีรินทร์ดา ทะปะละ  
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้  
ปีการศึกษา 1/2564

# 1. ตารางธาตุ

IUPAC Periodic Table of the Elements

|                                                 |  |                                                     |  |                                    |  |                                    |  |                                |  |                                   |  |                                 |  |                                     |  |                               |  |                                  |  |                                 |  |                               |  |                                                    |  |                                    |  |                                |  |                                    |  |                                                   |  |                                  |  |
|-------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------|--|------------------------------------|--|------------------------------------|--|--------------------------------|--|-----------------------------------|--|---------------------------------|--|-------------------------------------|--|-------------------------------|--|----------------------------------|--|---------------------------------|--|-------------------------------|--|----------------------------------------------------|--|------------------------------------|--|--------------------------------|--|------------------------------------|--|---------------------------------------------------|--|----------------------------------|--|
| IUPAC Periodic Table of the Elements            |  |                                                     |  |                                    |  |                                    |  |                                |  |                                   |  |                                 |  |                                     |  |                               |  |                                  |  |                                 |  |                               |  |                                                    |  |                                    |  |                                |  |                                    |  |                                                   |  |                                  |  |
| 1<br>H<br>hydrogen<br>1.008<br>[1.0078, 1.0082] |  |                                                     |  |                                    |  |                                    |  |                                |  |                                   |  |                                 |  |                                     |  | 2<br>He<br>helium<br>4.0026   |  |                                  |  |                                 |  |                               |  |                                                    |  |                                    |  |                                |  |                                    |  |                                                   |  |                                  |  |
| 3<br>Li<br>lithium<br>6.94<br>[6.938, 6.997]    |  | 4<br>Be<br>beryllium<br>9.0122                      |  |                                    |  |                                    |  |                                |  |                                   |  |                                 |  | 10<br>Ne<br>neon<br>20.180          |  |                               |  |                                  |  |                                 |  |                               |  |                                                    |  |                                    |  |                                |  |                                    |  |                                                   |  |                                  |  |
| 11<br>Na<br>sodium<br>22.990                    |  | 12<br>Mg<br>magnesium<br>24.305<br>[24.304, 24.307] |  |                                    |  |                                    |  |                                |  |                                   |  |                                 |  | 18<br>Ar<br>argon<br>39.948         |  |                               |  |                                  |  |                                 |  |                               |  |                                                    |  |                                    |  |                                |  |                                    |  |                                                   |  |                                  |  |
| 19<br>K<br>potassium<br>39.098                  |  | 20<br>Ca<br>calcium<br>40.078(4)                    |  | 21<br>Sc<br>scandium<br>44.956     |  | 22<br>Ti<br>titanium<br>47.867     |  | 23<br>V<br>vanadium<br>50.942  |  | 24<br>Cr<br>chromium<br>51.996    |  | 25<br>Mn<br>manganese<br>54.938 |  | 26<br>Fe<br>iron<br>55.845(2)       |  | 27<br>Co<br>cobalt<br>58.933  |  | 28<br>Ni<br>nickel<br>58.693     |  | 29<br>Cu<br>copper<br>63.546(3) |  | 30<br>Zn<br>zinc<br>65.38(2)  |  | 31<br>Ga<br>gallium<br>69.723                      |  | 32<br>Ge<br>germanium<br>72.630(8) |  | 33<br>As<br>arsenic<br>74.922  |  | 34<br>Se<br>selenium<br>78.971(8)  |  | 35<br>Br<br>bromine<br>79.904<br>[79.901, 79.907] |  | 36<br>Kr<br>krypton<br>83.798(2) |  |
| 37<br>Rb<br>rubidium<br>85.468                  |  | 38<br>Sr<br>strontium<br>87.62                      |  | 39<br>Y<br>yttrium<br>88.906       |  | 40<br>Zr<br>zirconium<br>91.224(2) |  | 41<br>Nb<br>niobium<br>92.906  |  | 42<br>Mo<br>molybdenum<br>95.95   |  | 43<br>Tc<br>technetium          |  | 44<br>Ru<br>ruthenium<br>101.07(2)  |  | 45<br>Rh<br>rhodium<br>102.91 |  | 46<br>Pd<br>palladium<br>106.42  |  | 47<br>Ag<br>silver<br>107.87    |  | 48<br>Cd<br>cadmium<br>112.41 |  | 49<br>In<br>indium<br>114.82                       |  | 50<br>Sn<br>tin<br>118.71          |  | 51<br>Sb<br>antimony<br>121.76 |  | 52<br>Te<br>tellurium<br>127.60(3) |  | 53<br>I<br>iodine<br>126.90                       |  | 54<br>Xe<br>xenon<br>131.29      |  |
| 55<br>Cs<br>caesium<br>132.91                   |  | 56<br>Ba<br>barium<br>137.33                        |  | 57-71<br>lanthanoids               |  | 72<br>Hf<br>hafnium<br>178.49(2)   |  | 73<br>Ta<br>tantalum<br>180.95 |  | 74<br>W<br>tungsten<br>183.84     |  | 75<br>Re<br>rhenium<br>186.21   |  | 76<br>Os<br>osmium<br>190.23(3)     |  | 77<br>Ir<br>iridium<br>192.22 |  | 78<br>Pt<br>platinum<br>195.08   |  | 79<br>Au<br>gold<br>196.97      |  | 80<br>Hg<br>mercury<br>200.59 |  | 81<br>Tl<br>thallium<br>204.38<br>[204.38, 204.39] |  | 82<br>Pb<br>lead<br>207.2          |  | 83<br>Bi<br>bismuth<br>208.98  |  | 84<br>Po<br>polonium               |  | 85<br>At<br>astatine                              |  | 86<br>Rn<br>radon                |  |
| 87<br>Fr<br>francium                            |  | 88<br>Ra<br>radium                                  |  | 89-103<br>actinoids                |  | 104<br>Rf<br>rutherfordium         |  | 105<br>Db<br>dubnium           |  | 106<br>Sg<br>seaborgium           |  | 107<br>Bh<br>bohrium            |  | 108<br>Hs<br>hassium                |  | 109<br>Mt<br>meitnerium       |  | 110<br>Ds<br>darmstadtium        |  | 111<br>Rg<br>roentgenium        |  | 112<br>Cn<br>copernicium      |  | 113<br>Nh<br>nihonium                              |  | 114<br>Fl<br>flerovium             |  | 115<br>Mc<br>moscovium         |  | 116<br>Lv<br>livermorium           |  | 117<br>Ts<br>tennessine                           |  | 118<br>Og<br>oganesson           |  |
| 57<br>La<br>lanthanum<br>138.91                 |  | 58<br>Ce<br>cerium<br>140.12                        |  | 59<br>Pr<br>praseodymium<br>140.91 |  | 60<br>Nd<br>neodymium<br>144.24    |  | 61<br>Pm<br>promethium         |  | 62<br>Sm<br>samarium<br>150.36(2) |  | 63<br>Eu<br>europium<br>151.96  |  | 64<br>Gd<br>gadolinium<br>157.25(3) |  | 65<br>Tb<br>terbium<br>158.93 |  | 66<br>Dy<br>dysprosium<br>162.50 |  | 67<br>Ho<br>holmium<br>164.93   |  | 68<br>Er<br>erbium<br>167.26  |  | 69<br>Tm<br>thulium<br>168.93                      |  | 70<br>Yb<br>ytterbium<br>173.05    |  | 71<br>Lu<br>lutetium<br>174.97 |  |                                    |  |                                                   |  |                                  |  |
| 89<br>Ac<br>actinium<br>232.04                  |  | 90<br>Th<br>thorium<br>232.04                       |  | 91<br>Pa<br>protactinium<br>231.04 |  | 92<br>U<br>uranium<br>238.03       |  | 93<br>Np<br>neptunium          |  | 94<br>Pu<br>plutonium             |  | 95<br>Am<br>americium           |  | 96<br>Cm<br>curium                  |  | 97<br>Bk<br>berkelium         |  | 98<br>Cf<br>californium          |  | 99<br>Es<br>einsteinium         |  | 100<br>Fm<br>fermium          |  | 101<br>Md<br>mendelevium                           |  | 102<br>No<br>nobelium              |  | 103<br>Lr<br>lawrencium        |  |                                    |  |                                                   |  |                                  |  |

ATIONAL UNION OF  
ND APPLIED CHEMISTRY



INTERNATIONAL UNION OF  
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 28 November 2016.

Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

International Union of Pure and Applied Chemistry / Sci-News.com.

เลขอะตอม 113 = Nihonium (Nh)

เลขอะตอม 115 = Moscovium (Mc)

เลขอะตอม 117 = Tennessine (Ts)

เลขอะตอม 118 = Oganesson (Og)

## ธาตุและสัญลักษณ์ของธาตุบางตัว “ตัวอักษร 1-2 ตัว โดยตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่”

| Name     | Symbol | Name      | Symbol | Name       | Symbol |
|----------|--------|-----------|--------|------------|--------|
| Aluminum | Al     | Fluorine  | F      | Oxygen     | O      |
| Arsenic  | As     | Gold      | Au     | Phosphorus | P      |
| Barium   | Ba     | Hydrogen  | H      | Platinum   | Pt     |
| Bismuth  | Bi     | Iodine    | I      | Potassium  | K      |
| Bromine  | Br     | Iron      | Fe     | Silicon    | Si     |
| Calcium  | Ca     | Lead      | Pb     | Silver     | Ag     |
| Carbon   | C      | Magnesium | Mg     | Sodium     | Na     |
| Chlorine | Cl     | Manganese | Mn     | Sulfur     | S      |
| Chromium | Cr     | Mercury   | Hg     | Tin        | Sn     |
| Cobalt   | Co     | Nickel    | Ni     | Tungsten   | W      |
| Copper   | Cu     | Nitrogen  | N      | Zinc       | Zn     |

### \* ชื่อในภาษาละตินของธาตุบางตัว

Copper = Cuprum (Cu)

Gold = Aurum (Au)

Iron = Ferum (Fe)

Lead = Plumbum (Pb)

Mercury = Hydragerum (Hg)

Sodium = Natrium (Na)

Silver = Argentum (Ag)

Tungsten = Wolfram (W)

Potassium = Kalium (K)

# ลักษณะสำคัญของธาตุในตารางธาตุ

- ❑ จัดเรียงธาตุตามลำดับของเลขอะตอมจากน้อยไปมาก
- ❑ แถวในแนวนอน เรียกว่า “คาบ (period)” ซึ่งมีทั้งหมด 7 คาบ
- ❑ ธาตุที่อยู่ในหมู่เดียวกันมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน จึงทำให้มีสมบัติเคมีคล้ายคลึงกัน
- ❑ ธาตุในหมู่ย่อย A (IA - VIIIA) มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับเลขที่ของหมู่ เช่น ธาตุในหมู่ IA และ IIA จะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 และ 2 ตามลำดับ
- ❑ ธาตุในคาบเดียวกันมีจำนวนระดับพลังงานเท่ากัน และเท่ากับเลขที่ของคาบ
- ❑ ชื่อเรียกชื่อเฉพาะหมู่
  - หมู่ 1A  $\Rightarrow$  โลหะอัลคาไลน์ (Alkali metal) : Li Na K Rb Cs Fr
  - หมู่ 2A  $\Rightarrow$  โลหะอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkali earth metal): Be Mg Ca Sr Ba Ra
  - หมู่ 7A  $\Rightarrow$  ฮาโลเจน (Halogen) : F Cl Br I At
  - หมู่ 8A  $\Rightarrow$  แก๊สเฉื่อย (Inert/Noble gas) : He Ne Ar Kr Xe Rn

- แถวในแนวนอน เรียกว่า “คาบ (period)” ซึ่งมีทั้งหมด 7 คาบ
- แถวในแนวตั้ง เรียกว่า “หมู่ (group)” ซึ่งมีทั้งหมด 18 หมู่ (มีตัวเลขกำกับ)

|   | 1<br>1A                     |                             |                                             |                                                             |                                                             |                                                            |                                                             |                                              |                                              |                                                             |                                              |                                              |                                              |                                               |                                               |                                               |                                                               | 18<br>8A                                    |
|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1 | 1<br>H<br>1s <sup>1</sup>   | 2<br>2A                     |                                             |                                                             |                                                             |                                                            |                                                             |                                              |                                              |                                                             |                                              |                                              | 13<br>3A                                     | 14<br>4A                                      | 15<br>5A                                      | 16<br>6A                                      | 17<br>7A                                                      | 2<br>He<br>1s <sup>2</sup>                  |
| 2 | 3<br>Li<br>2s <sup>1</sup>  | 4<br>Be<br>2s <sup>2</sup>  |                                             |                                                             |                                                             |                                                            |                                                             |                                              |                                              |                                                             |                                              |                                              | 5<br>B<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>    | 6<br>C<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>     | 7<br>N<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>     | 8<br>O<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>     | 9<br>F<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>                     | 10<br>Ne<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> |
| 3 | 11<br>Na<br>3s <sup>1</sup> | 12<br>Mg<br>3s <sup>2</sup> | 3<br>3B                                     | 4<br>4B                                                     | 5<br>5B                                                     | 6<br>6B                                                    | 7<br>7B                                                     | 8<br>8B                                      |                                              | 10<br>10B                                                   | 11<br>1B                                     | 12<br>2B                                     | 13<br>Al<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>  | 14<br>Si<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>   | 15<br>P<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>    | 16<br>S<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>    | 17<br>Cl<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>                   | 18<br>Ar<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> |
| 4 | 19<br>K<br>4s <sup>1</sup>  | 20<br>Ca<br>4s <sup>2</sup> | 21<br>Sc<br>4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup> | 22<br>Ti<br>4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup>                 | 23<br>V<br>4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup>                  | 24<br>Cr<br>4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup>                | 25<br>Mn<br>4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>                 | 26<br>Fe<br>4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup>  | 27<br>Co<br>4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>  | 28<br>Ni<br>4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>                 | 29<br>Cu<br>4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup> | 30<br>Zn<br>4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> | 31<br>Ga<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>  | 32<br>Ge<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>   | 33<br>As<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>   | 34<br>Se<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>   | 35<br>Br<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>                   | 36<br>Kr<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> |
| 5 | 37<br>Rb<br>5s <sup>1</sup> | 38<br>Sr<br>5s <sup>2</sup> | 39<br>Y<br>5s <sup>2</sup> 4d <sup>1</sup>  | 40<br>Zr<br>5s <sup>2</sup> 4d <sup>2</sup>                 | 41<br>Nb<br>5s <sup>1</sup> 4d <sup>4</sup>                 | 42<br>Mo<br>5s <sup>1</sup> 4d <sup>5</sup>                | 43<br>Tc<br>5s <sup>2</sup> 4d <sup>5</sup>                 | 44<br>Ru<br>5s <sup>1</sup> 4d <sup>7</sup>  | 45<br>Rh<br>5s <sup>1</sup> 4d <sup>8</sup>  | 46<br>Pd<br>4d <sup>10</sup>                                | 47<br>Ag<br>5s <sup>1</sup> 4d <sup>10</sup> | 48<br>Cd<br>5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> | 49<br>In<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup>  | 50<br>Sn<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>   | 51<br>Sb<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>   | 52<br>Te<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup>   | 53<br>I<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>                    | 54<br>Xe<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> |
| 6 | 55<br>Cs<br>6s <sup>1</sup> | 56<br>Ba<br>6s <sup>2</sup> | 57<br>La<br>6s <sup>2</sup> 5d <sup>1</sup> | 72<br>Hf<br>6s <sup>2</sup> 5d <sup>2</sup>                 | 73<br>Ta<br>6s <sup>2</sup> 5d <sup>3</sup>                 | 74<br>W<br>6s <sup>2</sup> 5d <sup>4</sup>                 | 75<br>Re<br>6s <sup>2</sup> 5d <sup>5</sup>                 | 76<br>Os<br>6s <sup>2</sup> 5d <sup>6</sup>  | 77<br>Ir<br>6s <sup>2</sup> 5d <sup>7</sup>  | 78<br>Pt<br>6s <sup>1</sup> 5d <sup>9</sup>                 | 79<br>Au<br>6s <sup>1</sup> 5d <sup>10</sup> | 80<br>Hg<br>6s <sup>2</sup> 5d <sup>10</sup> | 81<br>Tl<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup>  | 82<br>Pb<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>   | 83<br>Bi<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup>   | 84<br>Po<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup>   | 85<br>At<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup>                   | 86<br>Rn<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> |
| 7 | 87<br>Fr<br>7s <sup>1</sup> | 88<br>Ra<br>7s <sup>2</sup> | 89<br>Ac<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> | 104<br>Rf<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>2</sup>                | 105<br>Db<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>3</sup>                | 106<br>Sg<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>4</sup>               | 107<br>Bh<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>5</sup>                | 108<br>Hs<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>6</sup> | 109<br>Mt<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>7</sup> | 110<br>Ds<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>8</sup>                | 111<br>Rg<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>9</sup> | 112<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>10</sup>      | 113<br>7s <sup>2</sup> 7p <sup>1</sup>       | 114<br>7s <sup>2</sup> 7p <sup>2</sup>        | 115<br>7s <sup>2</sup> 7p <sup>3</sup>        | 116<br>7s <sup>2</sup> 7p <sup>4</sup>        | (117)                                                         | 118<br>7s <sup>2</sup> 7p <sup>6</sup>      |
|   |                             |                             |                                             | 58<br>Ce<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> | 59<br>Pr<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>3</sup>                 | 60<br>Nd<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>4</sup>                | 61<br>Pm<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>5</sup>                 | 62<br>Sm<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup>  | 63<br>Eu<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>7</sup>  | 64<br>Gd<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> | 65<br>Tb<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>9</sup>  | 66<br>Dy<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>10</sup> | 67<br>Ho<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>11</sup> | 68<br>Er<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>12</sup>  | 69<br>Tm<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>13</sup>  | 70<br>Yb<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup>  | 71<br>Lu<br>6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup>  |                                             |
|   |                             |                             |                                             | 90<br>Th<br>7s <sup>2</sup> 6d <sup>2</sup>                 | 91<br>Pa<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> | 92<br>U<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> | 93<br>Np<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> | 94<br>Pu<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>6</sup>  | 95<br>Am<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>7</sup>  | 96<br>Cm<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> | 97<br>Bk<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>9</sup>  | 98<br>Cf<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>10</sup> | 99<br>Es<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>11</sup> | 100<br>Fm<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>12</sup> | 101<br>Md<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>13</sup> | 102<br>No<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> | 103<br>Lr<br>7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> |                                             |



|          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 58<br>Ce | 59<br>Pr | 60<br>Nd | 61<br>Pm | 62<br>Sm | 63<br>Eu | 64<br>Gd | 65<br>Tb | 66<br>Dy | 67<br>Ho | 68<br>Er  | 69<br>Tm  | 70<br>Yb  | 71<br>Lu  |
| 90<br>Th | 91<br>Pa | 92<br>U  | 93<br>Np | 94<br>Pu | 95<br>Am | 96<br>Cm | 97<br>Bk | 98<br>Cf | 99<br>Es | 100<br>Fm | 101<br>Md | 102<br>No | 103<br>Lr |

- ❖ ธาตุเรพรีเซนเตติฟ หรือ ธาตุหมู่หลัก (Main group or Representative)  
ธาตุหมู่ 1A–7A ซึ่งชั้นย่อย  $s$  และ  $p$  ของเลขควอนตัมหลักสูงสุดมีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม
- ❖ แก๊สเฉื่อย (Inert gas or Noble gas)  
ธาตุหมู่ 8A ซึ่งชั้นย่อย  $p$  มีอิเล็กตรอนบรรจุเต็ม ยกเว้น He ที่มีการจัดเรียงเป็น  $1s^2$
- ❖ ธาตุทรานซิชัน (Transition)  
ธาตุหมู่ 1B และ 3B–8B ซึ่งชั้นย่อย  $d$  มีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม
- ❖ ธาตุที่ไม่ใช่ทั้งเรพรีเซนเตติฟและธาตุทรานซิชัน  
ธาตุหมู่ 2B คือ Zn, Cd และ Hg
- ❖ ธาตุทรานซิชันชั้นใน (Inner transition)  
ชั้นย่อย  $f$  มีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม
  - แลนทาไนด์ (Lanthanide) หรือ ธาตุแร่หายาก (rare earth)  
ธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 58 ถึง 71
  - แอกทิไนด์ (Actinide) หรือ ธาตุแร่หายากหนัก (heavy rare earth)  
ธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 90 ถึง 103

# การจำแนกกลุ่มธาตุ: โลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ

|          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |          |          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1<br>1A  | 2<br>2A  |          |           |           |           |           |           |           |           |           |          | 13<br>3A | 14<br>4A | 15<br>5A | 16<br>6A | 17<br>7A | 18<br>8A |
| 1<br>H   | 2<br>He  |          |           |           |           |           |           |           |           |           |          | 5<br>B   | 6<br>C   | 7<br>N   | 8<br>O   | 9<br>F   | 10<br>Ne |
| 3<br>Li  | 4<br>Be  |          |           |           |           |           |           |           |           |           |          | 13<br>Al | 14<br>Si | 15<br>P  | 16<br>S  | 17<br>Cl | 18<br>Ar |
| 11<br>Na | 12<br>Mg | 3<br>3B  | 4<br>4B   | 5<br>5B   | 6<br>6B   | 7<br>7B   | 8<br>8B   | 9<br>8B   | 10<br>8B  | 11<br>1B  | 12<br>2B | 13<br>Ga | 14<br>Ge | 15<br>As | 16<br>Se | 17<br>Br | 18<br>Kr |
| 19<br>K  | 20<br>Ca | 21<br>Sc | 22<br>Ti  | 23<br>V   | 24<br>Cr  | 25<br>Mn  | 26<br>Fe  | 27<br>Co  | 28<br>Ni  | 29<br>Cu  | 30<br>Zn | 31<br>Ga | 32<br>Ge | 33<br>As | 34<br>Se | 35<br>Br | 36<br>Kr |
| 37<br>Rb | 38<br>Sr | 39<br>Y  | 40<br>Zr  | 41<br>Nb  | 42<br>Mo  | 43<br>Tc  | 44<br>Ru  | 45<br>Rh  | 46<br>Pd  | 47<br>Ag  | 48<br>Cd | 49<br>In | 50<br>Sn | 51<br>Sb | 52<br>Te | 53<br>I  | 54<br>Xe |
| 55<br>Cs | 56<br>Ba | 57<br>La | 72<br>Hf  | 73<br>Ta  | 74<br>W   | 75<br>Re  | 76<br>Os  | 77<br>Ir  | 78<br>Pt  | 79<br>Au  | 80<br>Hg | 81<br>Tl | 82<br>Pb | 83<br>Bi | 84<br>Po | 85<br>At | 86<br>Rn |
| 87<br>Fr | 88<br>Ra | 89<br>Ac | 104<br>Rf | 105<br>Db | 106<br>Sg | 107<br>Bh | 108<br>Hs | 109<br>Mt | 110<br>Ds | 111<br>Rg | 112      | 113      | 114      | 115      | 116      | (117)    | 118      |

|            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Metals     | 58<br>Ce | 59<br>Pr | 60<br>Nd | 61<br>Pm | 62<br>Sm | 63<br>Eu | 64<br>Gd | 65<br>Tb | 66<br>Dy | 67<br>Ho | 68<br>Er  | 69<br>Tm  | 70<br>Yb  | 71<br>Lu  |
| Metalloids | 90<br>Th | 91<br>Pa | 92<br>U  | 93<br>Np | 94<br>Pu | 95<br>Am | 96<br>Cm | 97<br>Bk | 98<br>Cf | 99<br>Es | 100<br>Fm | 101<br>Md | 102<br>No | 103<br>Lr |
| Nonmetals  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |

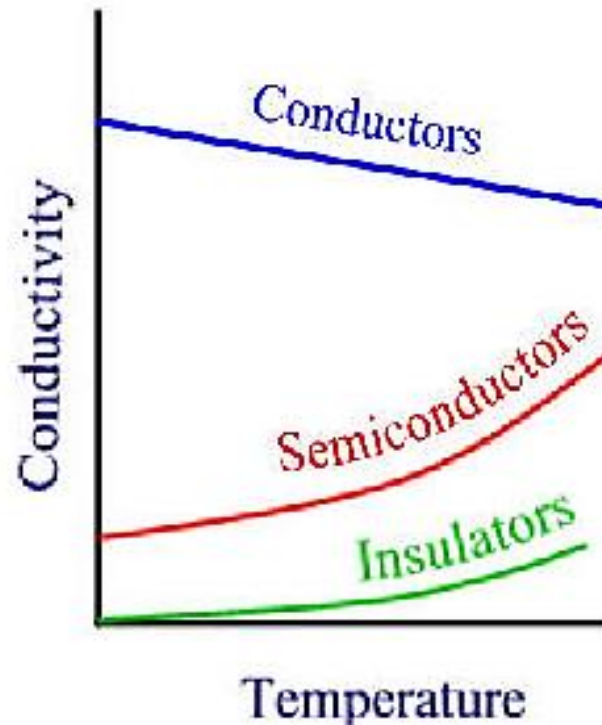
\*ธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะถูกแยกออกจากกันด้วยเส้นขั้นบันได โดยทางซ้ายของเส้นขั้นบันไดเป็นโลหะ ทางขวาของเส้นขั้นบันไดเป็นอโลหะ ส่วนธาตุที่อยู่ชิดเส้นขั้นบันไดจะมีสมบัติก้ำกึ่งระหว่างโลหะกับอโลหะ เรียกธาตุพวกนี้ว่า ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid)



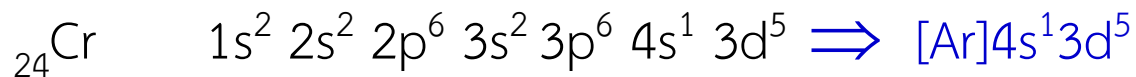
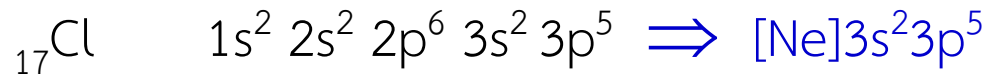
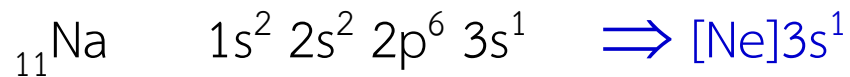
| สมบัติของโลหะ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | สมบัติของอโลหะ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นปรอทเป็นของเหลว</li> <li>2. มันวาว</li> <li>3. นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีที่อุณหภูมิปกติ แต่ที่อุณหภูมิสูงจะนำไฟฟ้าได้น้อยลง</li> <li>4. เคาะจะมีเสียงดังกังวาน</li> <li>5. แข็งและเหนียว สามารถทำให้เป็นแผ่นและเป็นเส้นได้</li> <li>6. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง</li> <li>7. มีความหนาแน่นสูง</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. มีได้ทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง เช่น กำมะถัน; ของเหลว เช่น โบรมีน; แก๊ส เช่น ออกซิเจน คลอรีน ไนโตรเจน</li> <li>2. ไม่เป็นมันวาว</li> <li>3. ไม่นำไฟฟ้าและไม่นำความร้อน ยกเว้นแกรไฟต์</li> <li>4. เคาะจะไม่มีเสียงกังวาน</li> <li>5. ส่วนมากเปราะ ไม่สามารถตีเป็นแผ่นหรือเส้นได้</li> <li>6. ส่วนมากมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ ยกเว้น คาร์บอน ซิลิกอน และกำมะถัน</li> <li>7. มีความหนาแน่นต่ำ</li> </ol> |

## การนำไฟฟ้าและความร้อน

- ตัวนำ (Conductor) นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี แต่การนำไฟฟ้าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- ฉนวน (Insulator) นำไฟฟ้าและความร้อนได้น้อย หรือแทบไม่นำไฟฟ้าและความร้อน แต่การนำไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- กึ่งตัวนำ (Semiconductor) นำไฟฟ้าได้ แต่การนำจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



❑ การจำแนกกลุ่มธาตุตามชนิดชั้นย่อยที่ใช้บรรจุอิเล็กตรอนวงนอกสุด

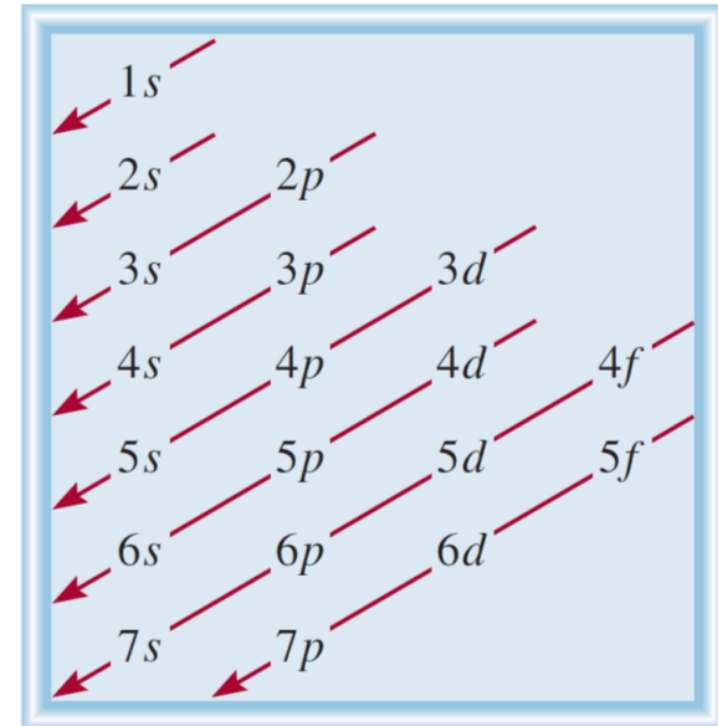
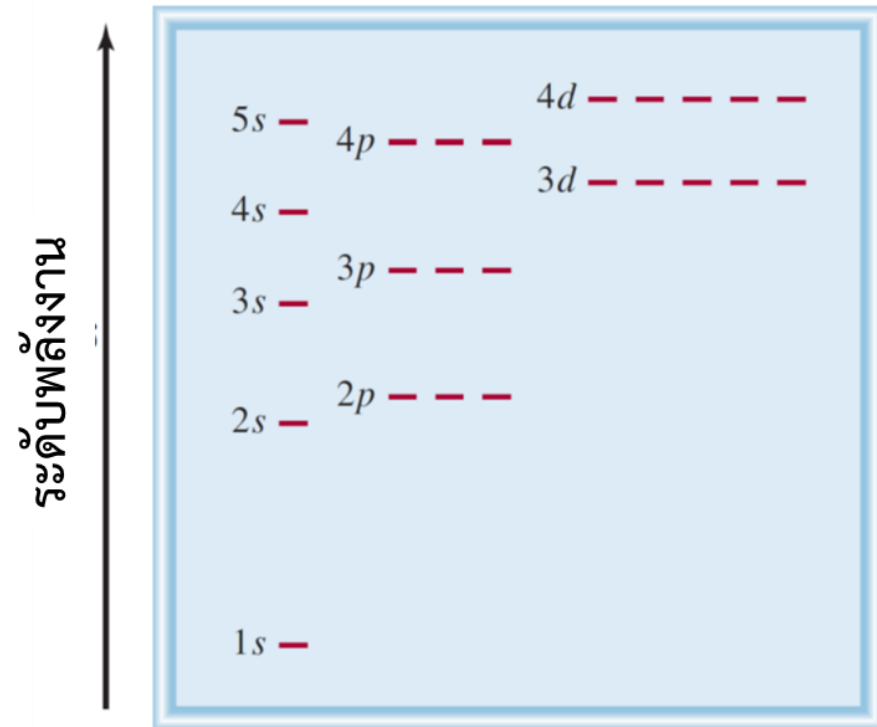


|    |    |    |
|----|----|----|
| 1s |    | 1s |
| 2s |    | 2p |
| 3s |    | 3p |
| 4s | 3d | 4p |
| 5s | 4d | 5p |
| 6s | 5d | 6p |
| 7s | 6d | 7p |

|    |
|----|
| 4f |
| 5f |

## 2. การจัดเรียงอิเล็กตรอน (Electron configuration)

“ต้องเติมอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่ำทำให้เต็มก่อน แล้วจึงเติมในออร์บิทัลที่พลังงานสูงขึ้น”



$s$ -orbital มี 1 ออร์บิทัล → บรรจุอิเล็กตรอนได้มากที่สุด 2 ตัว  
 $p$ -orbital มี 3 ออร์บิทัล → บรรจุอิเล็กตรอนได้มากที่สุด 6 ตัว  
 $d$ -orbital มี 5 ออร์บิทัล → บรรจุอิเล็กตรอนได้มากที่สุด 10 ตัว  
 $f$ -orbital มี 7 ออร์บิทัล → บรรจุอิเล็กตรอนได้มากที่สุด 14 ตัว

การจัดอิเล็กตรอนในสถานะพื้น (ground state) ของอะตอม

| Atomic Number | Symbol | Electron Configuration |
|---------------|--------|------------------------|
| 1             | H      | $1s^1$                 |
| 2             | He     | $1s^2$                 |
| 3             | Li     | $[\text{He}]2s^1$      |
| 4             | Be     | $[\text{He}]2s^2$      |
| 5             | B      | $[\text{He}]2s^22p^1$  |
| 6             | C      | $[\text{He}]2s^22p^2$  |
| 7             | N      | $[\text{He}]2s^22p^3$  |
| 8             | O      | $[\text{He}]2s^22p^4$  |
| 9             | F      | $[\text{He}]2s^22p^5$  |
| 10            | Ne     | $[\text{He}]2s^22p^6$  |
| 11            | Na     | $[\text{Ne}]3s^1$      |
| 12            | Mg     | $[\text{Ne}]3s^2$      |
| 13            | Al     | $[\text{Ne}]3s^23p^1$  |
| 14            | Si     | $[\text{Ne}]3s^23p^2$  |
| 15            | P      | $[\text{Ne}]3s^23p^3$  |
| 16            | S      | $[\text{Ne}]3s^23p^4$  |
| 17            | Cl     | $[\text{Ne}]3s^23p^5$  |
| 18            | Ar     | $[\text{Ne}]3s^23p^6$  |
| 19            | K      | $[\text{Ar}]4s^1$      |
| 20            | Ca     | $[\text{Ar}]4s^2$      |

| Atomic Number | Symbol | Electron Configuration       |
|---------------|--------|------------------------------|
| 21            | Sc     | $[\text{Ar}]4s^23d^1$        |
| 22            | Ti     | $[\text{Ar}]4s^23d^2$        |
| 23            | V      | $[\text{Ar}]4s^23d^3$        |
| 24            | Cr     | $[\text{Ar}]4s^13d^5$        |
| 25            | Mn     | $[\text{Ar}]4s^23d^5$        |
| 26            | Fe     | $[\text{Ar}]4s^23d^6$        |
| 27            | Co     | $[\text{Ar}]4s^23d^7$        |
| 28            | Ni     | $[\text{Ar}]4s^23d^8$        |
| 29            | Cu     | $[\text{Ar}]4s^13d^{10}$     |
| 30            | Zn     | $[\text{Ar}]4s^23d^{10}$     |
| 31            | Ga     | $[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^1$ |
| 32            | Ge     | $[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^2$ |
| 33            | As     | $[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^3$ |
| 34            | Se     | $[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^4$ |
| 35            | Br     | $[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^5$ |
| 36            | Kr     | $[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^6$ |
| 37            | Rb     | $[\text{Kr}]5s^1$            |

### 3. ธาตุเรพรีเซนเททีฟ

ธาตุเรพรีเซนเททีฟ (Representative element) หรือ ธาตุหมู่หลัก (Main group element) คือ ธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนบรรจุใน  $s$ - และ  $p$ -orbital โดยที่ใน  $d$ - และ  $f$ -orbital อาจจะไม่มียอิเล็กตรอนอยู่เลย หรือมีบรรจุอยู่เต็มหมดแล้ว

| IA  |     |      |     |    |     |      |  | VIIIA |
|-----|-----|------|-----|----|-----|------|--|-------|
|     | IIA | IIIA | IVA | VA | VIA | VIIA |  | He    |
| H   |     |      |     |    |     |      |  |       |
| Li  | Be  | B    | C   | N  | O   | F    |  | Ne    |
| Na  | Mg  | Al   | Si  | P  | S   | Cl   |  | Ar    |
| K   | Ca  | Ga   | Ge  | As | Se  | Br   |  | Kr    |
| Rb  | Sr  | In   | Sn  | Sb | Te  | I    |  | Xe    |
| Cs  | Ba  | Tl   | Pb  | Bi | Po* | At*  |  | Rn*   |
| Fr* | Ra* |      |     |    |     |      |  |       |

“ความเป็นโลหะของธาตุลดลงจากซ้ายไปขวา (คาบเดียวกัน) และ เพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง (หมู่เดียวกัน)”

- สารประกอบไม่มีสี



Sodium chloride:  $\text{NaCl}$



Barium sulfate:  $\text{BaSO}_4$



Potassium chlorate:  $\text{KClO}_3$

- การทดสอบเปลวไฟ (Flame test)

|    |             |
|----|-------------|
| Li | Crimson red |
| Na | Yellow      |
| K  | Pale violet |
| Rb | Violet      |
| Cs | Bluish      |



$\text{Na}^+$



$\text{Ba}^{2+}$



$\text{K}^+$

# ธาตุไฮโดรเจน (Hydrogen, $1s^1$ )

IA

|    |
|----|
| H  |
| Li |
| Na |
| K  |
| Rb |
| Cs |
| Fr |

- ธาตุไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในระบบสุริยะจักรวาล รองลงมาคือฮีเลียม (He)
- มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ  $-252.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  และ จุดเดือดเท่ากับ  $-259.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ที่อุณหภูมิและความดันปกติ ธาตุไฮโดรเจนจะอยู่ในรูปของแก๊สไฮโดรเจน ( $\text{H}_2$ ) คล้ายกับธาตุฮาโลเจน ( $\text{X}_2$ ) ซึ่งจัดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว จึงไม่ละลายน้ำที่จัดเป็นโมเลกุลมีขั้ว
- แก๊สไฮโดรเจน ( $\text{H}_2$ ) เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และเป็นแก๊สที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด



สมบัติของไฮโดรเจนจะมีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงกับโลหะหมู่ 1A และ ธาตุฮาโลเจนหมู่ 7A

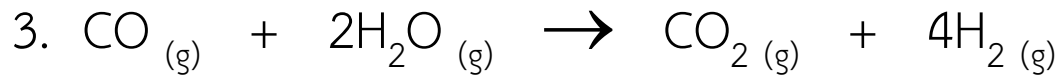
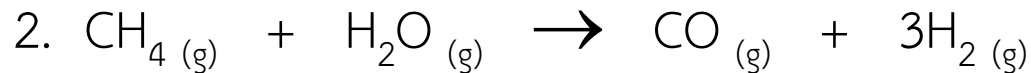
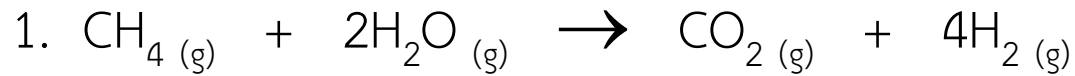
### สมบัติที่คล้ายกับโลหะหมู่ 1A

- มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็นแบบ  $1s^1$  เหมือนกับโลหะหมู่ 1A  $\Rightarrow$  เกิดเป็น  $H^+$  ได้
- สามารถเกิดปฏิกิริยากับธาตุฮาโลเจนได้เป็นสารประกอบที่มีสูตรทั่วไปเป็น  $HX$  โดยชนิดของพันธะใน  $HX$  เป็นพันธะโควาเลนต์ ในขณะที่ธาตุหมู่ 1A เกิดปฏิกิริยากับธาตุฮาโลเจนได้สารประกอบที่มีสูตรทั่วไปเป็น  $MX$  ซึ่งชนิดของพันธะใน  $MX$  เป็นพันธะไอออนิก

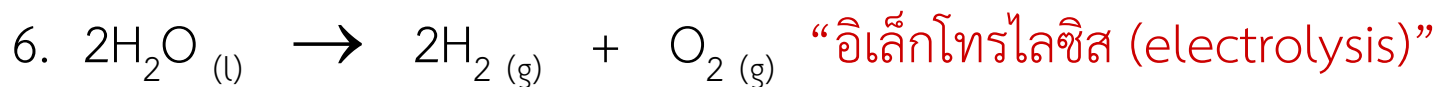
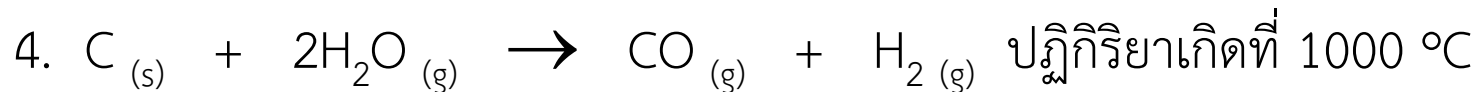
### สมบัติที่คล้ายกับโลหะหมู่ 7A

- ที่อุณหภูมิและความดันปกติ ธาตุไฮโดรเจนจะอยู่ในรูปโมเลกุลของแก๊ส โดยที่หนึ่งโมเลกุลประกอบด้วยสองอะตอม (diatomic molecule) ซึ่งเหมือนกับ  $X_2$  ของฮาโลเจน
- มีสมบัติเป็นอโลหะ คือ มีค่า IE และ EN สูง
- เมื่อทำปฏิกิริยากับโลหะจะสามารถรับอิเล็กตรอนเกิดเป็น “ไฮไดรด์ (hydride,  $H^-$ )” เกิดเป็นสารประกอบกับโลหะหมู่ 1A เช่น  $LiH$  และ  $NaH$

## การเตรียมแก๊สไฮโดรเจนในอุตสาหกรรม



ใช้ Ni เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ที่ 900 °C



# ธาตุหมู่ 1A ( $ns^1$ , $n \geq 2$ ): โลหะอัลคาไลน์ (Alkali metals)



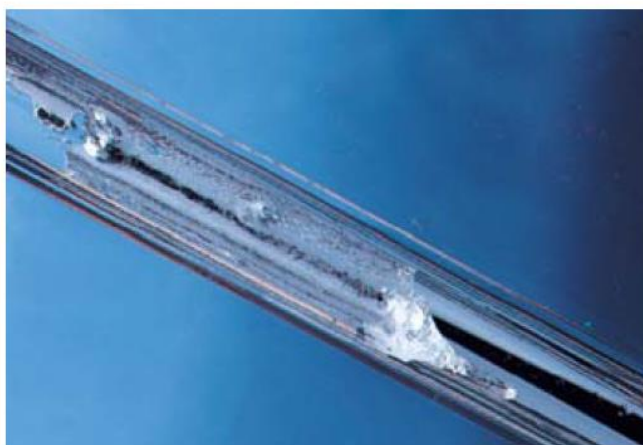
Lithium (Li)



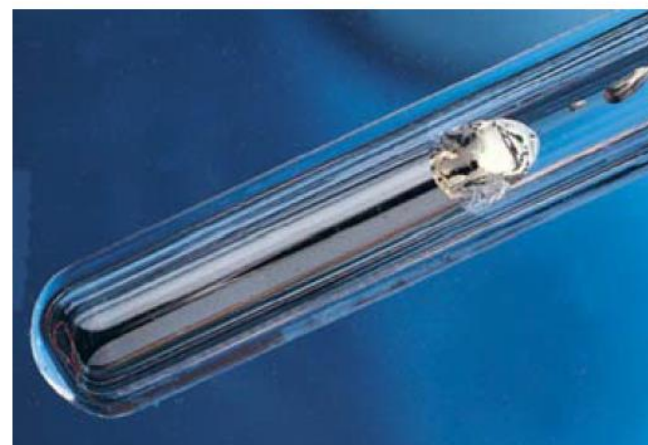
Sodium (Na)



Potassium (K)

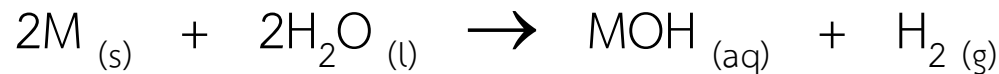


Rubidium (Rb)

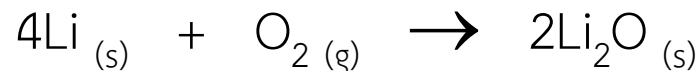


Cesium (Cs)

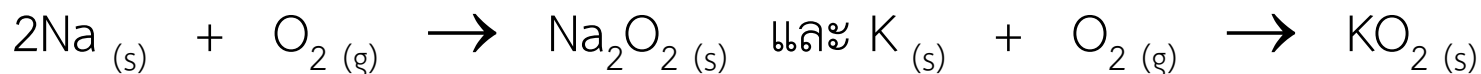
- โลหะอัลคาไลด์ทุกธาตุจะมีค่า IE ต่ำ ดังนั้นจึงมีแนวโน้มที่จะเสียอิเล็กตรอน แล้วเกิดเป็นไอออนที่มีประจุ  $+1$  ( $M^+$ )
- โลหะอัลคาไลด์ทุกชนิดเป็นโลหะที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา (reactive) มาก จึงไม่ปรากฏในรูปธาตุบริสุทธิ์ แต่มักจะอยู่ในรูปสารประกอบ เช่น  $Li_2O$ ,  $NaCl$ ,  $NaNO_3$  และ  $KCl$
- สารประกอบของโลหะหมู่ 1A ละลายน้ำได้ดี ยกเว้น  $LiOH$ ,  $Li_2O_3$ ,  $Li_3PO_4$ ,  $Li_2CO_3$ ,  $LiF$
- โลหะอัลคาไลด์จะทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับน้ำเกิดเป็นสารประกอบไฮดรอกไซด์ ( $MOH$ ) และแก๊สไฮโดรเจน



- เมื่อโดนอากาศ โลหะอัลคาไลด์จะค่อยๆ ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน ( $O_2$ ) เกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ และความเงาจะลดลง



- โลหะอัลคาไลด์สามารถทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน ( $O_2$ ) เกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxide,  $O_2^{2-}$ ) และซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide,  $O_2^-$ )

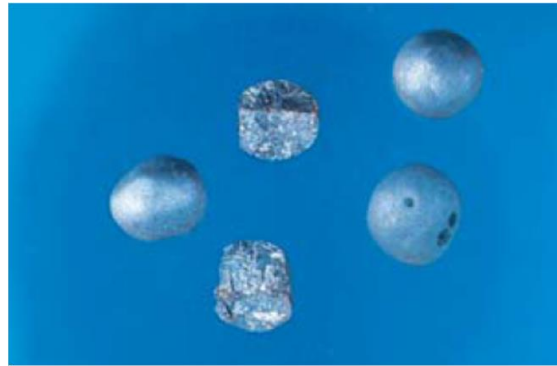


## การนำโลหะอัลคาไลน์ไปใช้ประโยชน์

- ลิเทียม (Li) ใช้เป็นขั้วแบตเตอรี่ (Lithium battery) เนื่องจากมีศักยภาพในการให้อิเล็กตรอนที่ดี
- โซเดียม (Na) เป็นธาตุทำปฏิกิริยาได้ว่องไวมาก จึงจำเป็นต้องเก็บในน้ำมัน ในชีวิตประจำวันมีการใช้ประโยชน์จากสารประกอบโซเดียมมากมาย เช่น เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaCl}$ ) ซึ่งใช้ในการประกอบอาหาร ผงฟูหรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) ซึ่งใช้ในการทำขนมปังให้ฟู เป็นต้น
- ใช้ในการบำบัดโรค เช่น  $\text{Li}_2(\text{CO}_3)$  ใช้ในการรักษาความผิดปกติทางอารมณ์และช่วยควบคุมอารมณ์ให้อยู่ในระดับปกติ
- โพแทสเซียม (K) ใช้ทำปุ๋ย เช่น  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  และ  $\text{KNO}_3$

# ธาตุหมู่ 2A ( $ns^2$ , $n \geq 2$ ): โลหะอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkali earth metals)

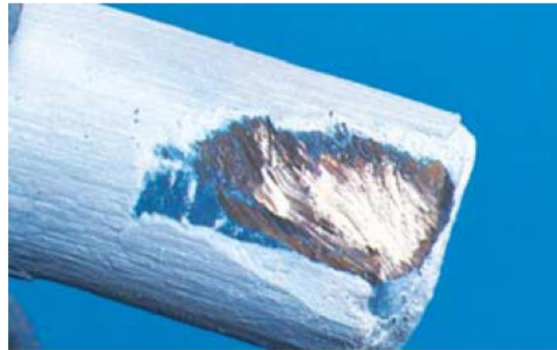
|                 |
|-----------------|
| Be<br>Beryllium |
| Mg<br>Magnesium |
| Ca<br>Calcium   |
| Sr<br>Strontium |
| Ba<br>Barium    |
| Ra*<br>Radium   |



Beryllium (Be)



Magnesium (Mg)



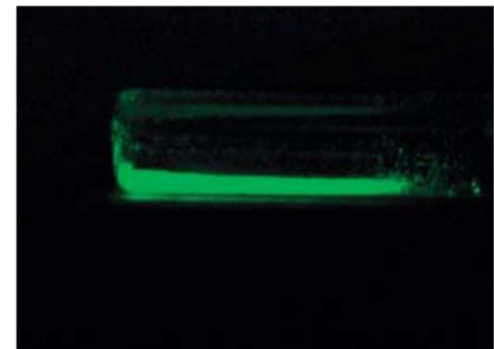
Strontium (Sr)



Barium (Ba)

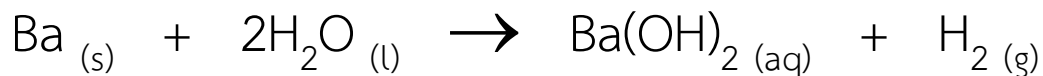


Calcium (Ca)



Radium (Ra)

- เป็นโลหะที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา แต่น้อยกว่าโลหะแอลคาไลน์ (หมู่ 1A) ทำให้ไม่ค่อยพบธาตุหมู่ 2A ในรูปธาตุบริสุทธิ์ แต่มักอยู่ในรูปเกลือคาร์บอเนต ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) และคลอไรด์ ( $\text{Cl}^-$ )
- โลหะอัลคาไลน์เอิร์ทเป็นโลหะเนื้อแข็ง มีความหนาแน่นสูง จุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง นำไฟฟ้าและนำความร้อนได้ดี
- มีแนวโน้มที่จะสูญเสียอิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออน  $+2$  ( $\text{M}^{2+}$ )
- ความว่องไวของโลหะอัลคาไลน์ในการทำปฏิกิริยากับน้ำแตกต่างกันอย่างมาก Be ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ ในขณะที่ Mg จะทำปฏิกิริยาช้าๆ กับไอน้ำ ส่วน Ca, Sr และ Ba สามารถทำปฏิกิริยาได้แม้กับน้ำเย็น



- สารประกอบคลอไรด์ โบรไมด์ ไอโอดิด ไนเตรต คลอเรต ( $\text{ClO}_3^-$ ) เพอร์คลอเรต ( $\text{ClO}_4^-$ ) ของโลหะหมู่ 2A ละลายน้ำได้ดี แต่สารประกอบฟลูออไรด์ ไฮดรอกไซด์ ( $\text{OH}^-$ ) ซัลไฟด์ ( $\text{S}^{2-}$ ) ซัลเฟต ไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) และออกซาเลต ( $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ) ของโลหะหมู่ 2A ไม่ละลายน้ำ ยกเว้น  $\text{MgSO}_4$  ละลายน้ำได้ดี

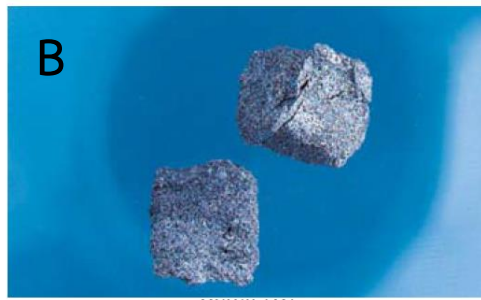
## การนำโลหะอัลคาไลน์เอิร์ทไปใช้ประโยชน์

- Be มีสีเทาเหมือนเหล็ก แข็งแรง น้ำหนักเบา แต่เปราะ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นตัวที่ทำให้โลหะผสมแข็งขึ้น (โดยเฉพาะทองแดงเบริลเลียม ใช้ทำส่วนประกอบของเรือเดินทะเล)
- Mg ใช้เป็นตัวผสมโลหะเพื่อทำโลหะผสมอะลูมิเนียม-แมกนีเซียม  
MgO ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก แก้ว ซีเมนต์ การเกษตร อุตสาหกรรมก่อสร้าง  
กระป๋องเครื่องดื่ม (aluminium-magnesium alloys)  
Mg(OH)<sub>2</sub> ใช้เป็นส่วนผสมในยาสีฟัน และใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะอาหาร
- Ca มันมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะในระบบสรีรวิทยาของเซลล์และการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ  
CaSO<sub>4</sub> ใช้ในอุตสาหกรรมปูนปลาสเตอร์
- Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ใช้ทำพลุ ดอกไม้เพลิงสีแดง
- Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ใช้ทำพลุ ดอกไม้เพลิงสีเขียว



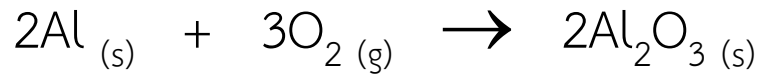
# ธาตุหมู่ 3A ( $ns^2np^1$ , $n \geq 2$ )

|                 |
|-----------------|
| B<br>Boron      |
| Al<br>Aluminium |
| Ga<br>Gallium   |
| In<br>Indium    |
| Tl<br>Thallium  |
| Nh<br>Nihonium  |

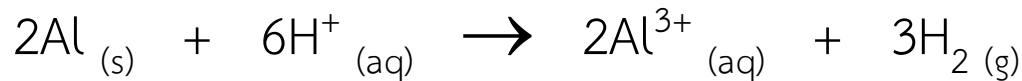


B มีสมบัติเป็นกึ่งโลหะ ส่วนธาตุอื่นๆ เป็นโลหะ

- Al ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เกิดสารประกอบอะลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งอะลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะปกคลุมผิวของ Al ทำให้ Al มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาลดลง และทนต่อการผุกร่อนมากขึ้น



- Al สามารถเกิดปฏิกิริยาเป็นไฮดรอกไซด์ +3 ( $\text{Al}^{3+}$ ) และทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก ให้แก๊สไฮโดรเจน



- เกลือซัลเฟต ไนเตรต และไฮไลต์ของโลหะหมู่ 3A นี้ละลายน้ำได้ดี แต่สารประกอบไฮดรอกไซด์ของโลหะหมู่นี้ไม่ละลายน้ำ
- ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของ Al และ Ga มีสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก (amphoteric)



## การนำธาตุหมู่ 3A ไปใช้ประโยชน์

- โบรอน (B)



Borosilicate glassware  
เช่น beakers และ test tube



Boron carbide ใช้เป็นแผ่น  
กันกระสุนในเสื้อกันกระสุน

- อะลูมิเนียม (Al)

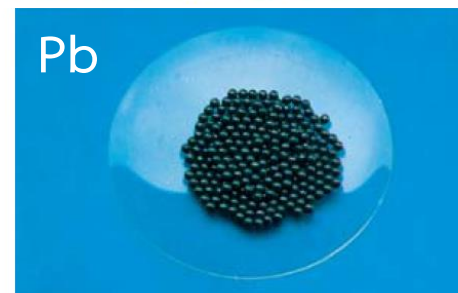
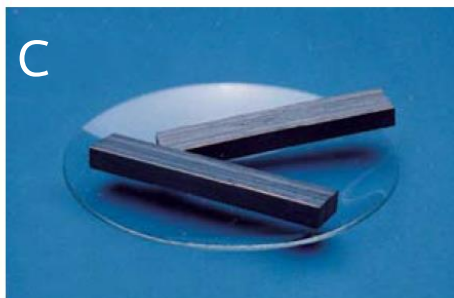
เป็นวัสดุทำ automobiles, aircraft, trucks, railway cars, marine vessels, bicycles,  
Packaging (cans, foil)



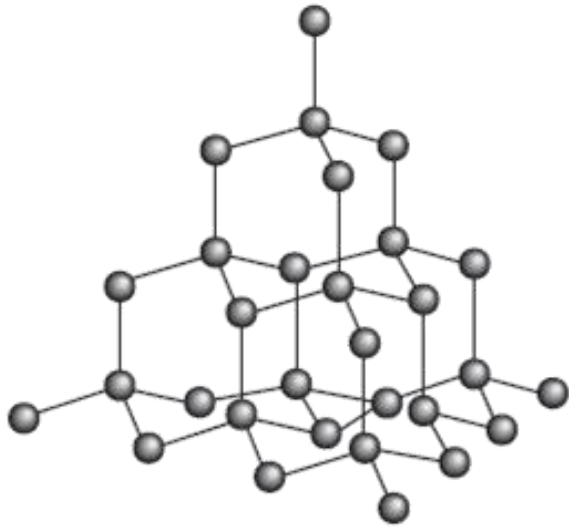
# ธาตุหมู่ 4A ( $ns^2np^2$ , $n \geq 2$ )

- มีทั้งอโลหะ (C) กึ่งโลหะ (Si และ Ge) และโลหะ (Sn และ Pb)  
ความเป็นโลหะเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมสูงขึ้น
- C พบมากในธรรมชาติในรูปของสารประกอบคาร์บอเนต เช่น  $\text{CaCO}_3$   
ส่วนธาตุอิสระจะอยู่ในรูปของแกรไฟต์และเพชร

|                 |
|-----------------|
| C<br>Carbon     |
| Si<br>Silicon   |
| Ge<br>Germanium |
| Sn<br>Tin       |
| Pb<br>Lead      |
| Fl<br>Flerovium |

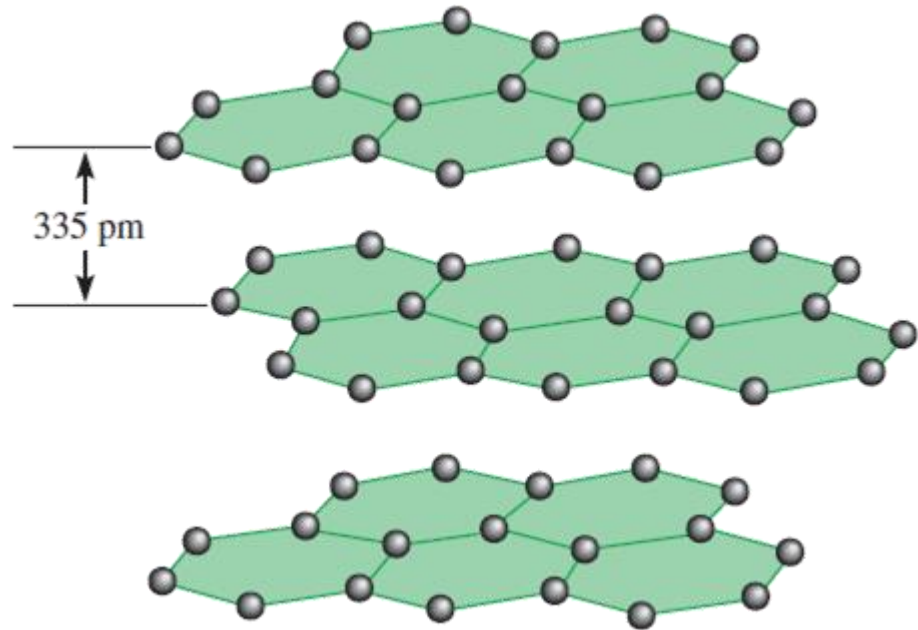


# โครงสร้างโมเลกุลของคาร์บอน



เพชร

- $sp^3$ -C
- เป็นโครงข่ายสามมิติ
- เป็นธาตุที่มีความแข็งที่สุด
- จุดหลอมเหลว  $3550^\circ\text{C}$
- เป็นฉนวนไฟฟ้า



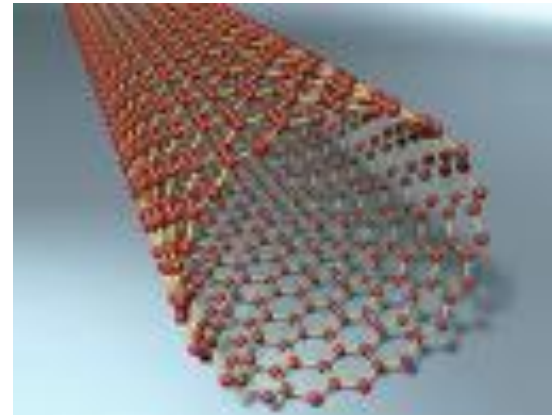
แกรไฟต์

- $sp^2$ -C
- $2p$  ที่เหลือใช้สร้างพันธะไพ
- นำไฟฟ้าได้เฉพาะในทิศทางตามแนวระนาบของ C
- ระหว่างชั้นยึดด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ที่อ่อน
- สารหล่อลื่น ไส้ดินสอ ผ้าหมึก



### ฟูลเลอร์รีน (Fullerenes)

- โมเลกุลโควาเลนต์
- 1 โมเลกุล ประกอบด้วย C 60 อะตอม ( $C_{60}$ ) เรียกว่า Bulkyball
- โมเลกุลยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงระหว่างโมเลกุลอ่อนๆ
- อุณหภูมิการระเหิด 450-500 °C



### Carbon nanotube (CNT)

- C จัดเรียงตัวเป็นแผ่น โดยเชื่อมกันเป็นตาข่าย ที่มีรูรูปหกเหลี่ยม แต่มีลักษณะม้วนเข้าหากันเป็นท่อ
- มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา และมีความยืดหยุ่น

- สารประกอบของคาร์บอน

CO เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีฤทธิ์เป็นกลาง เกิดจากปฏิกิริยาเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

CO<sub>2</sub> เป็นแก๊สที่ใช้มากในอุตสาหกรรมน้ำอัดลม สารดับเพลิง และอุตสาหกรรมการผลิตผงฟู (NaHCO<sub>3</sub>) และโซดาไฟ (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

CO<sub>2</sub> (g) น้ำแข็งแห้ง ใช้ในเครื่องทำความเย็น และการทำฟนเทียม



# ธาตุหมู่ 5A ( $ns^2np^3$ , $n \geq 2$ )

|                  |
|------------------|
| N<br>Nitrogen    |
| P<br>Phosphorous |
| As<br>Arsenic    |
| Sb<br>Antimony   |
| Bi<br>Bismuth    |
| Mo<br>Moscovium  |



Liquid nitrogen ( $N_2$ )



White and red phosphorus (P)



Arsenic (As)



Antimony (Sb)



Bismuth (Bi)

มีทั้งอโลหะ (N และ P) กึ่งโลหะ (As และ Sb) และโลหะ (Bi)



- ธาตุไนโตรเจนที่อุณหภูมิและความดันปกติจะอยู่ในรูป  $\text{N}_2 (\text{g})$  และสามารถเกิดสารประกอบออกไซด์ได้หลายรูป เช่น  $\text{NO} (\text{g})$ ,  $\text{N}_2\text{O} (\text{g})$ ,  $\text{NO}_2 (\text{g})$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g})$  และ  $\text{N}_2\text{O}_5 (\text{s})$
- กรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) และกรดฟอสฟอริก ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) เกิดจากการทำปฏิกิริยาของออกไซด์กับน้ำ
 
$$\text{N}_2\text{O}_5 (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{HNO}_3 (\text{aq})$$

$$\text{P}_4\text{O}_{10} (\text{s}) + 6\text{H}_2\text{O} (\text{aq}) \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4 (\text{aq})$$
- Bi เป็นโลหะ แต่จะไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับโลหะหมู่ 1A-4A

# ธาตุหมู่ 6A ( $ns^2np^4$ , $n \geq 2$ )

|                   |
|-------------------|
| O<br>Oxygen       |
| S<br>Sulfur       |
| Se<br>Selenium    |
| Te<br>Tellurium   |
| Po*<br>Polonium   |
| Lv<br>Livermorium |



Sulfur ( $S_8$ )

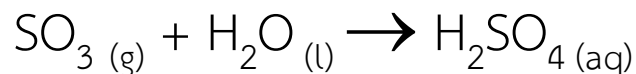


Selenium ( $Se_8$ )



Tellurium (Te)

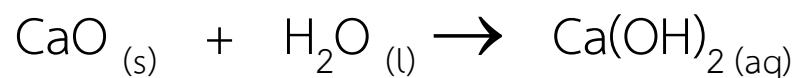
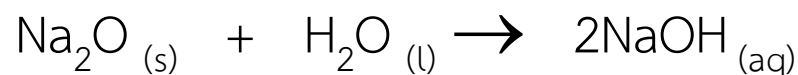
- O, S และ Se เป็นธาตุโลหะ ขณะที่ Te และ Po เป็นสารกึ่งโลหะ
- ที่อุณหภูมิและความดันปกติจะอยู่ในรูป O, S และ Se จะอยู่ในรูป  $O_2$ ,  $S_8$  และ  $Se_8$  ตามลำดับ
- O มีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอน 2 ตัว เกิดเป็น ออกไซด์ (oxide,  $O^{2-}$ ) โดยมักพบในสารประกอบไอออนิกหลายชนิด
- กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) เกิดจากการทำปฏิกิริยาของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์กับน้ำ



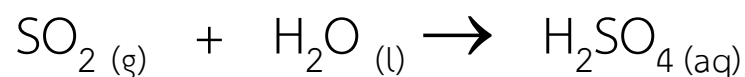
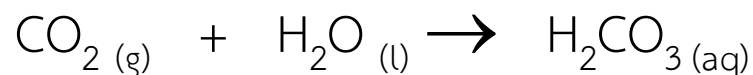
# สารประกอบออกไซด์ (Oxide compounds)

“สารประกอบของธาตุหนึ่งๆ กับธาตุออกซิเจนในรูปของไอออนที่มีประจุ  $-2$  ( $O^{2-}$ )”

- ธาตุโลหะหมู่ 1A และ 2A เกิดสารประกอบออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นเบส เมื่อละลายน้ำ



- ธาตุอโลหะหมู่ 3A - 7A เกิดสารประกอบออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นกรด เมื่อละลายน้ำ



- ออกไซด์ของอโลหะบางชนิด มีสมบัติของละลายที่เป็นกลาง เช่น  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $N_2O$  และ  $NO$
- ออกไซด์ของ Be ( $BeO$ ) และ Al ( $Al_2O_3$ ) มีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส

ตัวอย่าง การเปรียบเทียบความเป็นกรดเบสของธาตุในคาบที่ 3

|                       |                   |                         |                                          |                         |                                                                                          |                         |
|-----------------------|-------------------|-------------------------|------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| $\text{Na}_2\text{O}$ | $\text{MgO}$      | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{SiO}_2$                           | $\text{P}_2\text{O}_5$  | $\text{SO}_3$                                                                            | $\text{Cl}_2\text{O}_7$ |
| $\text{NaOH}$         | $\text{Mg(OH)}_2$ | $\text{Al(OH)}_3$       | $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ | $\text{H}_3\text{PO}_4$ | $\text{H}_2\text{SO}_4$                                                                  | $\text{HClO}_4$         |
| เบสแก่                | เบสอ่อน           | กรดอ่อน/<br>เบสอ่อน     | กรดอ่อน                                  | กรดแก่ขึ้น              | <div style="border-top: 1px solid black; width: 100%; margin-bottom: 5px;"></div> กรดแก่ |                         |

ตัวอย่าง การเปรียบเทียบความเป็นกรดเบสของธาตุในหมู่ที่ 5

|                                                         |                          |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|
| $\text{N}_2\text{O}_5$ ( $\text{HNO}_3$ )               | กรดแก่                   |
| $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )   | กรดอ่อน                  |
| $\text{As}_4\text{O}_{10}$ ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) | กรดอ่อน                  |
| $\text{Sb}_4\text{O}_6$                                 | แอมโฟเทอริก (amphoteric) |
| $\text{Bi}_2\text{O}_3$                                 | เบสอ่อน                  |

## ธาตุหมู่ 7A ( $ns^2np^5$ , $n \geq 2$ ): ธาตุฮาโลเจน (Halogen)

|                         |
|-------------------------|
| <b>F</b><br>Fluorine    |
| <b>Cl</b><br>Chlorine   |
| <b>Br</b><br>Bromine    |
| <b>I</b><br>Iodine      |
| <b>At*</b><br>Astatine  |
| <b>Ts</b><br>Tennessine |

- มีสมบัติเป็นอโลหะ และปรากฏในรูปโมเลกุล  $X_2$  เสมอ
- มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามาก และจะไม่พบในรูปของธาตุอิสระเลย จะปรากฏในรูปสารประกอบมากกว่า
- At เป็นสารกัมมันตรังสี
- มีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอน 1 ตัว เกิดเป็น เฮไลด์ (halide,  $X^-$ ) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโลหะหมู่ 1A และ 2A เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก เช่น NaCl, KBr และ  $MgCl_2$  เป็นต้น

# ธาตุหมู่ 7A ( $ns^2np^5$ , $n \geq 2$ ): ธาตุฮาโลเจน (Halogen)

|            |
|------------|
| F          |
| Fluorine   |
| Cl         |
| Chlorine   |
| Br         |
| Bromine    |
| I          |
| Iodine     |
| At*        |
| Astatine   |
| Ts         |
| Tennessine |

| ธาตุ                        | F          | Cl        | Br     | I        |
|-----------------------------|------------|-----------|--------|----------|
| สี ( $X_2$ )                | เหลืองอ่อน | เขียวอ่อน | น้ำตาล | ม่วงเข้ม |
| จุดหลอมเหลว ( $^{\circ}C$ ) | - 223      | - 102     | - 7    | +114     |
| จุดเดือด ( $^{\circ}C$ )    | - 188      | - 34      | + 59   | + 185    |

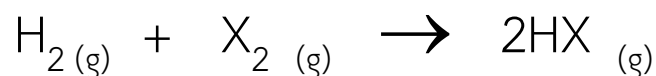


- ธาตุฮาโลเจนสามารถเกิดเป็นสารประกอบกับโลหะอื่นๆ ได้ เช่น  $\text{PCl}_5$  และ  $\text{NF}_3$
- ในหมู่เดียวกัน โมเลกุลของธาตุหมู่ 7A ที่มีขนาดเล็กกว่า จะสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮไลต์ที่มีขนาดใหญ่กว่าได้ เนื่องจากมีค่า EN น้อยกว่า

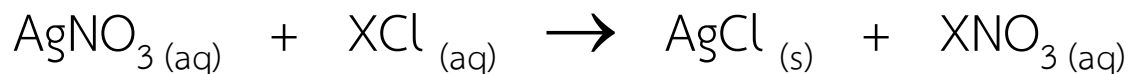
## Interhalogen



- สามารถทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนเกิดเป็นสารประกอบ “ไฮโดรเจนเฮไลต์ (hydrogen halide)” ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ โดย HF เป็นกรดอ่อน ส่วน HCl, HBr และ HI เป็นกรดแก่



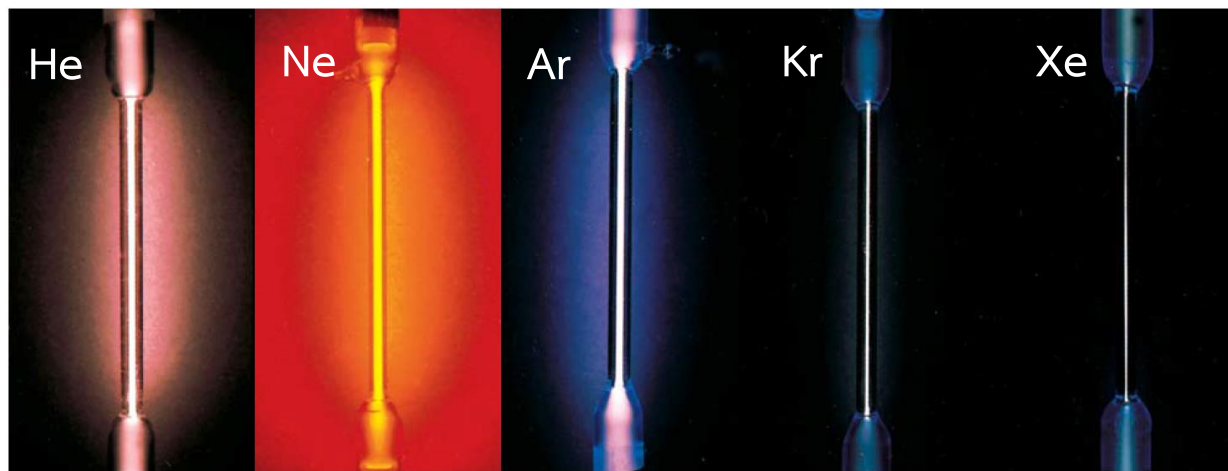
- กรณีที่มีสารประกอบที่สงสัยว่าเป็นสารประกอบคลอไรด์หรือไม่ สามารถทดสอบได้โดยเติมสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ลงไป ถ้าเป็นสารประกอบคลอไรด์จะได้ตะกอนสีขาวขุ่นของซิลเวอร์คลอไรด์ ( $\text{AgCl}$ )



# ธาตุหมู่ 8A ( $ns^2np^6$ , $n \geq 2$ ): แก๊สมีตระกูล (Noble gas)

|                 |
|-----------------|
| He<br>Helium    |
| Ne<br>Neon      |
| Ar<br>Argon     |
| Kr<br>Krypton   |
| Xe<br>Xenon     |
| Rn<br>Radon     |
| Og<br>Oganesson |

- มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิและความดันปกติ โดย 1 โมเลกุลจะมีเพียง 1 อะตอม (monoatomic gas) ซึ่งทุกชนิดไม่มีสี ไม่มีกลิ่น
- ไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ “แก๊สเฉื่อย (inert gas)”
- Xe, Kr และ Rn สามารถทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบได้ เช่น  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{XeO}_3$ ,  $\text{XeO}_4$ ,  $\text{XeOF}_4$ ,  $\text{KrF}_2$  และ  $\text{HArF}$





# 4. ธาตุทรานซิชัน

ธาตุทรานซิชัน (transition element) คือ ธาตุหรือไอออนที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนวงนอกสุดใน  $d$ -orbital โดยที่อิเล็กตรอนจำนวนนั้นต้องไม่เต็มใน  $d$ -orbital

|                                              | 3<br>3B    | 4<br>4B   | 5<br>5B   | 6<br>6B   | 7<br>7B   | 8         | 9<br>8B   | 10        | 11<br>1B  | 12<br>2B  |
|----------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 <sup>st</sup> row transition elements (3d) | 21<br>Sc   | 22<br>Ti  | 23<br>V   | 24<br>Cr  | 25<br>Mn  | 26<br>Fe  | 27<br>Co  | 28<br>Ni  | 29<br>Cu  | 30<br>Zn  |
| 2 <sup>nd</sup> row transition elements (4d) | 39<br>Y    | 40<br>Zr  | 41<br>Nb  | 42<br>Mo  | 43<br>Tc  | 44<br>Ru  | 45<br>Rh  | 46<br>Pd  | 47<br>Ag  | 48<br>Cd  |
| 3 <sup>rd</sup> row transition elements (5d) | 57-<br>71  | 72<br>Hf  | 73<br>Ta  | 74<br>W   | 75<br>Re  | 76<br>Os  | 77<br>Ir  | 78<br>Pt  | 79<br>Au  | 80<br>Hg  |
| 4 <sup>th</sup> row transition elements (6d) | 89-<br>103 | 104<br>Rf | 105<br>Db | 106<br>Sg | 107<br>Bh | 108<br>Hs | 109<br>Mt | 110<br>Ds | 111<br>Rg | 112<br>Cn |

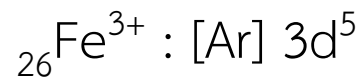
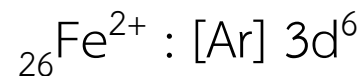
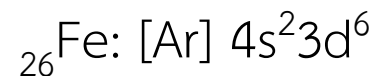
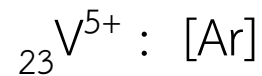
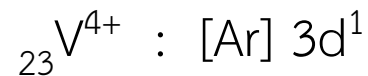
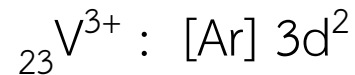
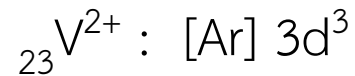
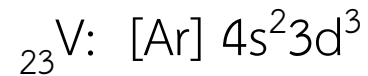
## Inner transition

|            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Lanthanide | 57<br>La | 58<br>Ce | 59<br>Pr | 60<br>Nd | 61<br>Pm | 62<br>Sm | 63<br>Eu | 64<br>Gd | 65<br>Tb | 66<br>Dy | 67<br>Ho | 68<br>Er  | 69<br>Tm  | 70<br>Yb  | 71<br>Lu  |
| Actinide   | 89<br>Ac | 90<br>Th | 91<br>Pa | 92<br>U  | 93<br>Np | 94<br>Pu | 95<br>Am | 96<br>Cm | 97<br>Bk | 98<br>Cf | 99<br>Es | 100<br>Fm | 101<br>Md | 102<br>No | 103<br>Lr |

# การจัดเรียงอิเล็กตรอน (Electron configuration)

|           |                  |                                                                              |                                |
|-----------|------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Scandium  | $_{21}\text{Sc}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^1$       |                                |
| Titanium  | $_{22}\text{Ti}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^2$       |                                |
| Vanadium  | $_{23}\text{V}$  | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^3$       |                                |
| Chromium  | $_{24}\text{Cr}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^1 3d^5$       | การบรรจุแบบครึ่ง (half-filled) |
| Manganese | $_{25}\text{Mn}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^5$       |                                |
| Iron      | $_{26}\text{Fe}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^6$       |                                |
| Cobalt    | $_{27}\text{Co}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^7$       |                                |
| Nickel    | $_{28}\text{Ni}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^8$       |                                |
| Copper    | $_{29}\text{Cu}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10} \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$ | การบรรจุแบบเต็ม (full-filled)  |
| Zinc      | $_{30}\text{Zn}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^{10}$ |                                |

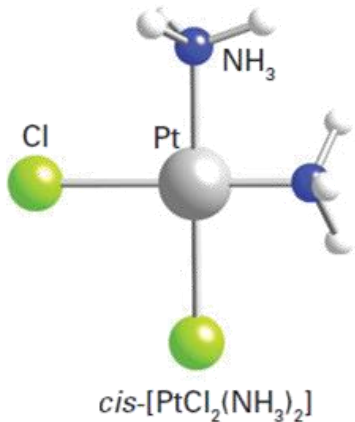
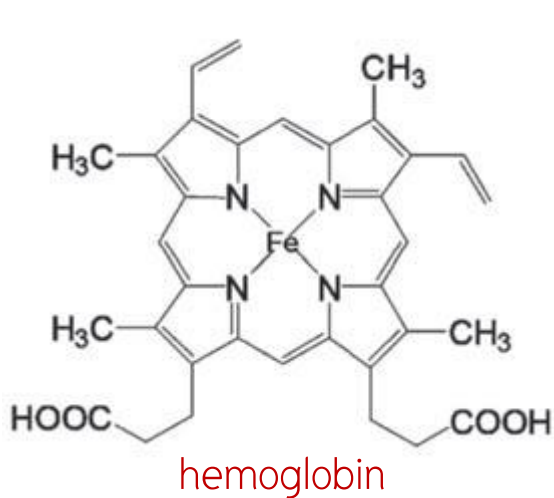
## การเกิดเป็นไอออนบวก (อะตอมสูญเสีย $e^-$ )



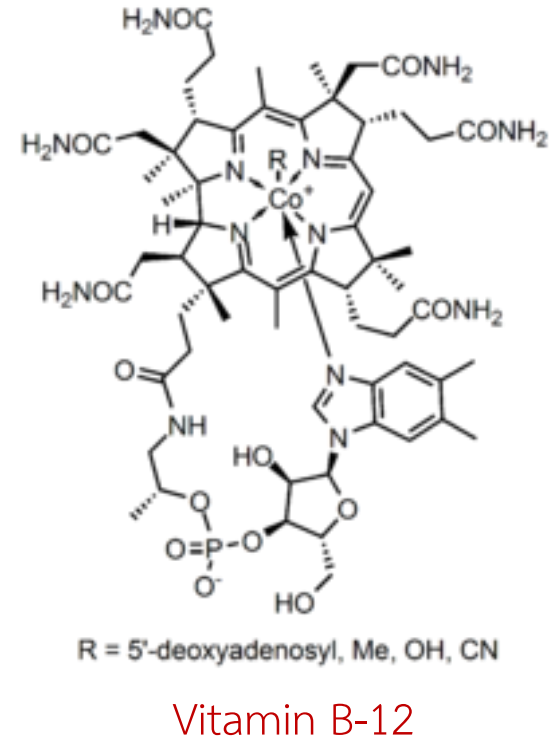
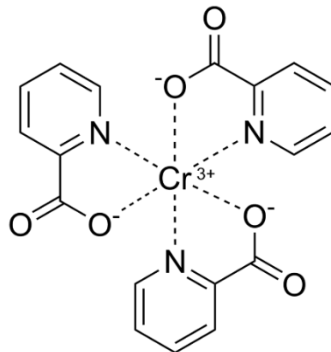
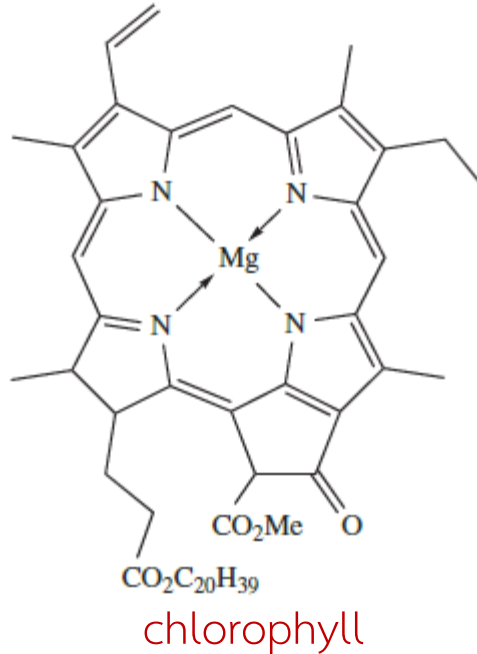
3d  $e^-$  หลุดออกทีหลัง 4s  $e^-$  เพราะ 3d orbital มีอำนาจการทะลุทะลวง (penetrate) ดีกว่า 4s orbital ทำให้ 3d  $e^-$  เข้าใกล้นิวเคลียสได้มากกว่า 4s  $e^-$

# สมบัติทั่วไปของธาตุทรานซิชัน

- ธาตุทรานซิชันที่อยู่ในหมู่เดียวกันจะมีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพคล้ายกัน
- มีแนวโน้มเกิดเป็นสารเชิงซ้อน หรือ สารประกอบโคออร์ดิเนชัน (coordination compound)



Cisplatin “chemotherapy”



- มีสมบัติการเป็นแม่เหล็ก
- ธาตุทรานซิชันมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ซึ่งจะเคลือบเป็นผิวด้านนอกของโลหะเอาไว้ ทำให้ทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับกรดได้ดีขึ้น เช่น  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  และ  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  เป็นต้น โดย Cr นิยมใช้เป็นวัสดุเคลือบผิวโลหะชนิดอื่นเพื่อป้องกันการผุกร่อนรวมทั้งการเคลือบโครเมียม (chromium plating)



- กรณี Au, Ag, Pt และ Pd จะไม่เกิดออกไซด์

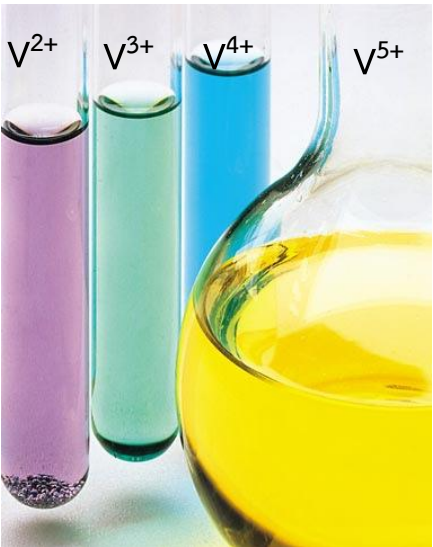
- ธาตุทรานซิชันมีความหนาแน่นสูง จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง และมีค่าความร้อนของการหลอมและการกลายเป็นไอ มากกว่าโลหะอัลคาไลน์และโลหะอัลคาไลน์เอิร์ธ เนื่องจากมีขนาดของอะตอมและไอออนเล็ก และโครงสร้างแบบจัดเรียงตัวชิดที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีลักษณะพันธะเป็นพันธะโลหะที่แข็งแรง
- ธาตุทรานซิชันมีนำไฟฟ้าและความร้อนสูง โดย Ag เป็นตัวนำที่ดีที่สุด และ Cu รองลงมา

สมบัติทางกายภาพของธาตุ K ถึง Zn

|                    | 1A   | 2A   | Transition Metals |      |      |      |      |      |      |      | 2B   |       |
|--------------------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|                    | K    | Ca   | Sc                | Ti   | V    | Cr   | Mn   | Fe   | Co   | Ni   | Cu   | Zn    |
| Atomic radius (pm) | 227  | 197  | 162               | 147  | 134  | 130  | 135  | 126  | 125  | 124  | 128  | 138   |
| Melting point (°C) | 63.7 | 838  | 1539              | 1668 | 1900 | 1875 | 1245 | 1536 | 1495 | 1453 | 1083 | 419.5 |
| Boiling point (°C) | 760  | 1440 | 2730              | 3260 | 3450 | 2665 | 2150 | 3000 | 2900 | 2730 | 2595 | 906   |
| Density (g/cm³)    | 0.86 | 1.54 | 3.0               | 4.51 | 6.1  | 7.19 | 7.43 | 7.86 | 8.9  | 8.9  | 8.96 | 7.14  |

■ มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ยกเว้นหมู่ 3B

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



- สารประกอบส่วนใหญ่มีสี (ยกเว้นหมู่ 3B) ขณะที่สารประกอบของธาตุกลุ่ม s และ p ไม่มีสี

ตัวอย่างสีของสารละลายของ  
โลหะไนเตรตบางตัว:  $M(NO_3)_x$

| ไอออนของโลหะ | สีของสารละลายในน้ำ |
|--------------|--------------------|
| $Cr^{3+}$    | น้ำเงินเข้ม        |
| $Mn^{2+}$    | ชมพูอ่อน           |
| $Fe^{2+}$    | เขียวอ่อน          |
| $Fe^{3+}$    | น้ำตาลเหลือง       |
| $Co^{2+}$    | ชมพู               |
| $Ni^{2+}$    | เขียว              |
| $Cu^{2+}$    | น้ำเงิน            |





# ตัวอย่างสารประกอบของเหล็ก



$\text{FeO}$  (สีดำ)



$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (สีเขียว)



$\text{FeCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (สีเหลือง)



$\text{FeS}$  (สีดำ)

การนำเหล็กไปใช้ประโยชน์

เหล็กกล้าชนิดต่าง ๆ

| ชนิด                 | องค์ประกอบ (% โดยมวล) |        |           |      |          |         |         |                   | การใช้งาน               |
|----------------------|-----------------------|--------|-----------|------|----------|---------|---------|-------------------|-------------------------|
|                      | C                     | Mn     | P         | S    | Si       | Ni      | Cr      | อื่นๆ             |                         |
| ธรรมดา               | 1.35                  | 1.65   | 0.04      | 0.05 | 0.06     | -       | -       | Cu<br>(0.2-0.6)   | เหล็กแผ่น<br>เครื่องมือ |
| แข็งแรง<br>พิเศษ     | 0.25                  | 1.65   | 0.04      | 0.05 | 0.15-0.9 | 0.4-1.0 | 0.3-1.3 | Cu<br>(0.01-0.08) | งานก่อสร้าง             |
| ไร้สนิม<br>(สแตนเลส) | 0.03-1.2              | 1.0-10 | 0.04-0.06 | 0.03 | 1-3      | 1-22    | 4.0-27  | -                 | เครื่องครัว<br>ใบมีดโกน |

# ตัวอย่างสารประกอบของเหล็ก



$\text{Cu}_2\text{O}$  (สีแดง)



$\text{CuO}$  (สีดำ)



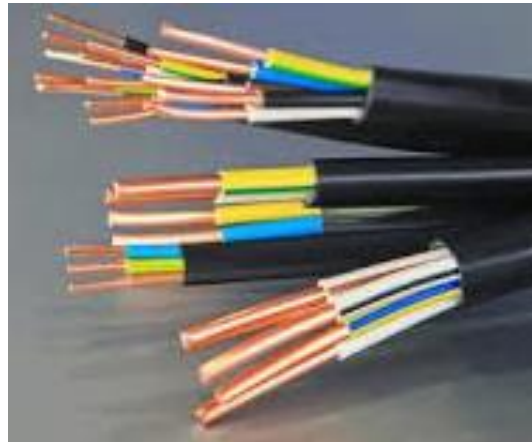
$\text{CuS}$  (สีดำ)



$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (สีฟ้า)

# การนำทองแดงไปใช้ประโยชน์

- สายไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า และเครื่องมือไฟฟ้าต่าง ๆ
- ผลิตภัณฑ์ หรือเครื่องประดับต่าง ๆ
- โลหะผสม (อัลลอย) และใช้เคลือบผิวของโลหะ



โลหะเงินตรา (Coinage metal)

ธาตุตระกูลทองแดง

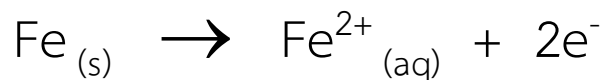
Cu (ทองแดง)

Ag (เงิน)

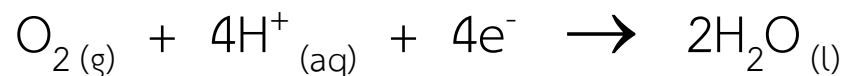
ทองคำ (Au)

## ■ ปฏิกริยาของเหล็ก

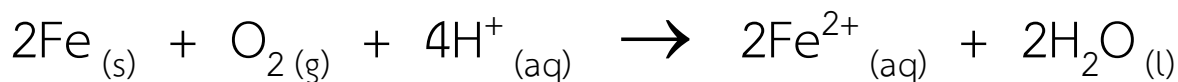
การเกิดสนิมเหล็ก ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) ซึ่งมีลักษณะเป็นชั้นสีน้ำตาลที่ผิวโลหะ ปฏิกริยาการเกิดสนิมของเหล็กค่อนข้างซับซ้อน แต่เชื่อกันว่ามีขั้นตอนหลักคือการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ผิวโลหะในสถานะที่มีแก๊สออกซิเจนและน้ำหรือความชื้นในอากาศ ดังนี้



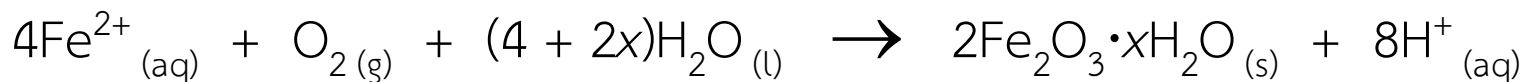
อิเล็กตรอนที่เหล็กให้ออกมาจะรีดิวซ์แก๊สออกซิเจนในบรรยากาศ ดังสมการ



ปฏิกิริยารีดอกซ์รวม คือ



กรด ( $\text{H}^+$ ) ในปฏิกิริยาได้จากปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{CO}_2$  ในบรรยากาศกับน้ำ จากนั้น  $\text{Fe}^{2+}$  จะถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนเกิดเป็นเหล็ก(III) ออกไซด์ที่มีน้ำผลึกไม่คงที่ เรียกว่า สนิม ดังสมการ

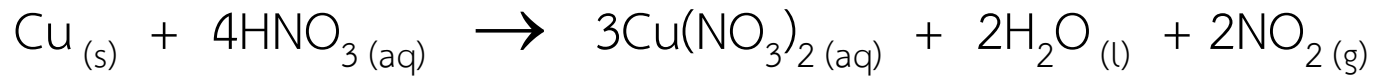


## การป้องกันการเกิดสนิมหรือป้องกันเหล็กจากการผุกร่อน

- ใช้สีเคลือบผิวโลหะ
- ผสมเหล็กกับโลหะชนิดอื่นเป็นโลหะผสม เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นโลหะผสมของเหล็กกับโครเมียมซึ่งจะทำให้เกิดชั้นโครเมียมออกไซด์เคลือบผิวป้องกันการกัดกร่อน หรืออาจเคลือบเหล็กด้วยชั้นของโลหะอีกชนิด เช่น Sn (ดีบุก) และ สังกะสี (Zn) เป็นต้น

## ปฏิกิริยาของทองแดง

- ทองแดงจะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกและกรดไนตริกเข้มข้นที่ร้อนเท่านั้น ทำให้เกิดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) ซึ่งเป็นแก๊สพิษสีน้ำตาลเหลือง มีกลิ่นฉุนทำให้หายใจไม่ออก ดังสมการ



- ทองแดงในสารประกอบส่วนใหญ่มีเลขออกซิเดชัน +1 และ +2 โดย  $\text{Cu}^+$  จะมีความเสถียรน้อยกว่าและเมื่ออยู่ในสารละลายสามารถเกิดปฏิกิริยาดิสพรอพอร์ชันเนชัน (Disproportionation) เป็นโลหะทองแดง และ  $\text{Cu}^{2+}$  ได้ ดังสมการ

