

## บทที่ 2

# ตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติตามตารางธาตุ

- วิวัฒนาการของตารางธาตุ
- ตารางธาตุปัจจุบัน
- แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

ผศ.ดร. เพชรลดา กันทาดี

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<http://www.chemistry.mju.ac.th>

## Dobereiner's Law of Triads

เป็นคนแรกที่พยายามจัดกลุ่มธาตุ

[illegible]

Li = 7  
Na = 23  
K = 39

Ca = 40  
Sr = 88  
Ba = 137

Cl = 35  
Br = 80  
I = 129

- 1 กลุ่มประกอบด้วยธาตุจำนวน 3 ธาตุ
- เกณฑ์ในการจัดกลุ่ม
  - เรียงธาตุตาม น้ำหนักอะตอม จากน้อยไปหามาก
  - ธาตุในกลุ่มเดียวกัน มี สมบัติคล้ายคลึงกัน
  - พบว่าในกลุ่มเดียวกัน ธาตุที่อยู่ตรงกลางมีน้ำหนักอะตอมใกล้เคียงกับน้ำหนักเฉลี่ยของธาตุอีก 2 อะตอม
- การจัดกลุ่มธาตุลักษณะนี้ เรียกว่า ธาตุกลุ่มสาม (triads)



\* ใช้ไม่ได้กับธาตุทุกกลุ่ม ทำให้ Triads ไม่เป็นที่ยอมรับในเวลาต่อมา\*

# 1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

ปี ค.ศ. 1864 John A.R. Newlands  
(จอห์น เอ อาร์ นิวแลนด์ส)



|        |    |       |        |    |        |        |
|--------|----|-------|--------|----|--------|--------|
| H      | Li | Be    | B      | C  | N      | O      |
| F      | Na | Mg    | Al     | Si | P      | S      |
| Cl     | K  | Ca    | Cr     | Ti | Mn     | Fe     |
| Co, Ni | Cu | Zn    | Y      | In | As     | Se     |
| Br     | Rb | Sr    | Ce, La | Zr | Di, Mo | Ro, Ru |
| Pd     | Ag | Cd    | U      | Sn | Sb     | I      |
| Te     | Cs | Ba, V | Ta     | W  | Nb     | Au     |
| Pt, Ir | Os | Hg    | Tl     | Pb | Bi     | Th     |

- พัฒนาการจัดกลุ่มธาตุและเสนอกฎ Law of Octaves (กฎคู่แปด)
- จัดเรียงธาตุตาม น้ำหนักอะตอม จากน้อยไปหามาก
- พบว่า ธาตุจะมีสมบัติทางเคมีและกายภาพใกล้เคียงกันทุกๆ 8 ธาตุตามการจัดเรียง  
เช่น ธาตุตัวที่ 8 จะมีสมบัติใกล้เคียงกับธาตุตัวแรก (Na คล้ายกับ Li),  
ธาตุตัวที่ 9 จะคล้ายกับตัวที่ 2 (Mg คล้ายกับ Be) และเป็นเช่นนี้ไปตามลำดับ)
- การจัดเรียงกฎคู่แปดจะไม่นับธาตุไฮโดรเจน และก๊าซมีตระกูลซึ่งขณะนั้นยังไม่พบ  
\*ลักษณะดังกล่าวเป็นของธาตุ 17 ธาตุแรกเท่านั้น (ถึงธาตุแคลเซียม, Ca) จึงไม่เป็นที่ยอมรับ\*

# 1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

ปี ค.ศ. 1869-1871 Julius Lothar Meyer และ Dimitri Irvanovich Mendeleev  
(จูเลีย โลเธอร์ ไมเออร์ และ ดิมิทรี อีวานโนวิช เมนเดลีฟ)



Mendeleev

- พบกฎ “Periodic Law” และใกล้เคียงตารางธาตุปัจจุบันมากขึ้น
- จัดเรียงธาตุตาม น้ำหนักอะตอม จากน้อยไปหามาก
- Mendeleev เสนอตารางธาตุ ค.ศ.1869 ก่อน Meyer (ค.ศ.1870)
- ค.ศ.1871 Mendeleev เสนอตารางธาตุที่ปรับปรุงใหม่ ต่อมาได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมี (ค.ศ.1906)
- จัดเรียงธาตุตามสมบัติที่คล้ายคลึงกันเป็นช่วงๆ
  - Mendeleev จัดกลุ่มธาตุตามสมบัติทางเคมี ที่ใกล้เคียงกัน
  - Meyer จัดกลุ่มธาตุตามสมบัติทางกายภาพ ที่ใกล้เคียงกัน



Meyer

# 1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

Mendeleev's Periodic Table of 1869<sup>1</sup>

|         |           |             |  |              |             |             |
|---------|-----------|-------------|--|--------------|-------------|-------------|
|         |           |             |  | Ti<br>50     | Zr<br>90    | ?<br>100    |
|         |           |             |  | V<br>51      | Nb<br>94    | Ta<br>182   |
|         |           |             |  | Cr<br>52     | Mo<br>96    | W<br>186    |
|         |           |             |  | Mn<br>55     | Rh<br>104.4 | Pt<br>197.4 |
|         |           |             |  | Fe<br>56     | Ru<br>104.4 | Ir<br>198   |
|         |           |             |  | Ni, Co<br>59 | Pd<br>106.6 | Os<br>199   |
|         |           |             |  | Cu<br>63.4   | Ag<br>108   | Hg<br>200   |
| H<br>1  |           |             |  | Zn<br>65.2   | Cd<br>112   | Au<br>197?  |
|         | Be<br>9.4 | Mg<br>24    |  | ?<br>68      | U<br>116    |             |
|         | B<br>11   | Al<br>27.4  |  | ?<br>70      | Sn<br>118   |             |
|         | C<br>12   | Si<br>28    |  | As<br>75     | Sb<br>122   | Bi<br>210?  |
|         | N<br>14   | P<br>31     |  | Se<br>79.4   | Te<br>128?  |             |
|         | O<br>16   | S<br>32     |  | Br<br>80     | I<br>127    |             |
|         | F<br>19   | Cl<br>35.5  |  | Rb<br>85.4   | Cs<br>133   | Tl<br>204   |
| Li<br>7 | Na<br>23  | K<br>39     |  | Sr<br>87.6   | Ba<br>137   | Pb<br>207   |
|         |           | Ca<br>40    |  | ?<br>45      | Ce<br>92    |             |
|         |           | Er?<br>56   |  | La<br>94     |             |             |
|         |           | Yt?<br>60   |  | Di<br>95     |             |             |
|         |           | In<br>75.6? |  | Th<br>118?   |             |             |

ตารางธาตุที่เสนอในปี 1869

- จัดเรียงธาตุที่มีสมบัติคล้ายกันให้อยู่ในแนวนอนที่ตรงกัน

ข้อด้อย เช่น

จัดเรียงธาตุ Hg ก่อน Au  
จัดเรียงธาตุ Te ก่อน I  
ทั้งๆ ที่มวลอะตอมมากกว่า

ข้อดี สามารถทำนายสมบัติของธาตุที่ยังไม่ค้นพบได้อย่างใกล้เคียงตัวอย่างเช่น

- ธาตุ Eka-Aluminium  
ปัจจุบัน คือ ธาตุ Ga
- ธาตุ Eka-Silicon  
ปัจจุบัน คือ ธาตุ Ge

# 1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

คำทำนายของ Dmitri Mendeleev (1869)

ตารางธาตุของ Mendeleev มีธาตุที่รู้จักแล้วเพียง 66 ตัว

|                  | Eka-Aluminum (Ea)              | Gallium (Ga)                   |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Atomic mass      | 68 amu                         | 69.9 amu                       |
| Melting point    | Low                            | 30.15 °C                       |
| Density          | 5.9 g/cm <sup>3</sup>          | 5.94 g/cm <sup>3</sup>         |
| Formula of oxide | Ea <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |

# 1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

Mendeleev's Periodic Table of 1871<sup>1</sup>

|    | I<br>---<br>R <sub>2</sub> O | II<br>---<br>RO | III<br>---<br>R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | IV<br>RH <sub>4</sub><br>RO <sub>2</sub> | V<br>RH <sub>3</sub><br>R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | VI<br>RH <sub>2</sub><br>RO <sub>3</sub> | VII<br>RH<br>R <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | VIII<br>---<br>RO <sub>4</sub>          |
|----|------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1  | H<br>1                       |                 |                                             |                                          |                                                       |                                          |                                            |                                         |
| 2  | Li<br>7                      | Be<br>9.4       | B<br>11                                     | C<br>12                                  | N<br>14                                               | O<br>16                                  | F<br>19                                    |                                         |
| 3  | Na<br>23                     | Mg<br>24        | Al<br>27.3                                  | Si<br>28                                 | P<br>31                                               | S<br>32                                  | Cl<br>35.5                                 |                                         |
| 4  | K<br>39                      | Ca<br>40        | ?<br>44                                     | Ti<br>48                                 | V<br>51                                               | Cr<br>52                                 | Mn<br>55                                   | Fe, Co, Ni, Cu<br>56, 59, 59, 63        |
| 5  | Cu<br>63                     | Zn<br>65        | ?<br>68                                     | ?<br>72                                  | As<br>75                                              | Se<br>78                                 | Br<br>80                                   |                                         |
| 6  | Rb<br>85                     | Sr<br>87        | ? Yt<br>88                                  | Zr<br>90                                 | Nb<br>94                                              | Mo<br>96                                 | ?<br>100                                   | Ru, Rh, Pd, Ag<br>104, 104, 106,<br>108 |
| 7  | Ag<br>108                    | Cd<br>112       | In<br>113                                   | Sn<br>118                                | Sb<br>122                                             | Te<br>125                                | I<br>127                                   |                                         |
| 8  | Cs<br>133                    | Ba<br>137       | ? Di<br>138                                 | ? Ce<br>140                              | ?<br>?                                                | ?<br>?                                   | ?<br>?                                     | ?, ?, ?, ?                              |
| 9  | ?<br>?                       | ?<br>?          | ?<br>?                                      | ?<br>?                                   | ?<br>?                                                | ?<br>?                                   | ?<br>?                                     |                                         |
| 10 | ?<br>?                       | ?<br>?          | ? Er<br>178                                 | ?? La<br>180                             | Ta<br>182                                             | W<br>184                                 | ?<br>?                                     | Os, Ir, Pt, Au<br>195, 197, 198,<br>199 |
| 11 | Au<br>199                    | Hg<br>200       | Tl<br>204                                   | Pb<br>207                                | Bi<br>208                                             | ?<br>?                                   | ?<br>?                                     |                                         |
| 12 | ?<br>?                       | ?<br>?          | ?<br>?                                      | Th<br>231                                | ?<br>?                                                | U<br>240                                 | ?<br>?                                     |                                         |

Mendeleev ปรับปรุง  
ตารางธาตุใหม่ และเสนอ  
ในปี 1871

- จัดเรียงธาตุที่มีสมบัติ  
คล้ายกันให้อยู่ใน  
แนวตั้งที่ตรงกัน
- เป็นรากฐานในการ  
สร้างตารางธาตุ  
ปัจจุบัน

# 1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

ปี ค.ศ. 1895-1900 Lord Rayleigh และ William Ramsey  
(ลอร์ด เรย์เลห์ และ วิลเลียม แรมเซย์)

- พบธาตุที่เป็นแก๊สเฉื่อย (Inert gas) และได้เพิ่มเติมลงในตารางธาตุ
- จัดเรียงธาตุตาม น้ำหนักอะตอม จากน้อยไปหามาก
- พบว่าธาตุอาร์กอน (Ar) ซึ่งมีน้ำหนักอะตอม 39.9 ต้องจัดเรียงก่อนธาตุโพแทสเซียม (K) ที่มีน้ำหนักอะตอม 39.1 เพื่อให้ Ar อยู่กลุ่มเดียวกับแก๊สเฉื่อยอื่นๆ ได้

ทั้งสองได้รับรางวัลโนเบล ในปี ค.ศ.1904





# 1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

ปี ค.ศ. 1913 Henry G.J. Moseley  
(เฮนรี จี เจ มอสเลย์)



- ศึกษาเกี่ยวกับเลขอะตอม ( $Z$ ) ของธาตุ
- พบว่า “สมบัติต่างๆ ของธาตุจะเปลี่ยนไปตามเลขอะตอม”  
ทำให้ “Periodic Law” เปลี่ยนไปจากของ Mendeleev
- ดังนั้นจึงเสนอการจัดเรียงธาตุตาม เลขอะตอม จากน้อยไปหามาก

ตารางธาตุปัจจุบันจัดเรียงธาตุตาม เลขอะตอม เหมือนของ Moseley

เนื่องจากสามารถแก้ไขข้อบกพร่องสำหรับตารางธาตุของ Mendeleev และ Meyer ได้  
ทำให้ตารางธาตุสมบูรณ์ขึ้น

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

- ปัจจุบันพบว่าสมบัติต่างๆ ทางกายภาพและทางเคมีของธาตุ จะสัมพันธ์กับ การจัดเรียงอิเล็กตรอน ในอะตอมของธาตุนั้น ทำให้ตารางธาตุสมบูรณ์ขึ้นและช่วยในการทำนายสมบัติของธาตุได้เป็นอย่างดี

Periodic Law กล่าวว่า “เมื่อนำธาตุมาเรียงลำดับเป็นหมวดหมู่จากเลขอะตอมน้อยไปหามาก สมบัติทางกายภาพและเคมีจะแปรผันไปและคล้ายคลึงกันเป็นช่วงๆ

- ลักษณะของตารางธาตุปัจจุบัน
  - การจัดเรียงตามแนวนอน เรียกว่า คาบ (Period) มีจำนวน 7 คาบในตารางธาตุหลัก และ 2 คาบที่แยกออกมาคือ อนุกรมแลนทาไนด์ (Lanthanides) และ อนุกรมแอกทิไนด์ (Actinides)
  - การจัดเรียงตามแนวตั้ง เรียกว่า หมู่ (Group) มีจำนวน 16 หมู่ (18 คอลัมน์) ประกอบด้วย หมู่ A จำนวน 8 หมู่ คือ หมู่ IA – VIIIA (หมู่ VIIIA บางครั้งเรียกว่า หมู่ O) หมู่ B จำนวน 8 หมู่ คือ หมู่ IIIB – IIB (หมู่ VIIIB ประกอบด้วย 3 แนวตั้งที่ติดกัน)

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

ปี ค.ศ. 2016 สหภาพเคมีบริสุทธิ์และเคมีประยุกต์ระหว่างประเทศ (IUPAC) ยืนยันการค้นพบ 4 ธาตุสังเคราะห์เลขอะตอม 113, 115, 117 และ 118

- หน่วยงานที่ค้นพบจะได้รับสิทธิ์เสนอชื่อธาตุที่ค้นพบใหม่นี้
- ธาตุที่ 113 ถูกค้นพบโดยสถาบันวิจัย RIKEN ในญี่ปุ่น เป็นธาตุแรกที่ถูกค้นพบและตั้งชื่อโดยคนเอเชีย ส่วนอีกสามธาตุที่เหลือเป็นการค้นพบร่วมของศูนย์วิจัยในอเมริกาและรัสเซีย
- ตารางธาตุคาบที่ 7 จึงมีธาตุครบทั้งแถวแล้ว
  - เลขอะตอม 113 = Nihonium (Nh)
  - เลขอะตอม 115 = Moscovium (Mc)
  - เลขอะตอม 117 = Tennessine (Ts)
  - เลขอะตอม 118 = Oganesson (Og)

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

โลหะอัลคาไล

ก๊าซเฉื่อย

หมู่

1A

โลหะอัลคาไลน์เอิร์ท

2A

ฮาโลเจน

8A

คาบ 1

2

3

4

5

6

7

ธาตุทรานซิชัน

|                                                        |                                                            |                                       |                                           |                                       |                                        |                                        |                                           |                                      |                                        |                                        |                                      |                                                           |                                                          |                                                         |                                                          |                                                          |                                    |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1<br><b>H</b><br>hydrogen<br>1.008<br>[1.0078, 1.0082] | 2<br><b>He</b><br>helium<br>4.0026                         |                                       |                                           |                                       |                                        |                                        |                                           |                                      |                                        |                                        |                                      | 3<br><b>B</b><br>boron<br>10.81<br>[10.806, 10.821]       | 4<br><b>C</b><br>carbon<br>12.011<br>[12.009, 12.012]    | 5<br><b>N</b><br>nitrogen<br>14.007<br>[14.006, 14.008] | 6<br><b>O</b><br>oxygen<br>15.999<br>[15.999, 16.000]    | 7<br><b>F</b><br>fluorine<br>18.998                      | 8<br><b>Ne</b><br>neon<br>20.180   |
| 3<br><b>Li</b><br>lithium<br>6.94<br>[6.938, 6.997]    | 4<br><b>Be</b><br>beryllium<br>9.0122                      | ธาตุทรานซิชัน                         |                                           |                                       |                                        |                                        |                                           |                                      |                                        |                                        |                                      | 13<br><b>Al</b><br>aluminium<br>26.982                    | 14<br><b>Si</b><br>silicon<br>28.085<br>[28.084, 28.086] | 15<br><b>P</b><br>phosphorus<br>30.974                  | 16<br><b>S</b><br>sulfur<br>32.06<br>[32.059, 32.076]    | 17<br><b>Cl</b><br>chlorine<br>35.45<br>[35.446, 35.457] | 18<br><b>Ar</b><br>argon<br>39.948 |
| 11<br><b>Na</b><br>sodium<br>22.990                    | 12<br><b>Mg</b><br>magnesium<br>24.305<br>[24.304, 24.307] | 3B                                    | 4B                                        | 5B                                    | 6B                                     | 7B                                     | 8B                                        |                                      | 1B                                     | 2B                                     | 31<br><b>Ga</b><br>gallium<br>69.723 | 32<br><b>Ge</b><br>germanium<br>72.630(8)                 | 33<br><b>As</b><br>arsenic<br>74.922                     | 34<br><b>Se</b><br>selenium<br>78.971(8)                | 35<br><b>Br</b><br>bromine<br>79.904<br>[79.901, 79.907] | 36<br><b>Kr</b><br>krypton<br>83.798(2)                  |                                    |
| 19<br><b>K</b><br>potassium<br>39.098                  | 20<br><b>Ca</b><br>calcium<br>40.078(4)                    | 21<br><b>Sc</b><br>scandium<br>44.956 | 22<br><b>Ti</b><br>titanium<br>47.867     | 23<br><b>V</b><br>vanadium<br>50.942  | 24<br><b>Cr</b><br>chromium<br>51.996  | 25<br><b>Mn</b><br>manganese<br>54.938 | 26<br><b>Fe</b><br>iron<br>55.845(2)      | 27<br><b>Co</b><br>cobalt<br>58.933  | 28<br><b>Ni</b><br>nickel<br>58.693    | 29<br><b>Cu</b><br>copper<br>63.546(3) | 30<br><b>Zn</b><br>zinc<br>65.38(2)  | 49<br><b>In</b><br>indium<br>114.82                       | 50<br><b>Sn</b><br>tin<br>118.71                         | 51<br><b>Sb</b><br>antimony<br>121.76                   | 52<br><b>Te</b><br>tellurium<br>127.60(3)                | 53<br><b>I</b><br>iodine<br>126.90                       | 54<br><b>Xe</b><br>xenon<br>131.29 |
| 37<br><b>Rb</b><br>rubidium<br>85.468                  | 38<br><b>Sr</b><br>strontium<br>87.62                      | 39<br><b>Y</b><br>yttrium<br>88.906   | 40<br><b>Zr</b><br>zirconium<br>91.224(2) | 41<br><b>Nb</b><br>niobium<br>92.906  | 42<br><b>Mo</b><br>molybdenum<br>95.95 | 43<br><b>Tc</b><br>technetium          | 44<br><b>Ru</b><br>ruthenium<br>101.07(2) | 45<br><b>Rh</b><br>rhodium<br>102.91 | 46<br><b>Pd</b><br>palladium<br>106.42 | 47<br><b>Ag</b><br>silver<br>107.87    | 48<br><b>Cd</b><br>cadmium<br>112.41 | 81<br><b>Tl</b><br>thallium<br>204.38<br>[204.38, 204.39] | 82<br><b>Pb</b><br>lead<br>207.2                         | 83<br><b>Bi</b><br>bismuth<br>208.98                    | 84<br><b>Po</b><br>polonium                              | 85<br><b>At</b><br>astatine                              | 86<br><b>Rn</b><br>radon           |
| 55<br><b>Cs</b><br>caesium<br>132.91                   | 56<br><b>Ba</b><br>barium<br>137.33                        | 57-71<br>lanthanoids                  | 72<br><b>Hf</b><br>hafnium<br>178.49(2)   | 73<br><b>Ta</b><br>tantalum<br>180.95 | 74<br><b>W</b><br>tungsten<br>183.84   | 75<br><b>Re</b><br>rhenium<br>186.21   | 76<br><b>Os</b><br>osmium<br>190.23(3)    | 77<br><b>Ir</b><br>iridium<br>192.22 | 78<br><b>Pt</b><br>platinum<br>195.08  | 79<br><b>Au</b><br>gold<br>196.97      | 80<br><b>Hg</b><br>mercury<br>200.59 | 113<br><b>Nh</b><br>nihonium                              | 114<br><b>Fl</b><br>flerovium                            | 115<br><b>Mc</b><br>moscovium                           | 116<br><b>Lv</b><br>livermorium                          | 117<br><b>Ts</b><br>tennessine                           | 118<br><b>Og</b><br>oganesson      |
| 87<br><b>Fr</b><br>francium                            | 88<br><b>Ra</b><br>radium                                  | 89-103<br>actinoids                   | 104<br><b>Rf</b><br>rutherfordium         | 105<br><b>Db</b><br>dubnium           | 106<br><b>Sg</b><br>seaborgium         | 107<br><b>Bh</b><br>bohrium            | 108<br><b>Hs</b><br>hassium               | 109<br><b>Mt</b><br>meitnerium       | 110<br><b>Ds</b><br>darmstadtium       | 111<br><b>Rg</b><br>roentgenium        | 112<br><b>Cn</b><br>copernicium      |                                                           |                                                          |                                                         |                                                          |                                                          |                                    |

แลนทาไนด์

|                                        |                                      |                                           |                                        |                               |                                          |                                       |                                            |                                      |                                         |                                      |                                     |                                      |                                        |                                       |
|----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 57<br><b>La</b><br>lanthanum<br>138.91 | 58<br><b>Ce</b><br>cerium<br>140.12  | 59<br><b>Pr</b><br>praseodymium<br>140.91 | 60<br><b>Nd</b><br>neodymium<br>144.24 | 61<br><b>Pm</b><br>promethium | 62<br><b>Sm</b><br>samarium<br>150.36(2) | 63<br><b>Eu</b><br>europium<br>151.96 | 64<br><b>Gd</b><br>gadolinium<br>157.25(3) | 65<br><b>Tb</b><br>terbium<br>158.93 | 66<br><b>Dy</b><br>dysprosium<br>162.50 | 67<br><b>Ho</b><br>holmium<br>164.93 | 68<br><b>Er</b><br>erbium<br>167.26 | 69<br><b>Tm</b><br>thulium<br>168.93 | 70<br><b>Yb</b><br>ytterbium<br>173.05 | 71<br><b>Lu</b><br>lutetium<br>174.97 |
| 89<br><b>Ac</b><br>actinium            | 90<br><b>Th</b><br>thorium<br>232.04 | 91<br><b>Pa</b><br>protactinium<br>231.04 | 92<br><b>U</b><br>uranium<br>238.03    | 93<br><b>Np</b><br>neptunium  | 94<br><b>Pu</b><br>plutonium             | 95<br><b>Am</b><br>americium          | 96<br><b>Cm</b><br>curium                  | 97<br><b>Bk</b><br>berkelium         | 98<br><b>Cf</b><br>californium          | 99<br><b>Es</b><br>einsteinium       | 100<br><b>Fm</b><br>fermium         | 101<br><b>Md</b><br>mendelevium      | 102<br><b>No</b><br>nobelium           | 103<br><b>Lr</b><br>lawrencium        |

ธาตุที่พบใหม่ล่าสุด

เลขอะตอม 113 = Nihonium (Nh) เลขอะตอม 115 = Moscovium (Mc)  
เลขอะตอม 117 = Tennessine (Ts) เลขอะตอม 118 = Oganesson (Og)

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

### • การจัดเรียงธาตุตามคาบ (Period)

เลขคาบ ตรงกับ เลขควอนตัมหลัก (n) บอกถึง จำนวนชั้นของอิเล็กตรอนที่บรรจุ

- คาบที่ 1 มีจำนวน 2 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ H และ He (มีการบรรจุอิเล็กตรอนในชั้นที่ 1)
- คาบที่ 2 จำนวน 8 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ Li  $\rightarrow$  Ne (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 2)
- คาบที่ 3 จำนวน 8 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ Na  $\rightarrow$  Ar (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 3)
- คาบที่ 4 จำนวน 18 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ K  $\rightarrow$  Kr (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 4)
- คาบที่ 5 จำนวน 18 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ Rb  $\rightarrow$  Xe (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 5)
- คาบที่ 6 จำนวน 32 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ Cs  $\rightarrow$  Rn (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 6)

โดยธาตุที่ 57 – 71 (La – Lu) ถูกแยกออกมาเป็นอนุกรม Lanthanides

- คาบที่ 7 จำนวน 32 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ Cs  $\rightarrow$  Rn (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 7)

โดยธาตุที่ 89 – 103 (Ac – Lr) ถูกแยกออกมาเป็นอนุกรม Actinides

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

### • การจัดเรียงธาตุตามหมู่ (Group)

ธาตุในหมู่เดียวกัน จะมี จำนวน valence electron เท่ากัน จึงมีสมบัติทางเคมีคล้ายกัน

■ ธาตุหมู่ A เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Representative Elements ได้แก่

- หมู่ IA เรียกว่า โลหะอัลคาไล (Alkali Metals) มีการจัดเรียง valence e<sup>-</sup> เป็น **ns<sup>1</sup>**



- หมู่ IIA เรียกว่า โลหะอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline earth Metals)

มีการจัดเรียง valence e<sup>-</sup> เป็น **ns<sup>2</sup>**



\*\*\* ดังนั้น จึงจัดหมู่ IA และ IIA เป็น ธาตุกลุ่ม s (s-block elements) \*\*\*

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

- หมู่ IIIA มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 np^1$  (จำนวน valence  $e^- = 3 e^-$ )  
เช่น B =  $1s^2 2s^2 2p^1$  Al =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
- หมู่ IVA มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 np^2$  (จำนวน valence  $e^- = 4 e^-$ )  
เช่น C =  $1s^2 2s^2 2p^2$  Si =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
- หมู่ VA มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 np^3$  (จำนวน valence  $e^- = 5 e^-$ )  
เช่น N =  $1s^2 2s^2 2p^3$  P =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
- หมู่ VIA เรียกว่า ธาตุซัลโคเจน (Chalcogens) มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 np^4$   
(จำนวน valence  $e^- = 6 e^-$ ) เช่น O =  $1s^2 2s^2 2p^4$  S =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
- หมู่ VIIA เรียกว่า ธาตุฮาโลเจน (Halogens) มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 np^5$   
(จำนวน valence  $e^- = 7 e^-$ ) เช่น F =  $1s^2 2s^2 2p^5$  Cl =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- หมู่ VIIIA หรือ หมู่ O เรียกว่า ก๊าซเฉื่อย (Inert Gas), ก๊าซมีตระกูล (Noble Gas) หรือ ก๊าซหายาก (Rare Gas) มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 np^6$  (จำนวน valence  $e^- = 8 e^-$ )  
เช่น Ne =  $1s^2 2s^2 2p^6$  Ar =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

↓  
เสถียรและเฉื่อย

ต่อปฏิกิริยา

\*\*\* ดังนั้น จึงจัดหมู่ IIIA - VIIIA เป็น ธาตุกลุ่ม p (p-block elements) \*\*\*

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

### ■ ธาตุหมู่ B เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Transition Elements ได้แก่

- หมู่ IIIB มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 (n-1)d^1$       เช่น Sc = [Ar]  $4s^2 3d^1$
- หมู่ IVB มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 (n-1)d^2$       เช่น Ti = [Ar]  $4s^2 3d^2$
- หมู่ VB มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 (n-1)d^3$       เช่น V = [Ar]  $4s^2 3d^3$
- หมู่ VIB มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^1 (n-1)d^5$       เช่น Cr = [Ar]  $4s^1 3d^5$  half-filled
- หมู่ VIIB มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 (n-1)d^5$       เช่น Mn = [Ar]  $4s^2 3d^5$
- หมู่ IIIB มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 (n-1)d^6$       เช่น Fe = [Ar]  $4s^2 3d^6$   
 $ns^2 (n-1)d^7$       เช่น Co = [Ar]  $4s^2 3d^7$   
 $ns^2 (n-1)d^8$       เช่น Ni = [Ar]  $4s^2 3d^8$
- หมู่ IB มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^1 (n-1)d^{10}$       เช่น Cu = [Ar]  $4s^1 3d^{10}$  full-filled
- หมู่ IIB มีการจัดเรียง valence  $e^-$  เป็น  $ns^2 (n-1)d^{10}$       เช่น Zn = [Ar]  $4s^2 3d^{10}$

↓  
มักไม่จัดเป็น  
ธาตุทรานซิชัน

\*\*\* ธาตุหมู่ B จัดเป็น ธาตุกลุ่ม d (d-block elements) \*\*\*

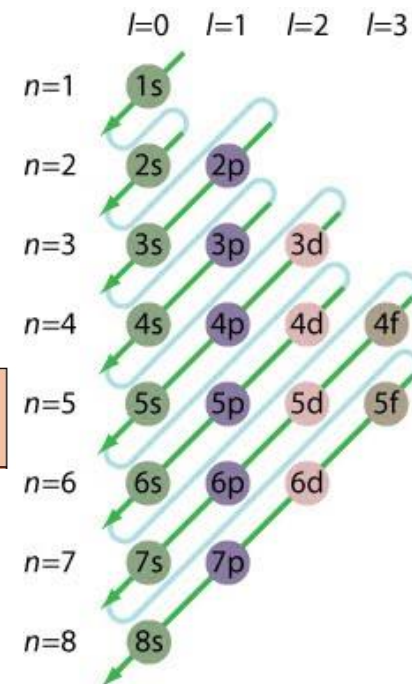


## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

### • กลุ่มธาตุแลนทาไนด์ (Lanthanides)

- เป็นธาตุในแนวนอน (ตามคาบ) มีการบรรจุอิเล็กตรอนไปจนถึง **4f-orbital**

จึงมีสมบัติต่างๆ คล้ายคลึงกันเฉพาะกลุ่ม และแตกต่างจากตารางธาตุหลัก



|                                        |                                     |                                           |                                        |                               |                                          |                                       |                                            |                                      |                                         |                                      |                                     |                                      |                                        |                                       |
|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 57<br><b>La</b><br>lanthanum<br>138.91 | 58<br><b>Ce</b><br>cerium<br>140.12 | 59<br><b>Pr</b><br>praseodymium<br>140.91 | 60<br><b>Nd</b><br>neodymium<br>144.24 | 61<br><b>Pm</b><br>promethium | 62<br><b>Sm</b><br>samarium<br>150.36(2) | 63<br><b>Eu</b><br>europium<br>151.96 | 64<br><b>Gd</b><br>gadolinium<br>157.25(3) | 65<br><b>Tb</b><br>terbium<br>158.93 | 66<br><b>Dy</b><br>dysprosium<br>162.50 | 67<br><b>Ho</b><br>holmium<br>164.93 | 68<br><b>Er</b><br>erbiun<br>167.26 | 69<br><b>Tm</b><br>thulium<br>168.93 | 70<br><b>Yb</b><br>ytterbium<br>173.05 | 71<br><b>Lu</b><br>lutetium<br>174.97 |
|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|

### • กลุ่มธาตุแอคทิไนด์ (Actinides)

- เป็นธาตุในแนวนอน (ตามคาบ) มีการบรรจุอิเล็กตรอนไปจนถึง **5f-orbital**

มีสมบัติต่างๆ คล้ายคลึงกันเฉพาะกลุ่ม และแตกต่างจากตารางธาตุหลักเช่นเดียวกัน

|                                       |                                      |                                           |                                     |                              |                              |                              |                           |                              |                                |                                |                             |                                 |                              |                                |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 89<br><b>Ac</b><br>actinium<br>232.04 | 90<br><b>Th</b><br>thorium<br>232.04 | 91<br><b>Pa</b><br>protactinium<br>231.04 | 92<br><b>U</b><br>uranium<br>238.03 | 93<br><b>Np</b><br>neptunium | 94<br><b>Pu</b><br>plutonium | 95<br><b>Am</b><br>americium | 96<br><b>Cm</b><br>curium | 97<br><b>Bk</b><br>berkelium | 98<br><b>Cf</b><br>californium | 99<br><b>Es</b><br>einsteinium | 100<br><b>Fm</b><br>fermium | 101<br><b>Md</b><br>mendelevium | 102<br><b>No</b><br>nobelium | 103<br><b>Lr</b><br>lawrencium |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

|          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |          |                            |          |          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1<br>1A  |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |          | Zinc<br>Cadmium<br>Mercury |          |          |          |          |          |          | 18<br>8A |
| 1<br>H   | 2<br>2A  |          |           |           |           |           |           |           |           |           |          | Lanthanides                |          | 13<br>3A | 14<br>4A | 15<br>5A | 16<br>6A | 17<br>7A | 2<br>He  |
| 3<br>Li  | 4<br>Be  |          |           |           |           |           |           |           |           |           |          | Actinides                  |          | 5<br>B   | 6<br>C   | 7<br>N   | 8<br>O   | 9<br>F   | 10<br>Ne |
| 11<br>Na | 12<br>Mg | 3<br>3B  | 4<br>4B   | 5<br>5B   | 6<br>6B   | 7<br>7B   | 8         | 9         | 10        | 11<br>1B  | 12<br>2B | 13<br>Al                   | 14<br>Si | 15<br>P  | 16<br>S  | 17<br>Cl | 18<br>Ar |          |          |
| 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      |          |          |

|          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 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 |

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

- ❑ ธาตุเรพรีเซนเททีฟ หรือ ธาตุหมู่หลัก (Main group or Representative)  
ธาตุหมู่ 1A–7A ซึ่งชั้นย่อย s และ p ของเลขควอนตัมหลักสูงสุดมีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม
- ❑ ธาตุทรานสิชัน (Transition)  
ธาตุหมู่ 1B และ 3B–8B ซึ่งชั้นย่อย d มีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม
- ❑ แก๊สเฉื่อย (Inert gas or Noble gas)  
ธาตุหมู่ 8A ซึ่งชั้นย่อย p มีอิเล็กตรอนบรรจุเต็ม ยกเว้น He ที่มีการจัดเรียงเป็น  $1s^2$
- ❑ ธาตุที่ไม่ใช่ทั้งเรพรีเซนเททีฟและธาตุทรานสิชัน  
ธาตุหมู่ 2B คือ Zn, Cd และ Hg
- ❑ ธาตุทรานสิชันชั้นใน (Inner transition)  
ชั้นย่อย f มีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม ได้แก่
  - แลนทาไนด์ (Lanthanide) หรือ ธาตุแร่หายาก (rare earth)
  - แอกทิไนด์ (Actinide) หรือ ธาตุแร่หายากหนัก (heavy rare earth)

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

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 | 31<br>Ga | 32<br>Ge | 33<br>As | 34<br>Se | 35<br>Br | 36<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 | 49<br>In | 50<br>Sn | 51<br>Sb | 52<br>Te | 53<br>I  | 54<br>Xe |
| 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 | 81<br>Tl | 82<br>Pb | 83<br>Bi | 84<br>Po | 85<br>At | 86<br>Rn |
| 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 | 113      | 114      | 115      | 116      | (117)    | 118      |
| 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      |          |          |          |          |          |          |

|            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 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 โดยทางซ้ายของเส้นบันไดเป็นโลหะ ทางขวาของเส้นขั้นบันไดเป็นอโลหะ ส่วนธาตุที่อยู่ชิดเส้นบันไดจะมีสมบัติก้ำกึ่งระหว่างโลหะกับอโลหะ เรียกธาตุพวกนี้ว่า ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid)

## 2. ตารางธาตุปัจจุบัน

| 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 เว้นแกรไฟต์</li> <li>4. เคาะจะไม่มีเสียงกังวาน</li> <li>5. ส่วนมากเปราะ ไม่สามารถตีเป็นแผ่นหรือเส้นได้</li> <li>6. ส่วนมากมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ ยกเว้น คาร์บอน ซิลิกอน และกำมะถัน</li> <li>7. มีความหนาแน่นต่ำ</li> </ol> |



# 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## ขนาดอะตอม

ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดอะตอม

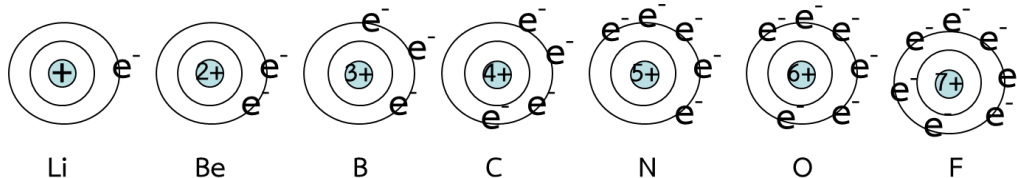
- จำนวนชั้นของอิเล็กตรอน (n)
- แรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอน

ตามคาบ ขนาดจะลดลงจากซ้ายไปขวา

เช่น  $\text{Li} > \text{Be} > \text{B} > \text{C} > \text{N} > \text{O} > \text{F}$

ยกเว้น แก๊สเฉื่อยจะมีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากยึดเหนี่ยวด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der waals) \*\*\*

- เนื่องจากในคาบเดียวกันเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้นอิเล็กตรอนจะเพิ่มขึ้นในระดับพลังงานเดียวกัน
- โปรตอนในนิวเคลียสเพิ่มขึ้นแต่ระดับพลังงานอิเล็กตรอนเท่าเดิม
- ประจุที่เพิ่มขึ้นจะดึงอิเล็กตรอนให้เข้าใกล้นิวเคลียสขึ้นอะตอมจึงเล็กลง



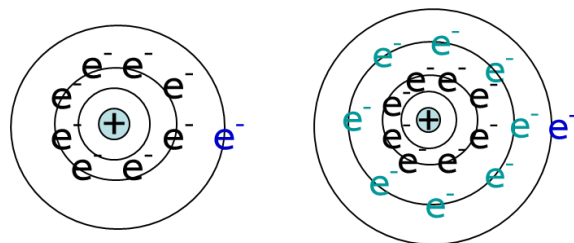
| 1A       | 2A       | 3A       | 4A       | 5A       | 6A       | 7A       | 8A       |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| H<br>1   |          |          |          |          |          |          | He<br>2  |
| Li<br>3  | Be<br>4  | B<br>5   | C<br>6   | N<br>7   | O<br>8   | F<br>9   | Ne<br>10 |
| Na<br>11 | Mg<br>12 | Al<br>13 | Si<br>14 | P<br>15  | S<br>16  | Cl<br>17 | Ar<br>18 |
| K<br>19  | Ca<br>20 | Ga<br>31 | Ge<br>32 | As<br>33 | Se<br>34 | Br<br>35 | Kr<br>36 |
| Rb<br>37 | Sr<br>38 | In<br>49 | Sn<br>50 | Sb<br>51 | Te<br>52 | I<br>53  | Xe<br>54 |
| Cs<br>55 | Ba<br>56 | Tl<br>81 | Pb<br>82 | Bi<br>83 | Po<br>84 | At<br>85 | Rn<br>86 |

# 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## ขนาดอะตอม

### ตามหมู่

- ขนาดจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง ตามเลขอะตอมที่เพิ่มขึ้น  
เช่น  $\text{Li} < \text{Na} < \text{K} < \text{Rb} < \text{Cs}$   
(ธาตุที่อยู่ด้านล่างมี  $n$  มาก)
  - ตามหมู่ประจุในนิวเคลียสเพิ่มขึ้นน่าจะดึงอิเล็กตรอนได้แรงขึ้น แต่ชั้นของอิเล็กตรอนก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน
  - ระยะห่างระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งอิเล็กตรอนชั้นในยังเป็นตัวกันการดึงดูดจากนิวเคลียสอีกด้วย
- ดังนั้น ขนาดอะตอมจึงเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง



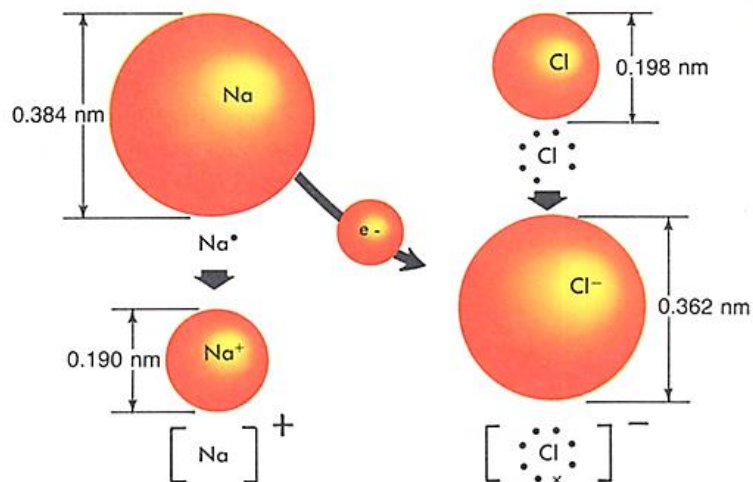
| 1A        | 2A        | 3A        | 4A        | 5A        | 6A        | 7A        | 8A        |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| H<br>37   |           |           |           |           |           |           | He<br>32  |
| Li<br>152 | Be<br>113 | B<br>88   | C<br>77   | N<br>70   | O<br>66   | F<br>64   | Ne<br>69  |
| Na<br>186 | Mg<br>160 | Al<br>143 | Si<br>117 | P<br>110  | S<br>104  | Cl<br>99  | Ar<br>97  |
| K<br>227  | Ca<br>197 | Ga<br>122 | Ge<br>122 | As<br>121 | Se<br>117 | Br<br>114 | Kr<br>110 |
| Rb<br>247 | Sr<br>215 | In<br>163 | Sn<br>140 | Sb<br>141 | Te<br>143 | I<br>133  | Xe<br>130 |
| Cs<br>265 | Ba<br>217 | Tl<br>170 | Pb<br>175 | Bi<br>155 | Po<br>167 | At<br>140 | Rn<br>145 |

ใหญ่

# 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## ขนาดไอออน

- ไอออนบวก (Cation) เกิดจากการเสียอิเล็กตรอนออกจากอะตอม ดังนั้นจะมีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยลง ในขณะที่โปรตอนเท่าเดิม จึงทำให้มีขนาดเล็กลงกว่าอะตอมที่เป็นกลาง
- ไอออนลบ (Anion) เกิดจากการรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามา แต่จำนวนโปรตอนยังเท่าเดิม ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าอะตอมที่เป็นกลาง
- ไอออนบวกประจุยิ่งมากยิ่งมีขนาดเล็กลง ไอออนลบประจุยิ่งมากยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น ขนาดไอออน  ${}_{8}\text{O}^{2-} > {}_{9}\text{F}^{-} > {}_{11}\text{Na}^{+} > {}_{12}\text{Mg}^{2+} > {}_{13}\text{Al}^{3+}$



- แนวโน้มขนาดของไอออนเหมือนกับแนวโน้มของขนาดอะตอม
- ไอออนที่มีประจุเท่ากัน รัศมีไอออนของหมู่เดียวกันจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| Li (1.23Å) | Li <sup>+</sup> (0.68Å) |
| Na (1.57Å) | Na <sup>+</sup> (0.98Å) |
| K (2.02Å)  | K <sup>+</sup> (1.33Å)  |
| Rb (2.16Å) | Rb <sup>+</sup> (1.48Å) |
| Cs (2.35Å) | Cs <sup>+</sup> (1.67Å) |

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| F (0.64Å)  | F <sup>-</sup> (1.33Å)  |
| Cl (0.99Å) | Cl <sup>-</sup> (1.81Å) |
| Br (1.14Å) | Br <sup>-</sup> (1.96Å) |
| I (1.33Å)  | I <sup>-</sup> (2.19Å)  |



### 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

#### พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization Energy, IE)

- IE คือ พลังงานที่ใช้ในการดึงอิเล็กตรอนให้หลุดออกจากอะตอมในสถานะแก๊ส เพื่อเกิดเป็นไอออนบวก ตัวอย่างเช่น



- IE เป็นค่าที่ใช้วัดความยากง่ายในการทำให้อะตอมเกิดเป็นไอออนบวก  
ค่า  $\text{IE}_1 < \text{IE}_2 < \text{IE}_3 \dots$  ตามลำดับ เนื่องจากการดึงอิเล็กตรอนตัวแรกซึ่งอยู่วงนอกและไกลจากแรงดึงดูดของนิวเคลียสที่สุด จะทำได้ง่าย
- ค่า IE ขึ้นอยู่กับ
  - ขนาดอะตอม
  - จำนวนประจุที่นิวเคลียส
  - โครงสร้างการจัดเรียงอิเล็กตรอน

### 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

#### พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization Energy, IE)

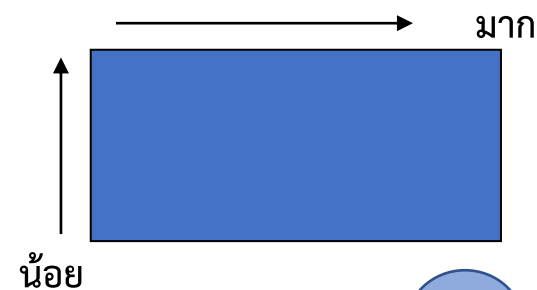
Successive Ionization Energies (kJ/mol) for the Elements in Period 3

| Element | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_4$           | $I_5$  | $I_6$  | $I_7$  |
|---------|-------|-------|-------|-----------------|--------|--------|--------|
| Na      | 495   | 4560  |       |                 |        |        |        |
| Mg      | 735   | 1445  | 7730  | Core electrons* |        |        |        |
| Al      | 580   | 1815  | 2740  | 11,600          |        |        |        |
| Si      | 780   | 1575  | 3220  | 4350            | 16,100 |        |        |
| P       | 1060  | 1890  | 2905  | 4950            | 6270   | 21,200 |        |
| S       | 1005  | 2260  | 3375  | 4565            | 6950   | 8490   | 27,000 |
| Cl      | 1255  | 2295  | 3850  | 5160            | 6560   | 9360   | 11,000 |
| Ar      | 1527  | 2665  | 3945  | 5770            | 7230   | 8780   | 12,000 |

\*Note the large jump in ionization energy in going from removal of valence electrons to removal of core electrons.

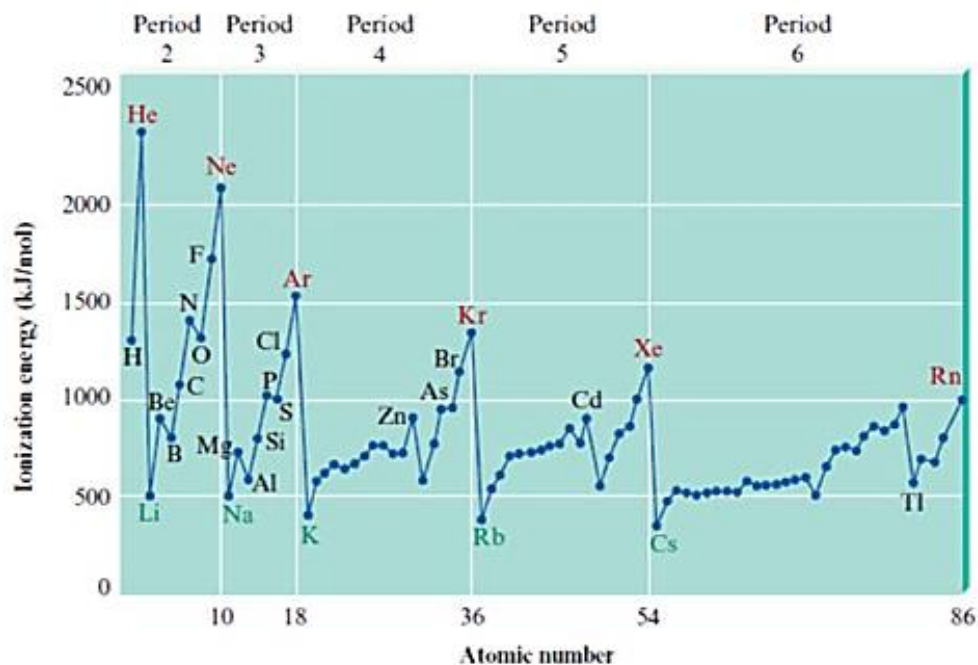
General decrease (upward arrow)      General increase (downward arrow)

- ตามคาบ ค่า  $IE_1$  จะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา เนื่องจากขนาดอะตอมเล็กลง พลังงานที่ใช้ดึงอิเล็กตรอนในวงนอกสุดมีค่ามาก (ดึง  $e^-$  ออกยากขึ้น)
- ตามหมู่ ค่า IE จะลดลงจากบนลงล่าง เนื่องจากขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น อิเล็กตรอนในวงนอกสุดจึงมีค่าน้อย (ดึง  $e^-$  ออกง่าย)



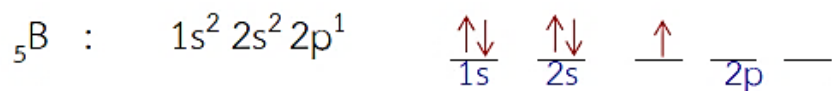
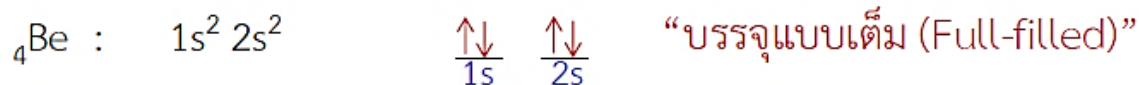
# 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization Energy, IE)



| 1A        | 2A        |
|-----------|-----------|
| H<br>1311 |           |
| Li<br>520 | Be<br>899 |
| Na<br>495 | Mg<br>735 |
| K<br>419  | Ca<br>590 |
| Rb<br>409 | Sr<br>549 |
| Cs<br>382 | Ba<br>503 |

| 3A        | 4A        | 5A        | 6A        | 7A          | 8A         |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|
|           |           |           |           |             | He<br>2377 |
| B<br>800  | C<br>1086 | N<br>1402 | O<br>1314 | F<br>1681   | Ne<br>2088 |
| Al<br>580 | Si<br>780 | P<br>1060 | S<br>1005 | Cl<br>1255  | Ar<br>1527 |
| Ga<br>579 | Ge<br>761 | As<br>947 | Se<br>941 | Br<br>1143  | Kr<br>1356 |
| In<br>558 | Sn<br>708 | Sb<br>834 | Te<br>869 | I<br>1009   | Xe<br>1176 |
| Tl<br>589 | Pb<br>715 | Bi<br>703 | Po<br>813 | At<br>(926) | Rn<br>1042 |

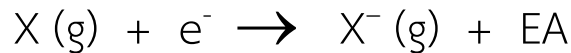


- ค่า IE ของแก๊สเฉื่อยจะสูงมาก เนื่องจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนเต็มใน s และ p orbital ทำให้อะตอมเสถียร เสียอิเล็กตรอนได้ยากมาก

### 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

#### สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity, EA)

- EA คือ พลังงานที่อะตอมคายออกมาเมื่ออะตอมหรือโมเลกุลในสถานะแก๊สรับอิเล็กตรอนเข้าไปแล้วเกิดเป็นประจุลบ



ตัวอย่างเช่น  $Cl(g) + e^- \rightarrow Cl^-(g)$  ;  $EA = -348 \text{ kJ/mol}$

( \*\*\* ค่า EA เป็นพลังงานที่คายออกมา จึงมีค่าติดลบ \*\*\* )



- EA เป็นค่าที่ใช้วัดความง่ายของอะตอมในการที่จะรับอิเล็กตรอนเข้าไปในอะตอมแล้วเกิดเป็นไอออนลบ ยิ่งค่า EA ติดลบมาก อะตอมนั้นรับอิเล็กตรอนและเกิดเป็นไอออนลบได้ง่าย
- ตามคาบ EA จะสูงขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น เนื่องจากอะตอมมีขนาดเล็กลง แรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสและอิเล็กตรอนวงนอกสุดมีค่ามากกว่าอะตอมที่มีขนาดใหญ่
- ตามหมู่ค่า EA จะต่ำลง เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น เนื่องจากอะตอมมีขนาดใหญ่ขึ้น แรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสและอิเล็กตรอนวงนอกสุดมีค่าลดลง
- แนวโน้มค่า EA จะไปในทิศทางเดียวกับ ค่า IE

### 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

#### สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity, EA)

| 1A  | 2A   | 3A  | 4A   | 5A   | 6A   | 7A   | 8A  |
|-----|------|-----|------|------|------|------|-----|
| H   |      |     |      |      |      |      | He  |
| -72 |      |     |      |      |      |      | +20 |
| Li  | Be   | B   | C    | N    | O    | F    | Ne  |
| -60 | +240 | -23 | -123 | 0    | -141 | -322 | +30 |
| Na  | Mg   | Al  | Si   | P    | S    | Cl   | Ar  |
| -53 | +230 | -44 | -120 | -74  | -201 | -348 | +35 |
| K   | Ca   | Ga  | Ge   | As   | Se   | Br   | Kr  |
| -48 | +150 | -40 | -116 | -77  | -195 | -324 | +40 |
| Rb  | Sr   | In  | Sn   | Sb   | Te   | I    | Xe  |
| -46 | +160 | -40 | -121 | -101 | -190 | -295 | +40 |
| Cs  | Ba   | Tl  | Pb   | Bi   | Po   | At   | Rn  |
| -45 | +50  | -50 | -101 | -101 | -170 | -270 | +40 |

- ทำไมโลหะหมู่ 2A จึงรับอิเล็กตรอนได้ยากกว่าโลหะหมู่ 1A

โลหะหมู่ 2A มีอิเล็กตรอนอยู่เต็ม s-orbital แล้ว อิเล็กตรอนที่เข้ามาใหม่จะอยู่ห่างจากนิวเคลียสและถูกบดบัง (shield) มากกว่า ในกรณีของโลหะหมู่ 1A ที่ยังมีที่ว่างใน s-orbital

# 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity, EA)

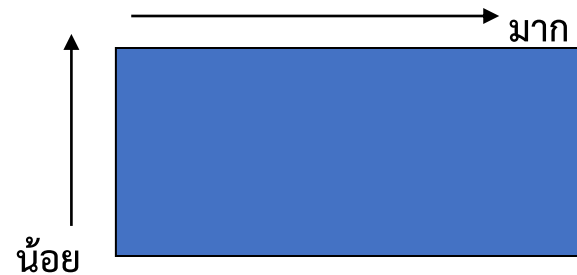
- ค่า EA ของโลหะหมู่ IIA มีค่าเป็นบวก เพราะโลหะหมู่ IIA จัดเรียงอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเป็น  $ns^2$  การที่จะรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้าไป อิเล็กตรอนตัวใหม่จะไปอยู่ที่  $np$  ออร์บิทัล ซึ่งไกลจากนิวเคลียสและยังมีอิเล็กตรอนใน  $ns^2$  กันแรงดึงดูดจากนิวเคลียสไว้ ดังนั้นอิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้าไปจึงไม่เสถียรนัก
- ธาตุฮาโลเจน ( $ns^2 np^5$ ) มีค่า EA เป็นลบ เพราะเมื่อเพิ่มอิเล็กตรอนหนึ่งตัว จะมีโครงแบบอิเล็กตรอนเหมือนแก๊สเฉื่อย ( $ns^2 np^6$ ) ซึ่งเสถียร
- แก๊สเฉื่อย ( $ns^2 np^6$ ) มีค่า EA เป็นบวก เพราะออร์บิทัลที่อยู่นอกสุดมีอิเล็กตรอนอยู่เต็ม จึงไม่มีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอน

| 1A  | 2A   | 3A  | 4A   | 5A   | 6A   | 7A   | 8A  |
|-----|------|-----|------|------|------|------|-----|
| H   |      |     |      |      |      |      | He  |
| -72 |      |     |      |      |      |      | +20 |
| Li  | Be   | B   | C    | N    | O    | F    | Ne  |
| -60 | +240 | -23 | -123 | 0    | -141 | -322 | +30 |
| Na  | Mg   | Al  | Si   | P    | S    | Cl   | Ar  |
| -53 | +230 | -44 | -120 | -74  | -201 | -348 | +35 |
| K   | Ca   | Ga  | Ge   | As   | Se   | Br   | Kr  |
| -48 | +150 | -40 | -116 | -77  | -195 | -324 | +40 |
| Rb  | Sr   | In  | Sn   | Sb   | Te   | I    | Xe  |
| -46 | +160 | -40 | -121 | -101 | -190 | -295 | +40 |
| Cs  | Ba   | Tl  | Pb   | Bi   | Po   | At   | Rn  |
| -45 | +50  | -50 | -101 | -101 | -170 | -270 | +40 |

- EN คือ ความสามารถที่อะตอมจะดึงดูดอิเล็กตรอนเข้าใกล้ตัวเองของธาตุนั้นๆ
- EN ไม่ใช่พลังงาน แต่เป็นค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้เปรียบเทียบความสามารถในการดึงอิเล็กตรอนเข้าหาตัวมันเองของธาตุแต่ละชนิด
- ธาตุที่มีค่า EN สูง จะมีความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ในการสร้างพันธะได้มาก

ตามคาบ ค่า EN เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

ธาตุ F มี EN สูงที่สุด

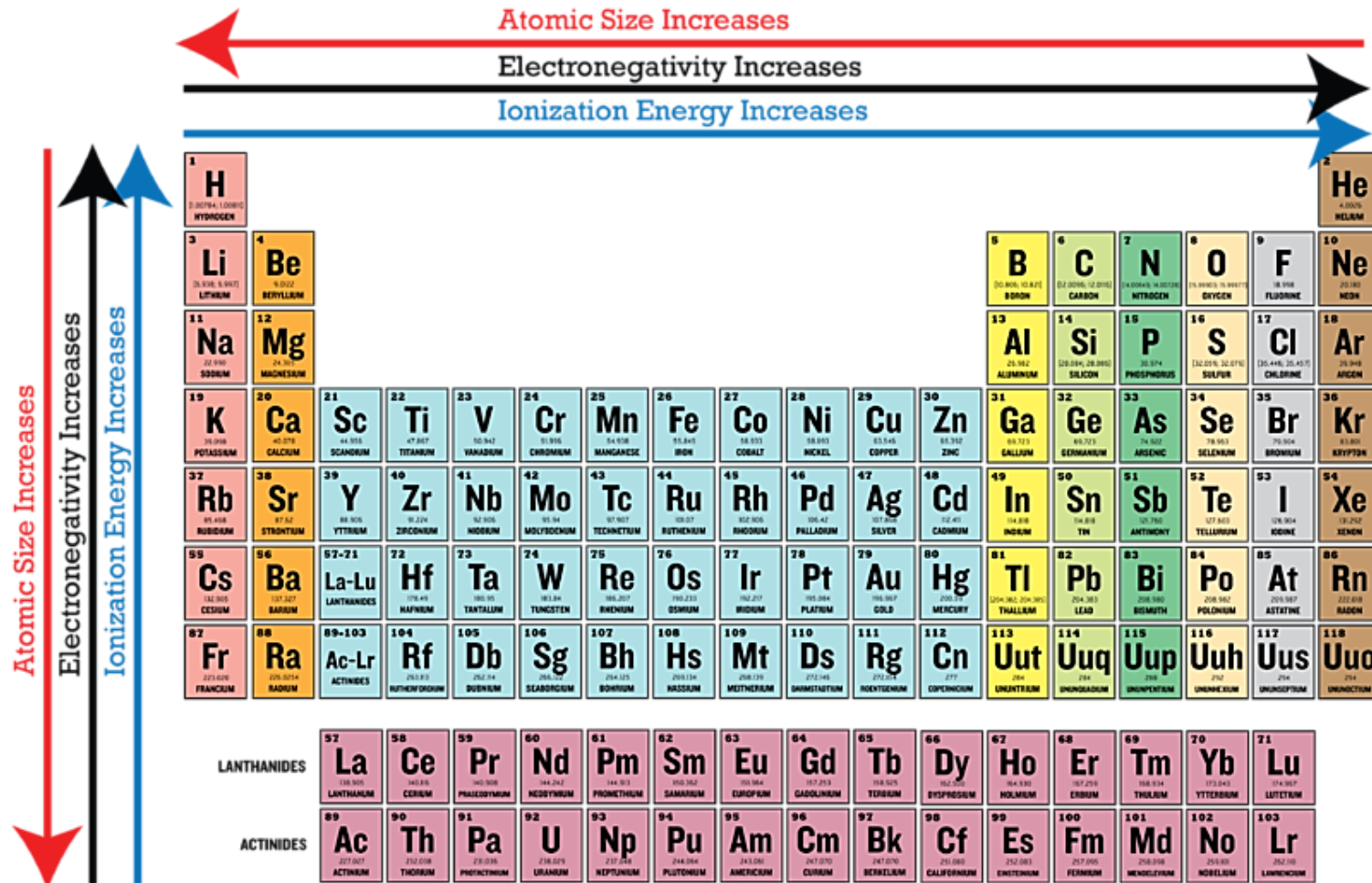


( \*\* แนวโน้มเหมือนค่า IE และ EA \*\* )



# 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

สรุปแนวโน้มความสัมพันธ์ของขนาดอะตอม ค่าพลังงานไอออไนเซชัน (IE) และค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (EN)

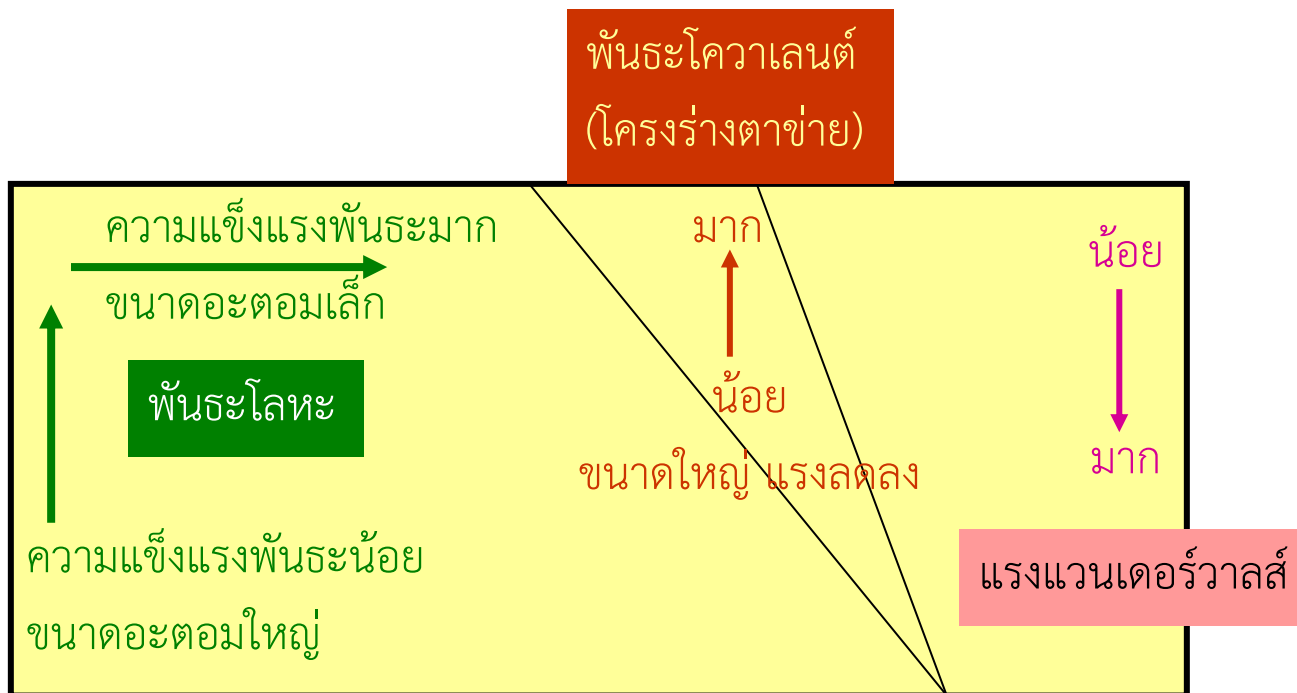


### 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

#### แรงยึดเหนี่ยวระหว่างธาตุ

แบ่งได้ 3 แบบ คือ พันธะโลหะ แรงแวนเดอร์วาลส์หรือแรงลอนดอน และ พันธะโควาเลนต์

- ธาตุกลุ่ม s กลุ่ม d กลุ่ม f และกลุ่ม p บางส่วนยึดกันด้วยพันธะโลหะ
- ธาตุบริเวณทางขวา เช่น N, O, Cl ก่อพันธะโควาเลนต์
- ธาตุหมู่ 8 ยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์



### 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

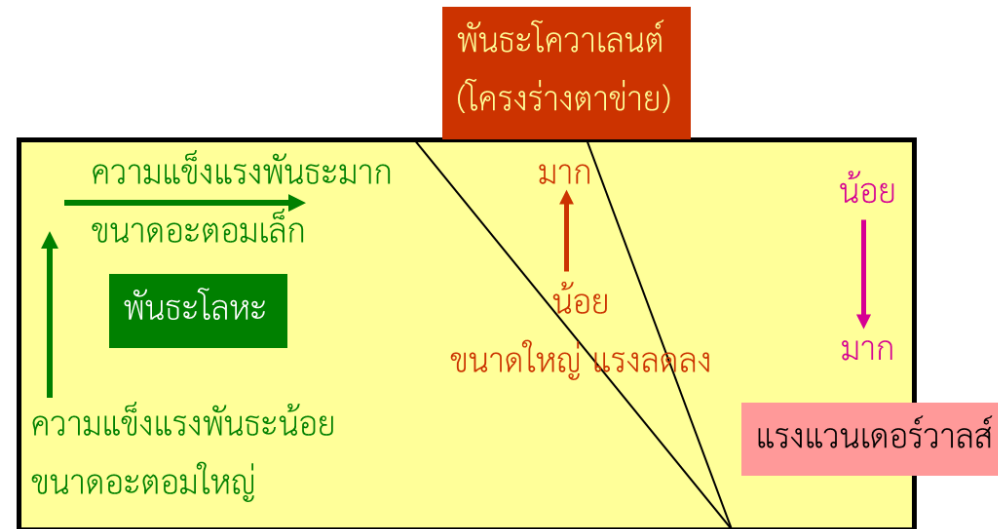
#### แรงยึดเหนี่ยวระหว่างธาตุ

##### พันธะโลหะ

- เป็นแรงดึงดูดระหว่าง ไอออนบวกของโลหะกับทะเลอิเล็กตรอน
- ความแข็งแรงขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนในโครงผลึก ขนาดของประจุบวกและขนาดของอะตอม
- แข็งแรงมากขึ้นเมื่ออะตอมมีขนาดเล็กลง

##### พันธะโควาเลนต์แบบโครงร่างตาข่าย

- ขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น ความแข็งแรงลดลง
- ไม่สามารถบอกได้ว่าโมเลกุลหนึ่งประกอบด้วยกี่อะตอม
- เป็นโครงร่างแบบตาข่าย แรงยึดเหนี่ยวแบบนี้จึงแข็งแรงมาก



##### แรงแวนเดอร์วาลส์

เป็นแรงที่อ่อนมาก ยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมก๊าซเฉื่อยซึ่งมีอิเล็กตรอนบรรจุเต็มในชั้นนอกและเสถียร

# 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## แนวโน้มของสมบัติทางกายภาพ

### ➤ สมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อน

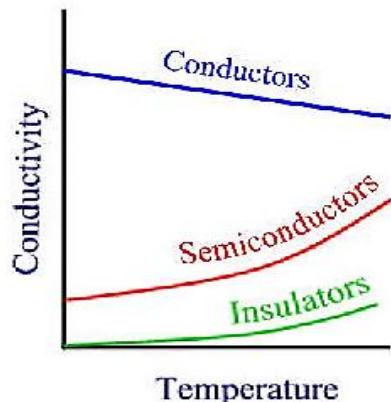
- การนำไฟฟ้าและความร้อน จะเพิ่มขึ้นตามความเป็นโลหะของธาตุ โดยที่  
ตามคาบ ความเป็นโลหะลดลงจากซ้ายไปขวา: โลหะ -----> กึ่งโลหะ ----> อโลหะ  
ตามหมู่ ความเป็นโลหะจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง ตามเลขอะตอมที่เพิ่มขึ้น
- ธาตุกึ่งโลหะ (ธาตุในแนวชั้นบันไดที่แบ่ง  
ระหว่างกลุ่มธาตุโลหะและอโลหะ) ได้แก่  
B, Si, Ge, As, Sb, Te (บางครั้งรวม Po, At  
ไว้ด้วย) จะนำไฟฟ้าและความร้อนเล็กน้อย

Group → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

↓ Period

**The Periodic Table of the Elements**

|             |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1<br>H      |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 2<br>He   |
| 3<br>Li     | 4<br>Be  |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 5<br>B    | 6<br>C    | 7<br>N    | 8<br>O    | 9<br>F    | 10<br>Ne  |
| 11<br>Na    | 12<br>Mg |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 13<br>Al  | 14<br>Si  | 15<br>P   | 16<br>S   | 17<br>Cl  | 18<br>Ar  |
| 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 |          | 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 |          | 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 | 113<br>Nh | 114<br>Fl | 115<br>Mc | 116<br>Lv | 117<br>Ts | 118<br>Og |
| Lanthanides |          | 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  |           |
| Actinides   |          | 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 |           |



โลหะ เป็นตัวนำที่ดี แต่การนำไฟฟ้าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น  
อโลหะ เป็นฉนวน มีความต้านทานสูงมาก  
กึ่งโลหะ นำไฟฟ้าได้ แต่จะนำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

### 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

#### แนวโน้มของสมบัติทางกายภาพ

##### ➤ ความหนาแน่น

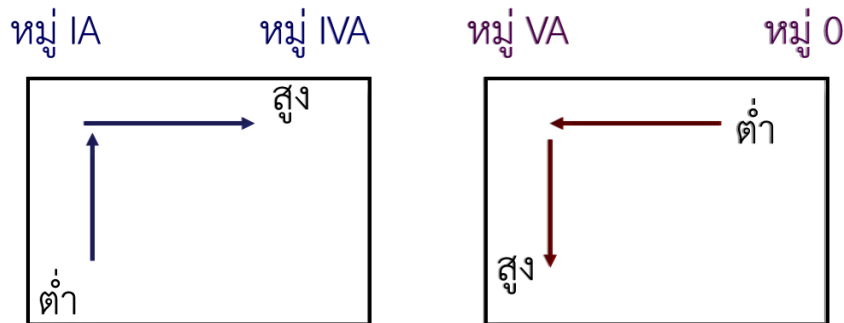
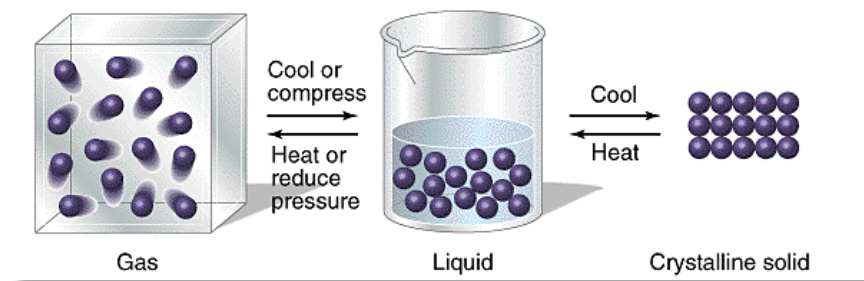
- ขึ้นกับขนาดอะตอม มวลอะตอม โครงสร้างผลึกและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน
- ถ้าขนาดเล็ก มวลมาก และพันธะโลหะแข็งแรง จะมีความหนาแน่นสูง เช่น  $\text{Be} > \text{Li}$ ,  $\text{Ti} > \text{Ca}$
- โมเลกุลอะตอมเดี่ยว มีความหนาแน่นต่ำ
- กลุ่มที่มีโครงร่างตาข่าย ความหนาแน่นปานกลาง
- ธาตุทรานซิชัน มีความหนาแน่นสูงสุด (มีขนาดเล็กและมวลมาก พันธะโลหะแข็งแรง)
- กลุ่มโลหะ
  - ในคาบเดียวกันธาตุทางขวามีขนาดเล็ก แต่มวลมากกว่า และพันธะโลหะแข็งแรงกว่า จะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุทางซ้าย
  - ธาตุหมู่ 1A มีความหนาแน่นต่ำที่สุด (มีขนาดอะตอมใหญ่)
  - ในหมู่เดียวกัน ธาตุหนักจะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุเบา เนื่องจากมีอัตราการเพิ่มมวลเร็วกว่าการเพิ่มปริมาตร

# 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## แนวโน้มของสมบัติทางกายภาพ

### ➤ การหลอมเหลวและการกลายเป็นไอ

เป็นการใช้พลังงานความร้อนแยกโมเลกุลที่จัดตัวเป็นระเบียบในผลึกให้ห่างกัน เคลื่อนที่ไปมาได้บ้าง จนถึงแยกจากกันโดยเด็ดขาดในสภาวะแก๊ส



■ โครงสร้างโมเลกุลแบบเดี่ยว ใช้ความร้อนทำลายแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเป็นแรงขนาดอ่อน จุดเดือดและจุดหลอมเหลวจึงต่ำ แต่จะสูงขึ้นเมื่อโมเลกุลใหญ่ขึ้น

■ พันธะโลหะใช้ความร้อนทำลายพันธะโลหะ และโครงร่างตาข่ายใช้ความร้อนทำลายพันธะโคเวเลนต์ จึงต้องใช้พลังงานมากกว่า

■ โลหะทรานสิชัน มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงที่สุด (เชื่อมกันด้วยพันธะโลหะ) มีความหนาแน่นสูงเนื่องจากมีมวลมาก รองลงมาคือกลุ่มโครงร่างตาข่าย

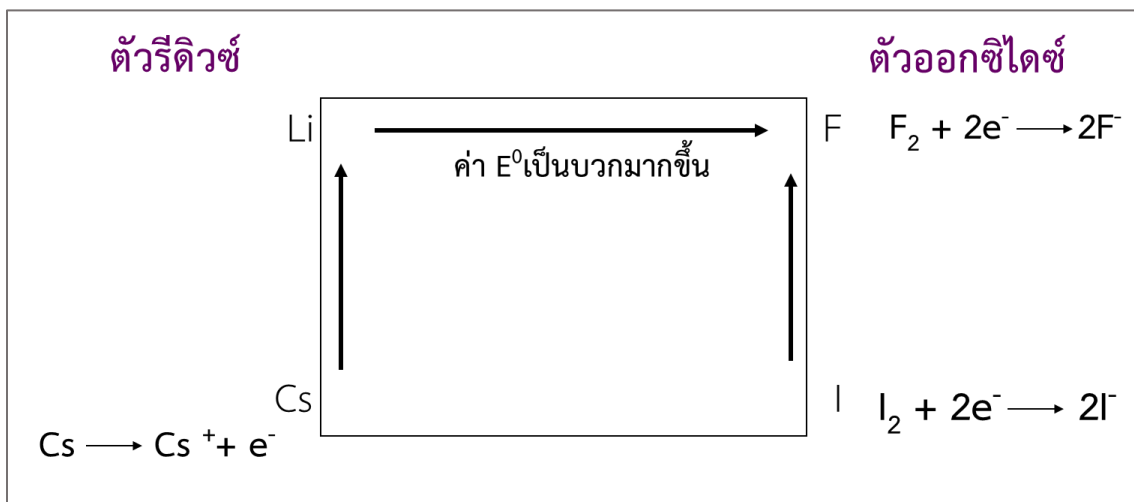
### 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

#### แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

➤ เลขออกซิเดชัน สารประกอบมักจะแสดงเลขออกซิเดชันของธาตุที่มีค่าเท่ากับเลขหมู่ของธาตุนั้น

- ธาตุกลุ่ม s หมู่ IA มีเลขออกซิเดชันเป็น +1
- ธาตุกลุ่ม s หมู่ IIA มีเลขออกซิเดชันเป็น +2
- ธาตุกลุ่มอื่น ๆ ส่วนใหญ่จะมีเลขออกซิเดชันได้มากกว่าหนึ่งค่า

➤ ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน ( $E^0$ )



- โลหะทางด้านซ้ายของตารางธาตุ เป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีมาก เสียอิเล็กตรอนง่าย และโลหะหนักเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีขึ้น
- อโลหะเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีมาก รับอิเล็กตรอนได้ดีสอดคล้องกับค่า IE, EN



### 3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

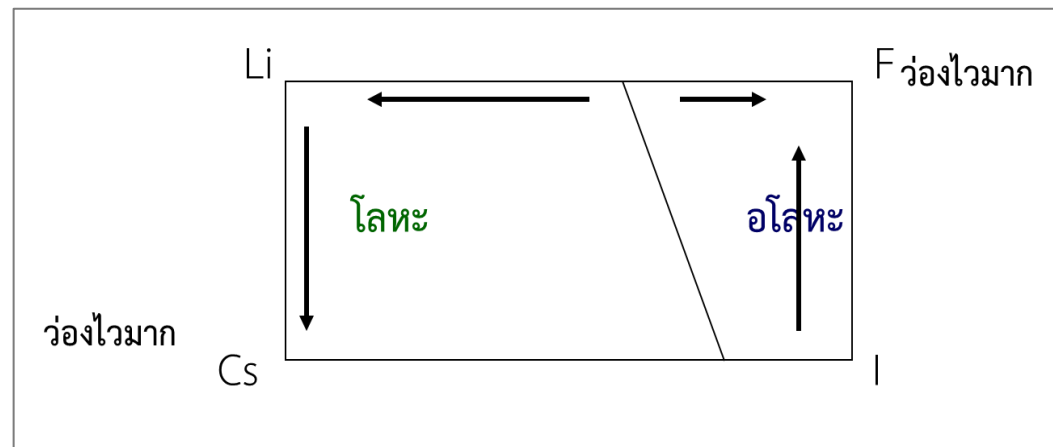
#### แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

##### ➤ การเข้าทำปฏิกิริยา

- โลหะหมู่ 1A : พันธะโลหะไม่แข็งแรง พลังงานไอออไนเซชันต่ำที่สุด ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาที่สุด
- ในหมู่เดียวกัน โลหะหนักจะว่องไวกว่า (ขนาดอะตอมใหญ่ เสีย  $e^-$  ได้ง่าย)
- โลหะที่อยู่ทางขวาจะว่องไวน้อยลง

หมู่

|      |                                                                 |                  |
|------|-----------------------------------------------------------------|------------------|
| IA   | $6\text{Li} + \text{N}_2 \longrightarrow 2\text{Li}_3\text{N}$  | อุณหภูมิห้อง     |
| IIA  | $3\text{Be} + \text{N}_2 \longrightarrow \text{Be}_3\text{N}_2$ | เผาจนร้อนแดง     |
| IIIA | $2\text{Al} + \text{N}_2 \longrightarrow 2\text{AlN}$           | เมื่อให้ความร้อน |
| IVA  | $\text{Sn} + \text{N}_2 \longrightarrow \text{X}$               |                  |

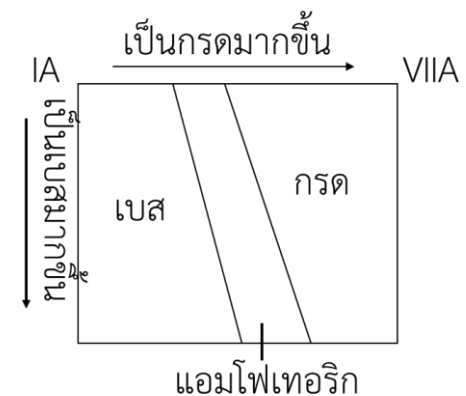
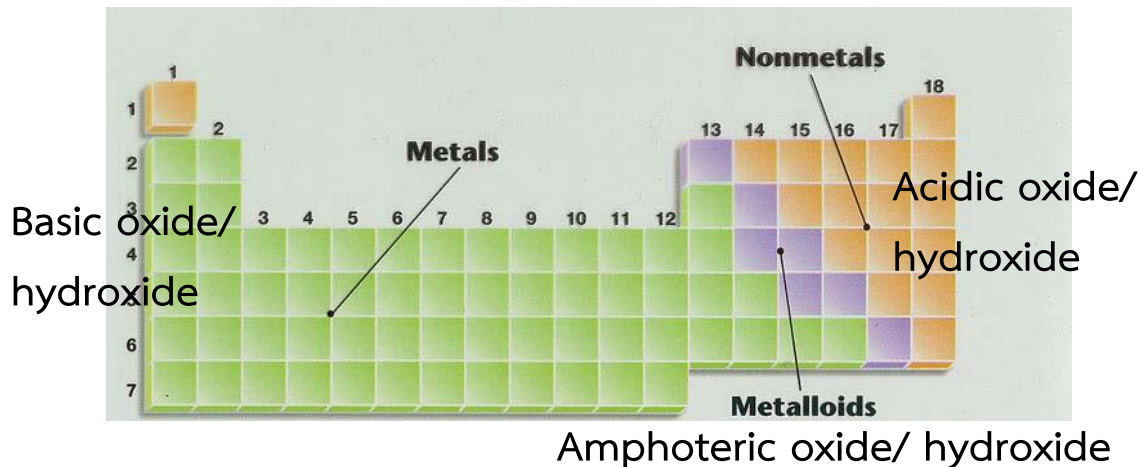


- อโลหะที่ว่องไวที่สุด คือ ฟลูออรีน เนื่องจากมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงที่สุด พันธะ F-F อ่อน (รับ  $e^-$  ได้ง่าย)
- อโลหะสามารถทำปฏิกิริยากับอโลหะด้วยกันเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ได้

# แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## การเกิดสารประกอบและความเป็นกรดเบส

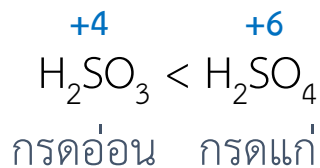
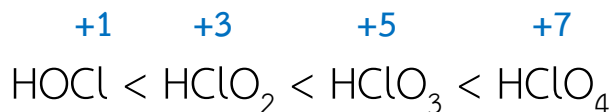
- สารประกอบออกไซด์ คือ สารประกอบระหว่างธาตุหนึ่งๆ กับออกซิเจน
- สารประกอบไฮดรอกไซด์ คือ สารประกอบระหว่างธาตุหนึ่งๆ กับหมู่ไฮดรอกไซด์ ( $\text{OH}^-$ )
- สารประกอบออกไซด์/ไฮดรอกไซด์ของโลหะจะมีสมบัติเป็นเบส เช่น  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$   
 สารประกอบออกไซด์/ไฮดรอกไซด์ของอโลหะจะมีสมบัติเป็นกรด เช่น  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 สารประกอบออกไซด์/ไฮดรอกไซด์ของกึ่งโลหะจะมีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส (amphoteric)
- ในหมู่เดียวกัน โลหะออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของธาตุหนักจะเป็นเบสมากขึ้นตามแนวตั้ง



# แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## การเกิดสารประกอบและความเป็นกรดเบส

- กรณีที่ธาตุหนึ่งมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ความเป็นกรดจะแรงขึ้นตามลำดับของเลขออกซิเดชันจากต่ำไปสูง (รับ  $e^-$  ได้ง่าย)
- ไอออนของธาตุเดียวกันที่มีเลขออกซิเดชันสูงกว่า จะมีความเป็นกรดแรงกว่า (Lewis acid)



## ■ สารประกอบโคเวเลนต์ไฮไดรด์

- มีพันธะโคเวเลนต์ระหว่างธาตุกับไฮโดรเจน ได้แก่ ไฮไดรด์ของธาตุหมู่ 3 เกือบทั้งหมด เช่น  $\text{BH}_3$  (boron hydride),  $\text{AlH}_3$  (aluminium hydride), ไฮไดรด์ของอโลหะกับไฮโดรเจน เช่น  $\text{HF}$  (hydrogen fluoride),  $\text{HBr}$  (hydrogen bromide) มีสมบัติเป็นกรด
- แนวโน้มความแรงของกรดขึ้นกับปัจจัย 3 ประการ (EN, ขนาดอะตอม, และการเกิดพันธะไฮโดรเจน)

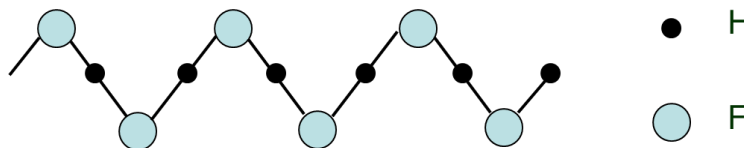
# แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

## การเกิดสารประกอบและความเป็นกรดเบส

แนวโน้มความแรงของกรดขึ้นกับปัจจัย 3 ประการ (EN, ขนาดอะตอม, และการเกิดพันธะไฮโดรเจน)

- **ธาตุในคาบเดียวกัน:** EN เป็นปัจจัยที่สำคัญกว่าขนาดอะตอม เพราะขนาดของธาตุใกล้เคียงกัน ความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาตามแนวโน้มค่า EN ที่เพิ่มขึ้น (EN สูง ดึงอิเล็กตรอนในพันธะเข้าหาตัวได้ดี ทำให้ H มีความเป็นบวกสูง พันธะ X-H จะแตกออกเกิดเป็น  $H^+$  ได้ง่าย จึงเป็นกรดที่แรงขึ้น)
- **ธาตุในหมู่เดียวกัน:** ขนาดอะตอมของธาตุ (X) มีความสำคัญมากกว่าค่า EN เนื่องจากตามหมู่ขนาดอะตอมของธาตุแตกต่างกันมาก ขนาดอะตอมที่ใหญ่จะเกิดพันธะกับไฮโดรเจนไม่แข็งแรง พันธะ X-H จะอ่อนและแตกง่าย เกิดเป็น  $H^+$  ได้ง่าย สารประกอบโคเวเลนต์ไฮโดรด์ของธาตุหนักจึงยังเป็นกรดที่แรงขึ้น

HF น่าจะเป็นกรดที่แรง เนื่องจาก F มี EN สูง แต่เนื่องจากขนาดอะตอมเล็กกว่าธาตุอื่นในหมู่เดียวกัน และมีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลยึดเหนี่ยวอย่างแข็งแรง ทำให้แตกตัวยาก ดังนั้น HF เป็นกรดอ่อน



HBr และ HI มีพันธะ H-Br และ H-I ที่ไม่แข็งแรง รวมทั้งไม่มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล จึงเป็นกรดแก่

สรุป เรียงลำดับความเป็นกรด ได้ดังนี้  $HI > HBr > HCl > HF$