บทที่ 4
ตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติตามตารางธาตุ

- วิวัฒนาการของตารางธาตุ
- ตารางธาตุปัจจุบัน
- แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

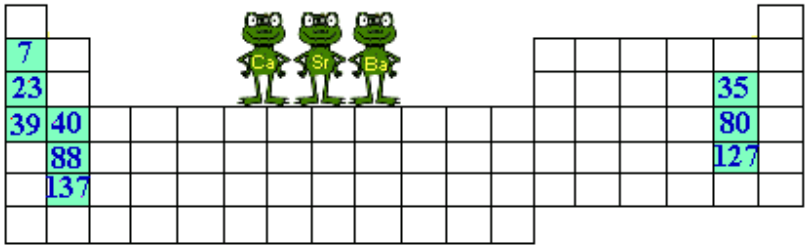
ผศ.ดร. เพชรลดา กันทาดี
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
http://www.chemistry.mju.ac.th

1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

ปี ค.ศ. 1817-1829 Johann Dobereiner

เป็นคนแรกที่พยายามจัดกลุ่มธาตุ

Dobereiner's Law of Triads



ตัวอย่าง เช่น

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)

1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

ปี ค.ศ. 1864 John A.R. Newlands

Newlands' Arranged Elements in Octaves:

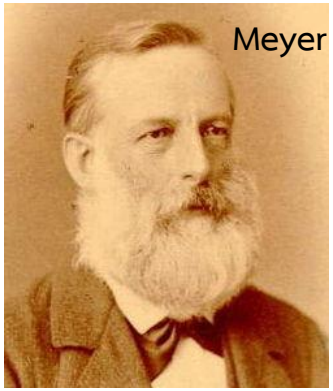
H	F	Cl	Co/Ni	Br	Pd	I	Pt/Ir
Li	Na	K	Cu	Rb	Ag	Cs	Tl
G	Mg	Ca	Zn	Sr	Cd	Ba/V	Pb
Bo	Al	Cr	Y	Ce/La	U	Ta	Th
C	Si	Ti	In	Zn	Sn	W	Hg
N	P	Mn	As	Di/Mo	Sb	Nb	Bi
O	S	Fe	Se	Ro/Ru	Te	Au	Os

- พัฒนาการจัดกลุ่มธาตุและเสนอกฎ “Law of Octaves”
- จัดเรียงธาตุตาม น้ำหนักอะตอม จากน้อยไปหามาก
- พบว่า ธาตุจะมีสมบัติใกล้เคียงกันทุกๆ 8 ธาตุตามการจัดเรียง
  (เช่น ธาตุตัวที่ 8 จะมีสมบัติใกล้เคียงกับธาตุตัวแรก,
  ธาตุตัวที่ 9 จะคล้ายกับตัวที่ 2 และเป็นเช่นนี้ไปตามลำดับ)
- ลักษณะดังกล่าวเป็นของธาตุ 17 ธาตุแรกเท่านั้น จึงไม่เป็นที่นิยม

1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

ปี ค.ศ. 1869-1871 Julius Lothar Meyer และ Dimitri Irvanovich 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



1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

Mendeleev's Periodic Table of 1869[1]

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

Mendeleev สามารถทำนายสมบัติของธาตุที่ยังไม่ค้นพบได้อย่างใกล้เคียง ตัวอย่างเช่น

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

อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อด้อยของการจัดเรียงธาตุอีกหลายชนิด เช่น จัดเรียงธาตุ Hg ก่อน Au จัดเรียงธาตุ Te ก่อน I ทั้งๆ ที่มวลอะตอมมากกว่า

1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

Mendeleev's Periodic Table of 1871[1]

	I --- R_20	II --- RO	III --- R_2O_3	IV RH_4 RO_2	V RH_3 R_2O_3	VI RH_2 RO_3	VII RH R_2O_7	VIII --- RO_4
1	H 1							
2	Li 7	Be 9.4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
3	Na 23	Mg 24	Al 27.3	Si 28	P 31	S 32	Cl 35.5	
4	K 39	Ca 40	? 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe, Co, Ni,Cu 56, 59, 59, 63
5	Cu 63	Zn 65	? 68	? 72	As 75	Se 78	Br 80	
6	Rb 85	Sr 87	? Yt 88	Zr 90	Nb 94	Mo 96	? 100	Ru, Rh. Pd, Ag 104, 104, 106, 108
7	Ag 108	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 125	I 127	
8	Cs 133	Ba 137	? Di 138	? Ce 140	?	?	?	?, ?, ?, ?
9	?	?	?	?	?	?	?	
10	?	?	? Er 178	?? La 180	Ta 182	W 184	?	Os, Ir, Pt, Au 195, 197, 198, 199
11	Au 199	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	?	?	
12	?	?	?	Th 231	?	U 240	?	

Mendeleev ปรับปรุงตารางธาตุใหม่

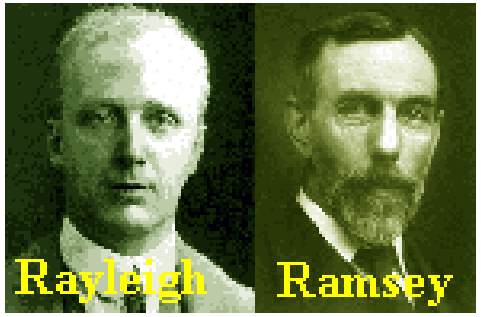
- จัดเรียงธาตุที่มีสมบัติคล้ายกันให้อยู่ในแนวตั้งที่ตรงกัน
- เป็นรากฐานในการสร้างตารางธาตุปัจจุบัน

1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

ปี ค.ศ. 1895-1900 Lord Rayleigh และ William Ramsey

- 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

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

เนื่องจากสามารถแก้ไขข้อบกพร่องสำหรับตารางธาตุของ Mendeleev และ Meyer ได้

2. ตารางธาตุปัจจุบัน

- ปัจจุบันพบว่าสมบัติต่างๆ ทางกายภาพและทางเคมีของธาตุ จะสัมพันธ์กับ <u>การจัดเรียงอิเล็กตรอน</u> ในอะตอมของธาตุนั้น ทำให้ตารางธาตุสมบูรณ์ขึ้นและช่วยในการทำนายสมบัติของธาตุได้เป็นอย่างดี

> Periodic Law กล่าวว่า “เมื่อนำธาตุมาเรียงลำดับเป็นหมวดหมู่จากเลขอะตอมน้อยไปหามาก สมบัติทางกายภาพและเคมีจะแปรผันไปและคล้ายคลึงกันเป็นช่วงๆ

- ลักษณะของตารางธาตุปัจจุบัน
  - การจัดเรียงตามแนวนอน เรียกว่า <u>คาบ (Period)</u> มีจำนวน 7 คาบในตารางธาตุหลัก และ 2 คาบที่แยกออกมาคือ <u>อนุกรมแลนทาไนด์ (Lanthanides)</u> และ <u>อนุกรมแอคทิไนด์ (Actinides)</u>
  - การจัดเรียงตามแนวตั้ง เรียกว่า <u>หมู่ (Group)</u> มีจำนวน 16 หมู่ 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

โลหะอัลคาไล

ก๊าซเฉื่อย

ฮาโลเจน

โลหะอัลคาไลน์เอิร์ท

ธาตุทรานซิชัน

คาบ \ หมู่	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
	1	2	13	14	15	16	17	18
1	1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]							2 He helium 4.0026
2	3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122	5 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
3	11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]	13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948
4	19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)
5	37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
6	55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
7	87 Fr francium	88 Ra radius	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson

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

*ธาตุที่พบใหม่ล่าสุด

เลขอะตอม 113 = Nihonium (Nh) เลขอะตอม 115 = Moscovium (Mc)

เลขอะตอม 117 = Tennessine (Ts) เลขอะตอม 118 = Organesson (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 ---> Ne (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 2)
- คาบที่ 3 จำนวน 8 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ Na ---> Ar (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 3)
- คาบที่ 4 จำนวน 18 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ K ---> Kr (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 4)
- คาบที่ 5 จำนวน 18 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ Rb ---> Xe (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 5)
- คาบที่ 6 จำนวน 32 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ Cs ---> Rn (มีการบรรจุอิเล็กตรอนจนถึงชั้นที่ 6)

โดยธาตุที่ 57 – 71 (La – Lu) ถูกแยกออกมาเป็นอนุกรม Lanthanides

- คาบที่ 7 จำนวน 32 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ Cs ---> 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^- เป็น ns^1

เช่น Li = $1s^2 2s^1$ Na = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

- หมู่ IIA เรียกว่า โลหะอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline earth Metals)
มีการจัดเรียง valence e^- เป็น ns^2

เช่น Be = $1s^2 2s^2$ Mg = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

*** 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 ธาตุชาลโคเจน (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 = $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

เสถียรและเฉื่อยต่อปฏิกิริยา

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

2. ตารางธาตุปัจจุบัน

- ธาตุหมู่ B เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Transition Elements ได้แก่

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

มักไม่จัดเป็นธาตุทรานซิชัน

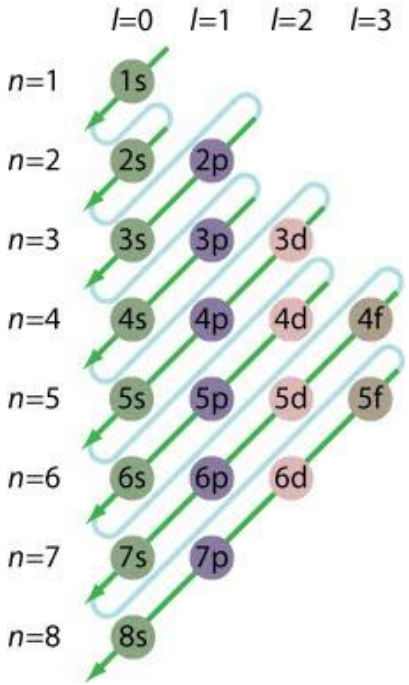
*** ธาตุหมู่ B จัดเป็น ธาตุกลุ่ม d (d-block elements) ***

2. ตารางธาตุปัจจุบัน

- <u>กลุ่มธาตุแลนทาไนด์ (Lanthanides)</u>
  - เป็นธาตุในแนวนอน (ตามคาบ) มีการบรรจุอิเล็กตรอนไปจนถึง 4f-orbital

จึงมีสมบัติต่างๆ <u>คล้ายคลึงกันเฉพาะกลุ่ม</u> และแตกต่างจากตารางธาตุหลัก

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



- <u>กลุ่มธาตุแอกทิไนด์ (Actinides)</u>
  - เป็นธาตุในแนวนอน (ตามคาบ) มีการบรรจุอิเล็กตรอนไปจนถึง 5f-orbital

มีสมบัติต่างๆ <u>คล้ายคลึงกันเฉพาะกลุ่ม</u> และแตกต่างจากตารางธาตุหลักเช่นเดียวกัน

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

3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- **สมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อน**

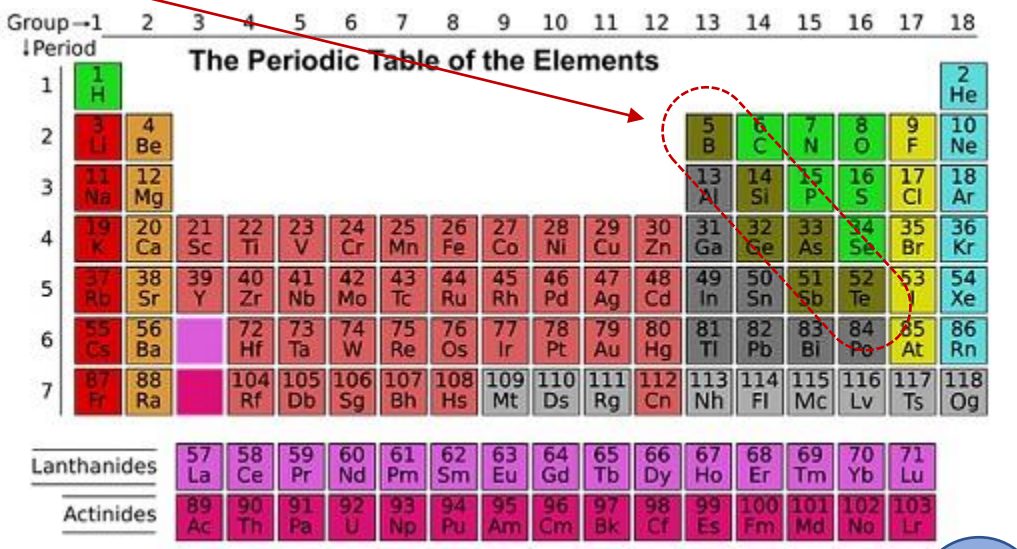
  - การนำไฟฟ้าและความร้อน จะเพิ่มขึ้นตามความเป็นโลหะของธาตุ โดยที่

    ตามคาบ ความเป็นโลหะลดลงจากซ้ายไปขวา: โลหะ ----------> กึ่งโลหะ -----> อโลหะ

    ตามหมู่ ความเป็นโลหะจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง ตามเลขอะตอมที่เพิ่มขึ้น

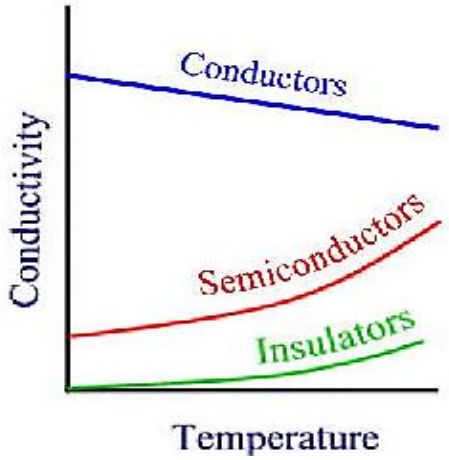
  - สำหรับธาตุกึ่งโลหะ ได้แก่ ธาตุในแนวขั้นบันไดที่แบ่งระหว่างกลุ่มธาตุโลหะและอโลหะ ได้แก่ ธาตุ B, Si, Ge, As, Sb, Te (บางครั้งรวม Po และ At ไว้ด้วย)

    ธาตุกึ่งโลหะจะนำไฟฟ้าและนำความร้อนได้เล็กน้อย



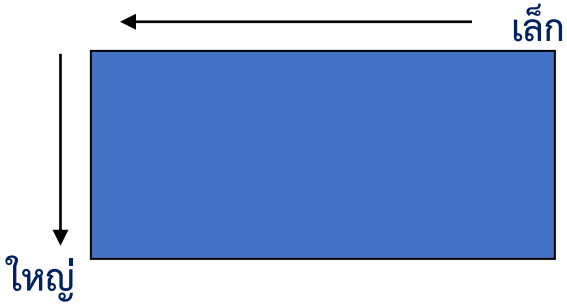
3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- **สมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อน**
  - โลหะ เป็นตัวนำที่ดี แต่การนำไฟฟ้าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
  - อโลหะ เป็นฉนวน มีความต้านทานสูงมาก
  - กึ่งโลหะ นำไฟฟ้าได้ แต่จะนำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- ขนาดอะตอมและไอออน



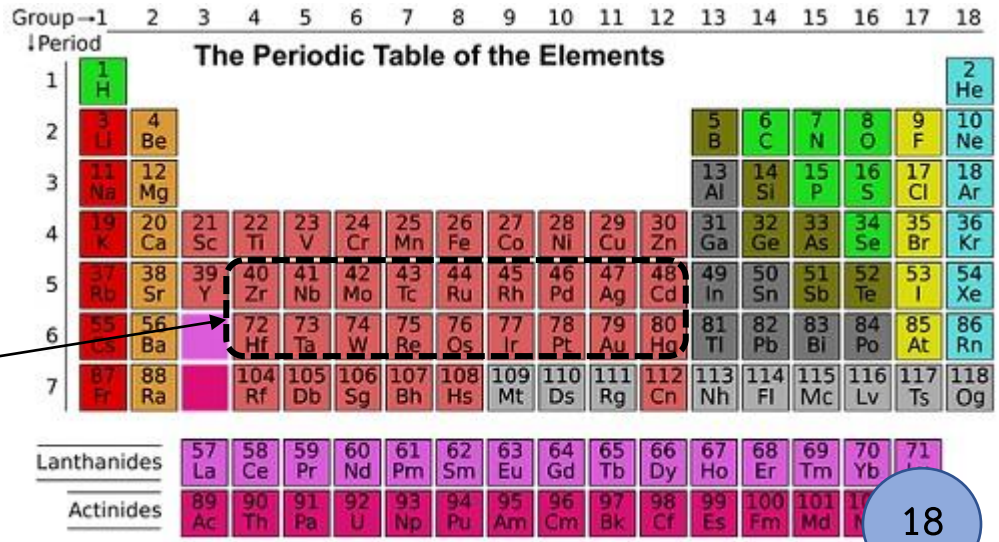
ตามคาบ

- ขนาดจะลดลงจากซ้ายไปขวา

*** ยกเว้น แก๊สเฉื่อย จะมีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมเป็นแรงอ่อนๆ เช่น แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der waals) ***

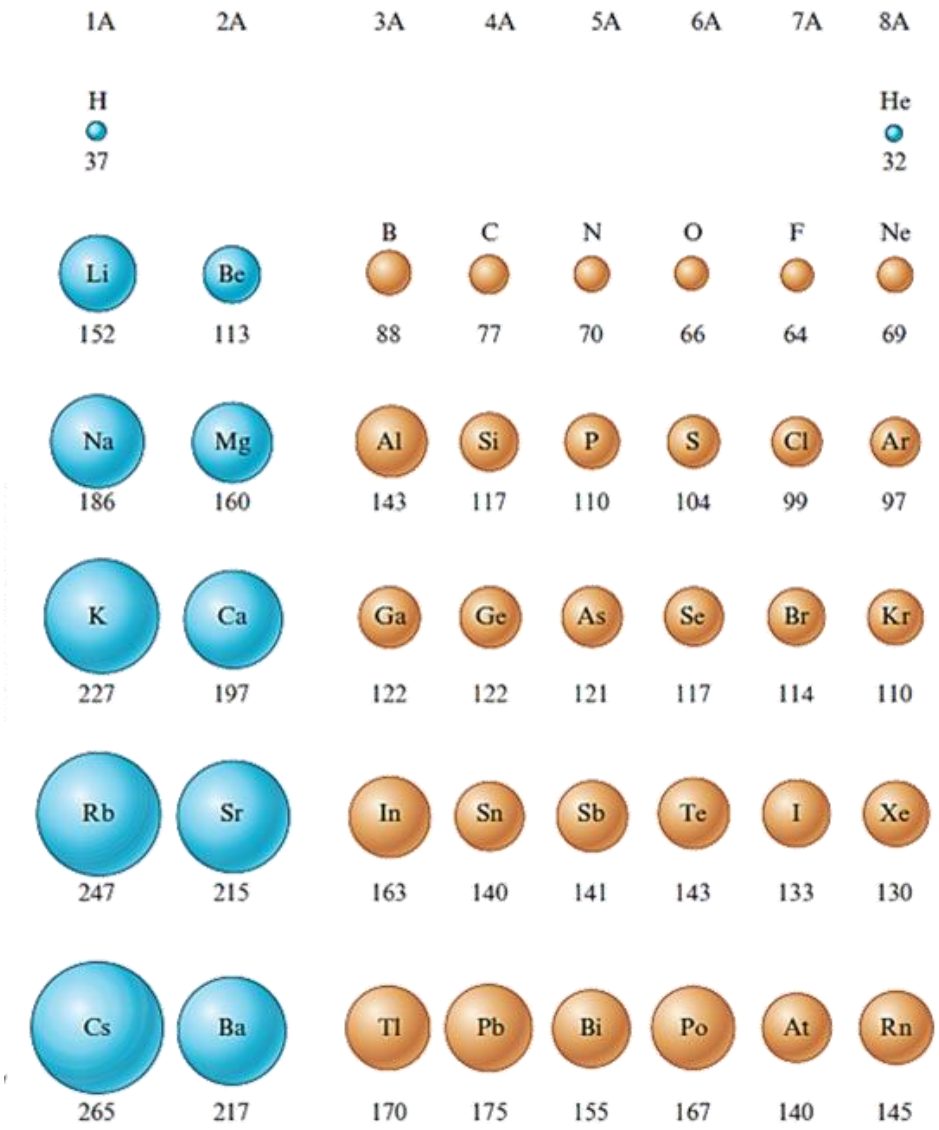
ตามหมู่

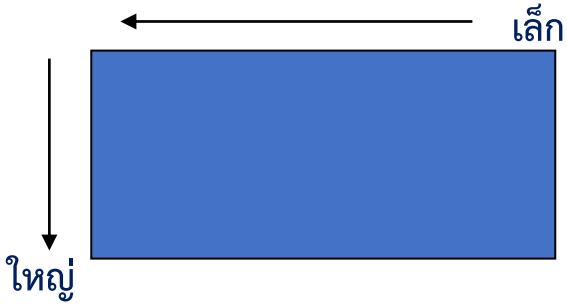
- ขนาดอะตอมจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง ตามเลขอะตอมที่เพิ่มขึ้น
- พบว่าธาตุทรานสิชันแถวที่ 2 และ 3 มีขนาดอะตอมใกล้เคียงกันมาก เรียกว่า ปรากฏการณ์ Lanthanide Contraction



3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- ขนาดอะตอม

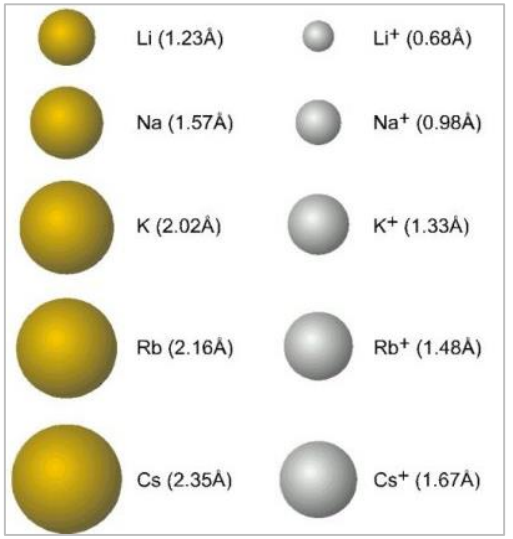


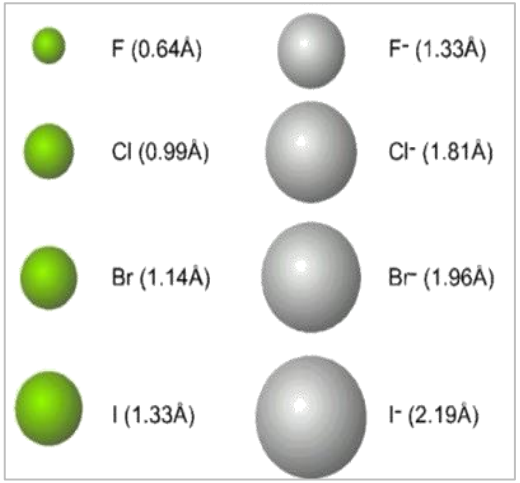


3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- **ขนาดไอออน**
  - **ไอออนบวก (Cation)** เกิดจากการเสียอิเล็กตรอนออกจากอะตอม ดังนั้นจะมีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยลง ในขณะที่โปรตอนเท่าเดิม จึงทำให้มีขนาดเล็กลงกว่าอะตอมที่เป็นกลาง
  - **ไอออนลบ (Anion)** เกิดจากการรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามา แต่จำนวนโปรตอนยังเท่าเดิม ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าอะตอมที่เป็นกลาง
  - ไอออนบวกประจุยิ่งมากยิ่งมีขนาดเล็กลง ไอออนลบประจุยิ่งมากยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น

    เช่น ขนาดไอออน $_{8}O^{2-} > {}_{9}F^{-} > {}_{11}Na^{+} > {}_{12}Mg^{2+} > {}_{13}Al^{3+}$
  - แนวโน้มขนาดของไอออน เหมือนกับแนวโน้มของขนาดอะตอม
  - ไอออนที่มีประจุเท่ากัน รัศมีไอออนของหมู่เดียวกันจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง





3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization Energy, I.E.)
  - I.E. คือ พลังงานที่ใช้ในการดึงอิเล็กตรอนให้หลุดออกจากอะตอมในสถานะแก๊ส เพื่อเกิดเป็นไอออนบวก ตัวอย่างเช่น

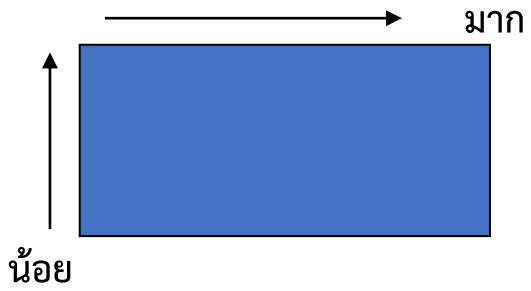
$$M\ (g) \longrightarrow M^{+}\ (g) + e^{-} \quad ; IE_1$$

$$M^{+}\ (g) \longrightarrow M^{2+}\ (g) + e^{-} \quad ; IE_2$$

  - ค่า IE_1 ของธาตุ จะมีค่าน้อยกว่า IE_2 และ IE_3 ....ตามลำดับ เนื่องจากการดึงอิเล็กตรอนตัวแรกซึ่งอยู่วงนอกและไกลจากแรงดึงดูดของนิวเคลียสที่สุด จะทำได้ง่าย
  - ค่า IE ขึ้นอยู่กับ
    - ขนาดอะตอม
    - จำนวนประจุที่นิวเคลียส
    - โครงสร้างการจัดเรียงอิเล็กตรอน

3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- <u>ตามคาบ</u> ค่า IE จะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา



- <u>ตามหมู่</u> ค่า IE จะลดลงจากบนลงล่าง เนื่องจากธาตุมีขนาดใหญ่ขึ้น

ค่า IE ของแก๊สเฉื่อยจะสูงมาก เนื่องจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนเต็ม ใน s และ p orbital ทำให้อะตอมเสถียร เสียอิเล็กตรอนได้ยากมาก

3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity, E.A.)

  - E.A. คือ พลังงานที่อะตอมคายออกมาเมื่ออะตอมหรือโมเลกุลในสถานะแก๊สรับอิเล็กตรอนเข้าไป 1 อิเล็กตรอนแล้วเกิดเป็นประจุลบ

$$X\,(g) + e^- \longrightarrow X^-\,(g) + E.A.$$

ตัวอย่างเช่น $Cl\,(g) + e^- \longrightarrow Cl^-\,(g)$; EA = − 348 kJ /mol

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

  - ตามคาบ ค่า EA ส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา (ยกเว้นบางช่วงที่ไม่แน่นอน ขึ้นกับการจัดเรียงอิเล็กตรอน)

    ตามหมู่ ค่า IE จะลดลงจากบนลงล่าง

  - แนวโน้มค่า EA จะไปในทิศทางเดียวกับ ค่า IE

3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- **อิเล็กโทรเนกาติวิตี (Electronegativity, E.N.)**
  - E.N. คือ ความสามารถที่อะตอมจะดึงดูดอิเล็กตรอนเข้าใกล้ตัวเองของธาตุนั้นๆ
  - E.N. ไม่ใช่พลังงาน แต่เป็นค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้เปรียบเทียบความสามารถในการดึงอิเล็กตรอนเข้าหาตัวมันเองของธาตุแต่ละชนิด

ตามคาบ ค่า EN เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

ตามหมู่ ค่า EN จะลดลงจากบนลงล่าง (*** แนวโน้มเหมือนค่า IE และ EA ***)

Pauling Electronegativity Values

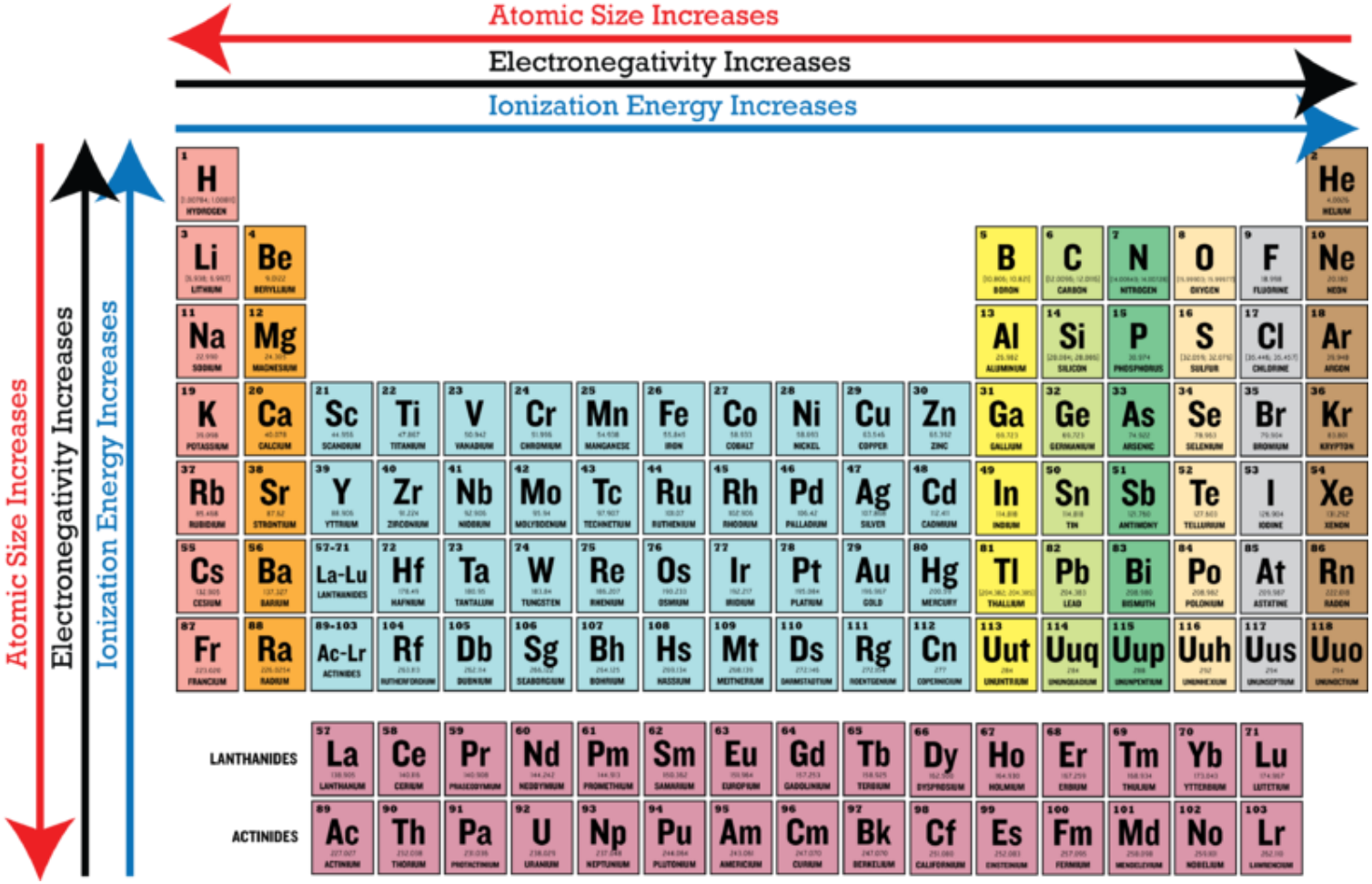
1 H 2.20																
3 Li 0.98	4 Be 1.57											5 B 2.04	6 C 2.55	7 N 3.04	8 O 3.44	9 F 3.98
11 Na 0.93	12 Mg 1.31											13 Al 1.61	14 Si 1.90	15 P 2.19	16 S 2.58	17 Cl 3.16
19 K 0.82	20 Ca 1.00	21 Sc 1.36	22 Ti 1.54	23 V 1.63	24 Cr 1.66	25 Mn 1.55	26 Fe 1.83	27 Co 1.88	28 Ni 1.91	29 Cu 1.90	30 Zn 1.65	31 Ga 1.81	32 Ge 2.01	33 As 2.18	34 Se 2.55	35 Br 2.96
37 Rb 0.82	38 Sr 0.95	39 Y 1.22	40 Zr 1.33	41 Nb 1.6	42 Mo 2.16	43 Tc 1.9	44 Ru 2.2	45 Rh 2.28	46 Pd 2.20	47 Ag 1.93	48 Cd 1.69	49 In 1.78	50 Sn 1.96	51 Sb 2.05	52 Te 2.1	53 I 2.66
55 Cs 0.79	56 Ba 0.89	57 La 1.1	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 2.36	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.20	78 Pt 2.28	79 Au 2.54	80 Hg 2.00	81 Ti 1.62	82 Pb 2.33	83 Bi 2.02	84 Po 2.0	85 At 2.2
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9															

ธาตุ F มี EN สูงที่สุด

https://www.ck12.org/book/CK-12-Chemistry---Second-Edition/r9/section/9.5/

3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

สรุปแนวโน้มความสัมพันธ์ของขนาดอะตอม ค่าพลังงานไอออไนเซชัน (IE) และค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN)

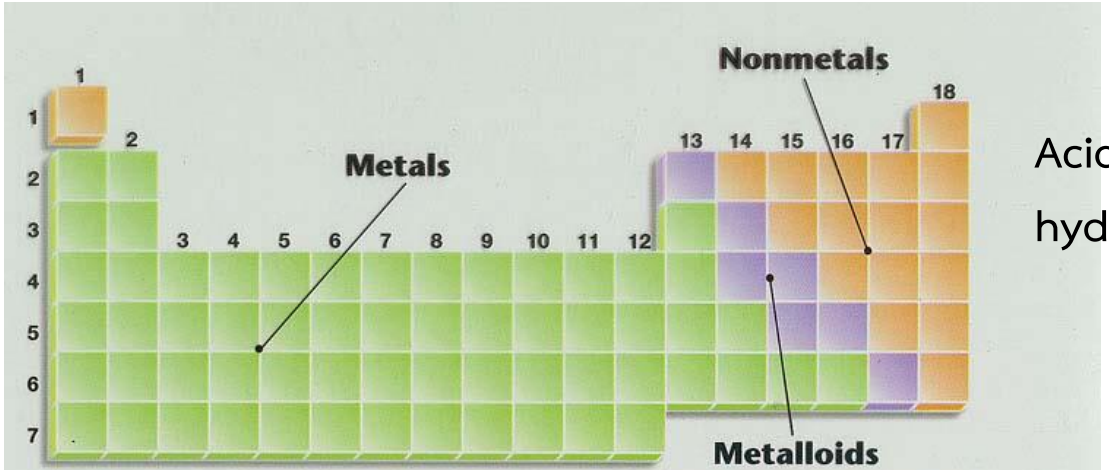


https://www.ck12.org/book/CK-12-Chemistry---Second-Edition/r9/section/9.5/

3. แนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามตารางธาตุ

- การเกิดสารประกอบและความเป็นกรดเบส
  - สารประกอบออกไซด์ คือ สารประกอบระหว่างธาตุหนึ่งๆ กับออกซิเจน
  - สารประกอบไฮดรอกไซด์ คือ สารประกอบระหว่างธาตุหนึ่งๆ กับหมู่ไฮดรอกไซด์ (OH^-)
  - สารประกอบออกไซด์/ไฮดรอกไซด์ของโลหะจะมีสมบัติเป็นเบส เช่น NaOH, $Ca(OH)_2$
    สารประกอบออกไซด์/ไฮดรอกไซด์ของอโลหะจะมีสมบัติเป็นกรด เช่น $HClO_4$, H_2SO_4
    สารประกอบออกไซด์/ไฮดรอกไซด์ของกึ่งโลหะจะมีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส (amphoteric)

Basic oxide/ hydroxide



Acidic oxide/ hydroxide

Amphoteric oxide/ hydroxide