คม100 เคมีทั่วไป ปีการศึกษา 2-2564

ตารางธาตุและแนวโน้มของสมบัติธาตุ

หัวข้อ

- **วิวัฒนาการของตารางธาตุ**
- **ตารางธาตุปัจจุบัน**
- **สมบัติต่างๆ ของธาตุ**

หนังสืออ้างอิง

1. เคมี 2, ทบวงมหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 3, พ.ศ. 2532.

2. เคมี 1, Raymond Chang แปลและเรียบเรียงโดย รศ.ดร. ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย, รศ.ดร. ยุทธนา ตันติรุ่งโรจน์ชัย, ดร. ทินกร เตียนสิงห์, และ ผศ.ดร. พรสวรรค์ อมรศักดิ์ชัย สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล, ISBN 13 978-616-350-131-8.

1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

ปี ค.ศ. 1817 โยฮัน เดอเบอไรเนอร์

- จัดกลุ่มของธาตุที่มีสมบัติคล้ายคลึงกันไว้ด้วยกัน ในรูปตารางธาตุ
- จัดธาตุเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 ธาตุ ตามสมบัติที่คล้ายคลึงกัน เรียก Triad โดยธาตุตัวกลางจะมี

<u>มวลอะตอมเป็นค่าเฉลี่ยของมวลอะตอมของอีกสองธาตุที่เหลือ</u>

Li 7	Ca 40	Cl 35
Na 23	Sr 88	Br 82
K 39	Ba 137	I 129

Cu 63.6	Zn 65.4	Ni 58.7
Ag 108	Cd 112.4	Pd 106.4
Au 197	Hg 200.6	Pt 195.1

Li มวลอะตอม = 7.0

Na มวลอะตอม = (7.0+39.1) / 2 = 23

K มวลอะตอม = 39.1

น้ำหนักอะตอมกลางในแต่ละกลุ่มไม่ได้มีค่าเป็นค่าเฉลี่ยของธาตุที่เหลือ ทำให้ Triads ไม่เป็นที่ยอมรับในเวลาต่อมา

ปี ค.ศ. 1864 จอห์น เอ อาร์ นิวแลนด์ส

เสนอกฎ **Law of Octaves (กฎคู่แปด)** “ถ้านำธาตุมาเรียงตามมวลอะตอม จากน้อยไปมากแล้ว จะพบว่าธาตุที่ 8 จะมีสมบัติทางเคมีและกายภาพคล้ายธาตุที่ 1 และจะเกิดขึ้นทุกๆ ช่วงของธาตุที่ 8 โดยเริ่มจากธาตุใดก็ได้ โดยไม่รวมธาตุไฮโดรเจนและก๊าซมีตระกูลซึ่งขณะนั้นยังไม่พบ

กฎนี้อธิบายไม่ได้ว่าเหตุใดน้ำหนักอะตอมจึงเกี่ยวข้องกับความคล้ายคลึงของธาตุ และกฎนี้ใช้ได้ถึงแคลเซียม (Ca) ที่มีมวลอะตอม 40 เท่านั้น

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	La, Ce	Zr	Nb, Mo	Ru, Rn	Pd
Ag	Cd	U	Sn	Sb	Te	I
Cs	Ba, V					

ปี ค.ศ. 1869-1870 จูเลีย โลเธอร์ ไมเออร์ และ ดมิตริ อิวาโนวิช เมนเดลีฟ

กฎพิริออดิก (Peridic law)

เรียงธาตุตามน้ำหนักอะตอมจากน้อยไปหามาก แล้วแบ่งเป็นแถวให้เหมาะสม จัดกลุ่มธาตุที่มีสมบัติทางเคมีและกายภาพคล้ายกัน ซึ่งปรากฏอยู่ตรงกันเป็นช่วงๆ

ตำแหน่งในตารางธาตุมีความสัมพันธ์กับสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุ ทำให้เมนเดลีฟสามารถทำนายธาตุเหล่านั้นได้ล่วงหน้า เช่น

	Eka-Aluminum (Ea)	Gallium (Ga)
Atomic mass	68 amu	69.9 amu
Melting point	Low	30.15 ^{o}C
Density	5.9 g/cm^3	5.94 g/cm^3
Formula of oxide	Ea_2O_3	Ga_2O_3

ปี ค.ศ. 1871 ดมิตริ อิวาโนวิช เมนเดลีฟ

Reihen	Gruppe I. — R^2O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R^2O^3	Gruppe IV. RH^4 RO^2	Gruppe V. RH^3 R^2O^5	Gruppe VI. RH^2 RO^3	Gruppe VII. RH R^2O^7	Gruppe 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=56, Co=59, Ni=59, Cu=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=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

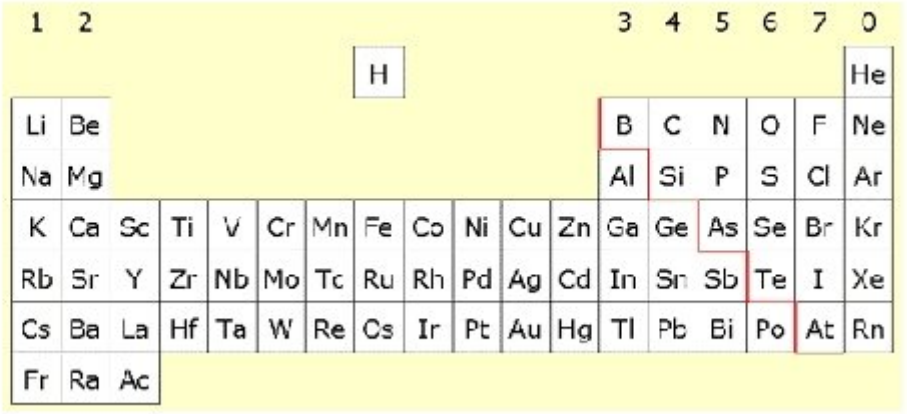
- with groups of similar elements arranged in columns
- columns numbered I to VIII corresponding with the element's oxidation state

ปี ค.ศ. 1913 เฮนรี จี เจ มอสเลย์

- สมบัติต่างๆของธาตุจะสัมพันธ์กับการจัดเรียงตัวของอิเล็คตรอนในอะตอมของธาตุนั้นๆ
- **กฎพิริออดิกใหม่**จึงกล่าวว่า สมบัติของธาตุต่างๆเป็น **periodic function ของเลขอะตอม โดยขึ้นกับการจัดเรียงตัวของอิเล็คตรอนในอะตอมของธาตุเหล่านั้น**
- กฎพิริออดิกใหม่ช่วยให้สามารถจัดธาตุต่างๆเรียงตามเลขอะตอม และเป็นเครื่องช่วยในการจดจำและทำนายสมบัติของธาตุได้เป็นอย่างดี

Moseley's Periodic Table

In 1913 Henry Moseley came up with this Periodic Table. The elements are arranged by increasing atomic number.



ธาตุที่สังเคราะห์ขึ้น

Mt = meitnerium $^{209}Bi + {}^{58}Fe \longrightarrow {}^{266}_{109}Mt + {}^{1}n$

Ds = darmstadtium $^{208}_{82}Pb + {}^{62}_{28}Ni \longrightarrow {}^{269}_{110}Ds + {}^{1}_{0}n$

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้สร้างธาตุที่หนักขึ้นโดยการระดมยิงธาตุที่หนักกว่า Pb ด้วยไอออนของธาตุที่เบากว่า Cr เพื่อให้ได้ธาตุที่เรียกว่า ธาตุหนักยิ่งยวด (super heavy elements) เช่น ธาตุลำดับที่ 114 หรือ 116

Flerovium (Fl, 114. Previously *ununquadium*) was first synthesized in December 1998. It is radioactive. The most stable isotope has a half life of ~2.6s.

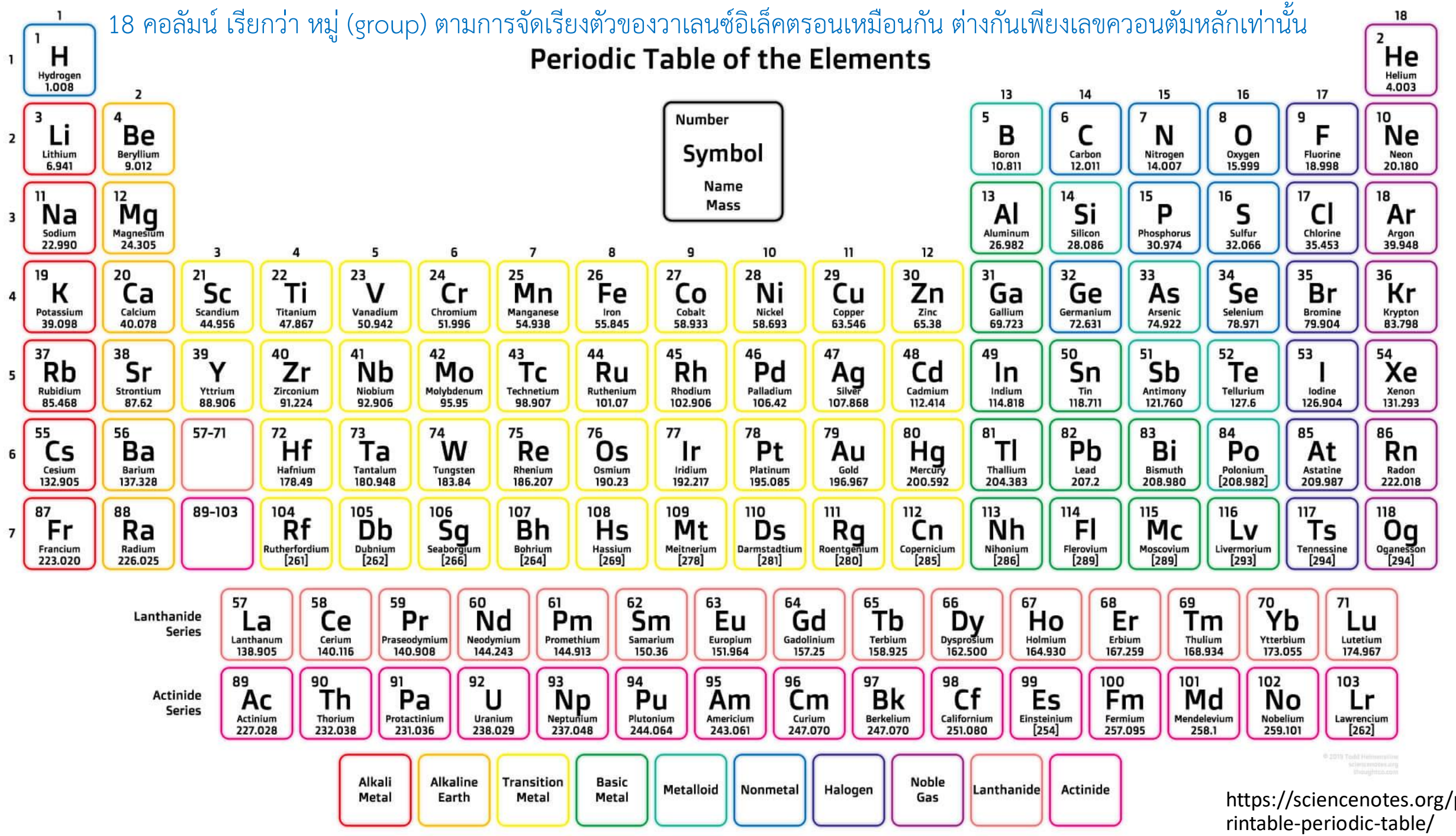
$$^{244}_{94}Pu + {}^{48}_{20}Ca \longrightarrow {}^{292}_{114}Fl^{*} \longrightarrow {}^{289}_{114}Fl + 3\ {}^{1}_{0}n$$

Livermorium (Lv,116. Previously *ununhexium*) was first detected in 2000. The most stable isotope has a half-life of only ~60ms.

$$^{248}_{96}Cm + {}^{48}_{20}Ca \longrightarrow {}^{296}_{116}Lv^{*} \longrightarrow {}^{293}_{116}Lv + 3\ {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{289}_{114}Fl + \alpha$$

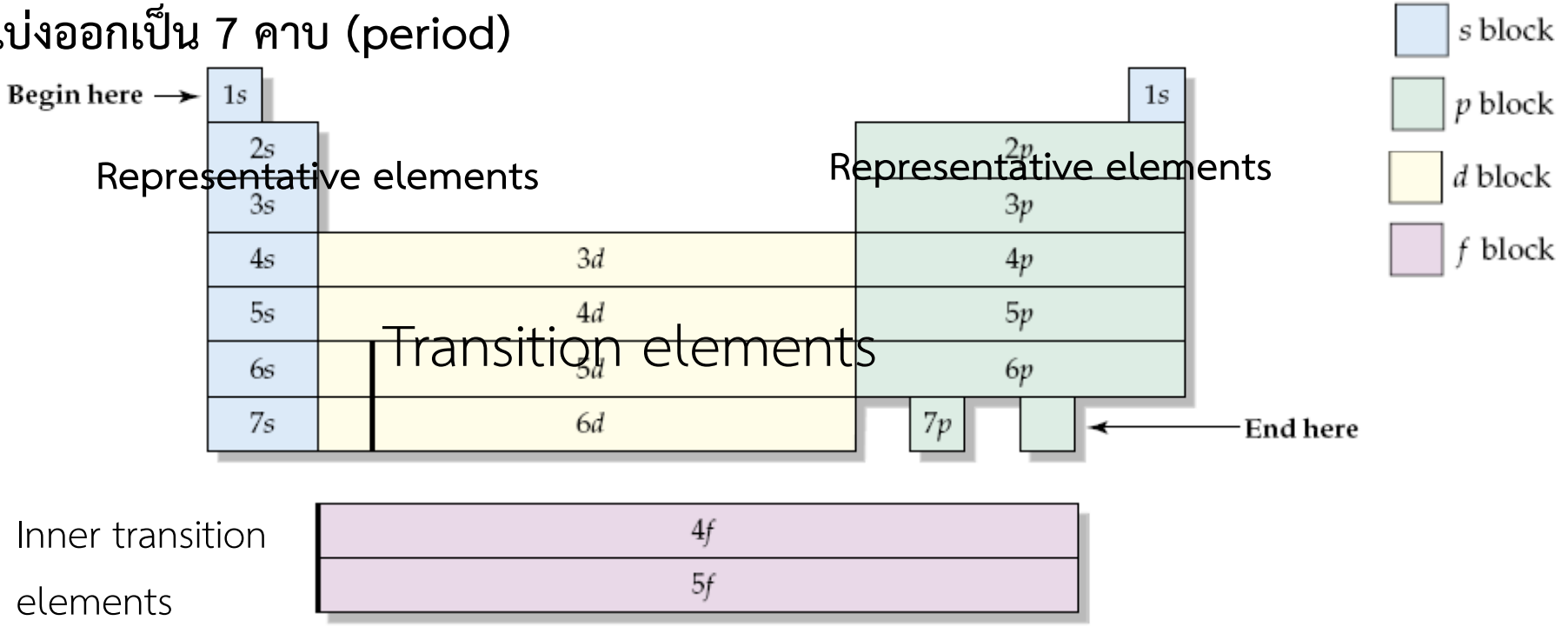
curium-248

18 คอลัมน์ เรียกว่า หมู่ (group) ตามการจัดเรียงตัวของวาเลนซ์อิเล็คตรอนเหมือนกัน ต่างกันเพียงเลขควอนตัมหลักเท่านั้น



https://sciencenotes.org/printable-periodic-table/

- **ตามแนวนอนแบ่งออกเป็น 7 คาบ (period)**



ตามแนวตั้ง (คอลัมน์) แบ่งเป็น 18 หมู่

ธาตุในหมู่เดียวกันมีโครงสร้างอิเล็คตรอนเหมือนกัน (โดยอาศัยโครงสร้างอิเล็คตรอนที่มีไม่เต็มในวงนอกสุด)

1. ns^1 หรือ ns^2 สำหรับธาตุ s block (IA alkali และ IIA alkali earth)
2. $ns^2\ np^x$ (x = 1-6) ธาตุ p block (IIIA – VIIA nonmetal และ VIIIA noble gas)
3. $(n-1)d^x\ ns^2$ (x = 1-10) สำหรับธาตุ d block (transition element)
4. $(n-2)f^x\ ns^2$ หรือ $(n-2)f^x\ (n-1)d^1\ ns^2$ สำหรับธาตุ f block (Lanthanide and Actinide)

การจัดเรียงธาตุตามหมู่ (Group)

ธาตุหมู่ A (Representative elements) ได้แก่

Block	Group	Common name	จัดเรียงวาเลนซ์อิเล็กตรอน		
s	หมู่ IA	Alkali metals	ns^1	$_3Li = 1s^2\ 2s^1$	$_{11}Na = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$
s	หมู่ IIA	Alkaline metals	ns^2	$_4Be = 1s^2\ 2s^2$	$_{12}Mg = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$
p	หมู่ IIIA	Triel elements	$ns^2\ np^1$	$_5B = 1s^2\ 2s^2\ 2p^1$	$_{13}Al = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$
p	หมู่ IVA	Tetrel elements	$ns^2\ np^2$	$_6C = 1s^2\ 2s^2\ 2p^2$	$_{14}Si= 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$
p	หมู่ VA	Pnicogens	$ns^2\ np^3$	$_7N = 1s^2\ 2s^2\ 2p^3$	$_{15}P = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$
p	หมู่ VIA	Chalcogens	$ns^2\ np^4$	$_8O = 1s^2\ 2s^2\ 2p^4$	$_{16}S = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$
p	หมู่ VIIA	Halogen	$ns^2\ np^5$	$_9F = 1s^2\ 2s^2\ 2p^5$	$_{17}Cl = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$
p	หมู่ VIIIA	Noble gases	$ns^2\ np^6$	$_{10}Ne = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$	$_{18}Ar = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

ธาตุหมู่ B (Transition elements) เป็น d block ได้แก่

Group	จัดเรียงวาเลนซ์อิเล็กตรอน	
หมู่ IIIB	$ns^2\ (n-1)d^1$	$_{21}Sc = [Ar]\ 4s^2\ 3d^1$
หมู่ IVB	$ns^2\ (n-1)d^2$	$_{22}Ti = [Ar]\ 4s^2\ 3d^2$
หมู่ VB	$ns^2\ (n-1)d^3$	$_{23}V = [Ar]\ 4s^2\ 3d^3$
หมู่ VIB	$ns^2\ (n-1)d^4$	$_{24}Cr = [Ar]\ 4s^1\ 3d^5$ (half-filled)
หมู่ VIIB	$ns^2\ (n-1)d^5$	$_{25}Mn = [Ar]\ 4s^2\ 3d^5$
หมู่ VIIIB	$ns^2\ (n-1)d^6$	$_{26}Fe = [Ar]\ 4s^2\ 3d^6$
	$ns^2\ (n-1)d^7$	$_{27}Co = [Ar]\ 4s^2\ 3d^7$
	$ns^2\ (n-1)d^8$	$_{28}Ni = [Ar]\ 4s^2\ 3d^8$
หมู่ IB	$ns^2\ (n-1)d^9$	$_{29}Cu = [Ar]\ 4s^1\ 3d^{10}$ (full-filled)
หมู่ IIB	$ns^2\ (n-1)d^{10}$	$_{30}Zn = [Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}$

$_{18}Ar = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

ธาตุหมู่ Lanthanide and Actinide เป็น f block ได้แก่

ธาตุ Lanthanides มีการเติมอิเล็คตรอนลงใน 4f orbital

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
138.9	140.1	140.9	144.2		150.4	152.0	157.3	158.9	162.5	164.9	167.3	168.9	173.1	175.0

ธาตุ Actinides มีการเติมอิเล็คตรอนลงใน 5f orbital

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
	232.0	231.0	238.0											

สมบัติต่างๆในตารางธาตุ

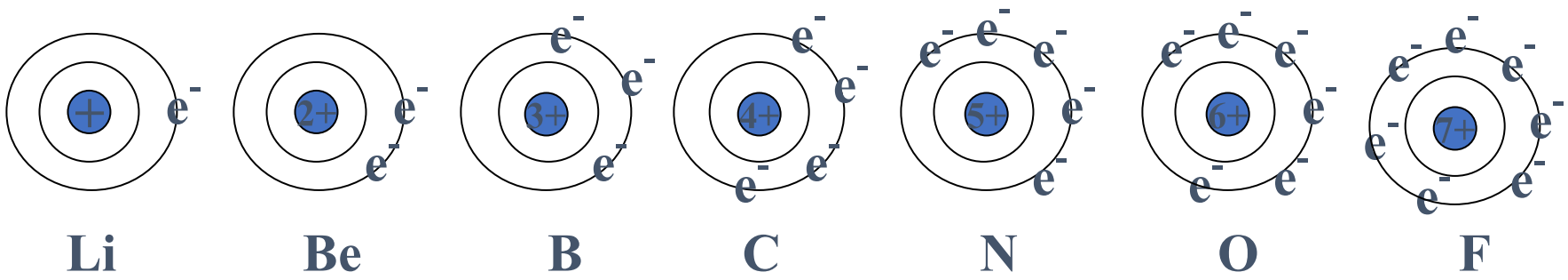
1. ขนาดอะตอม
2. ขนาดไอออน
3. พลังงานไอออไนเซชัน (ionization energy)
4. อิเล็กโตรเนกาติวิตี (electronegativity)
5. สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (electron affinity)
6. การนำไฟฟ้าและความร้อน
7. เลขออกซิเดชัน
8. ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (E^0)
9. ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา
10. แนวโน้มความเป็นกรด-เบสของสารประกอบ

1. ขนาดอะตอม

คาบเดียวกัน ➤ ขนาดเล็กลงจากซ้ายไปขวา

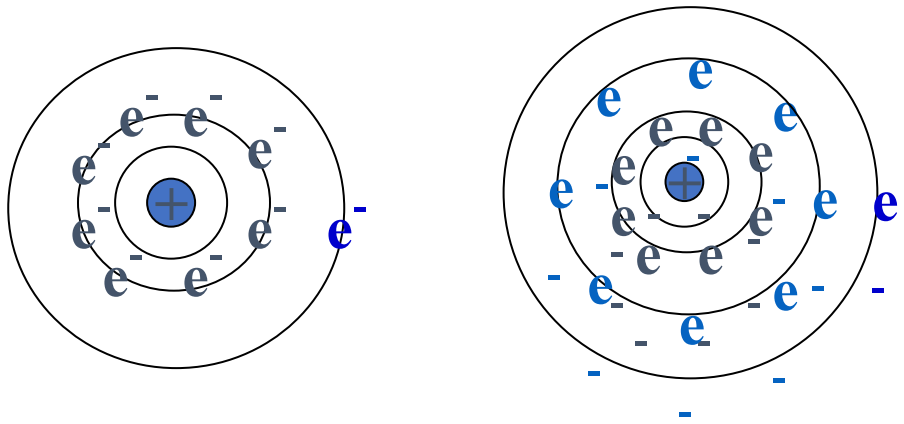
เนื่องจากในคาบเดียวกันเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจะเพิ่มขึ้นในระดับพลังงานเดียวกัน ดังนั้น “โปรตอนในนิวเคลียสเพิ่มขึ้น แต่ระดับพลังงานเท่าเดิม”

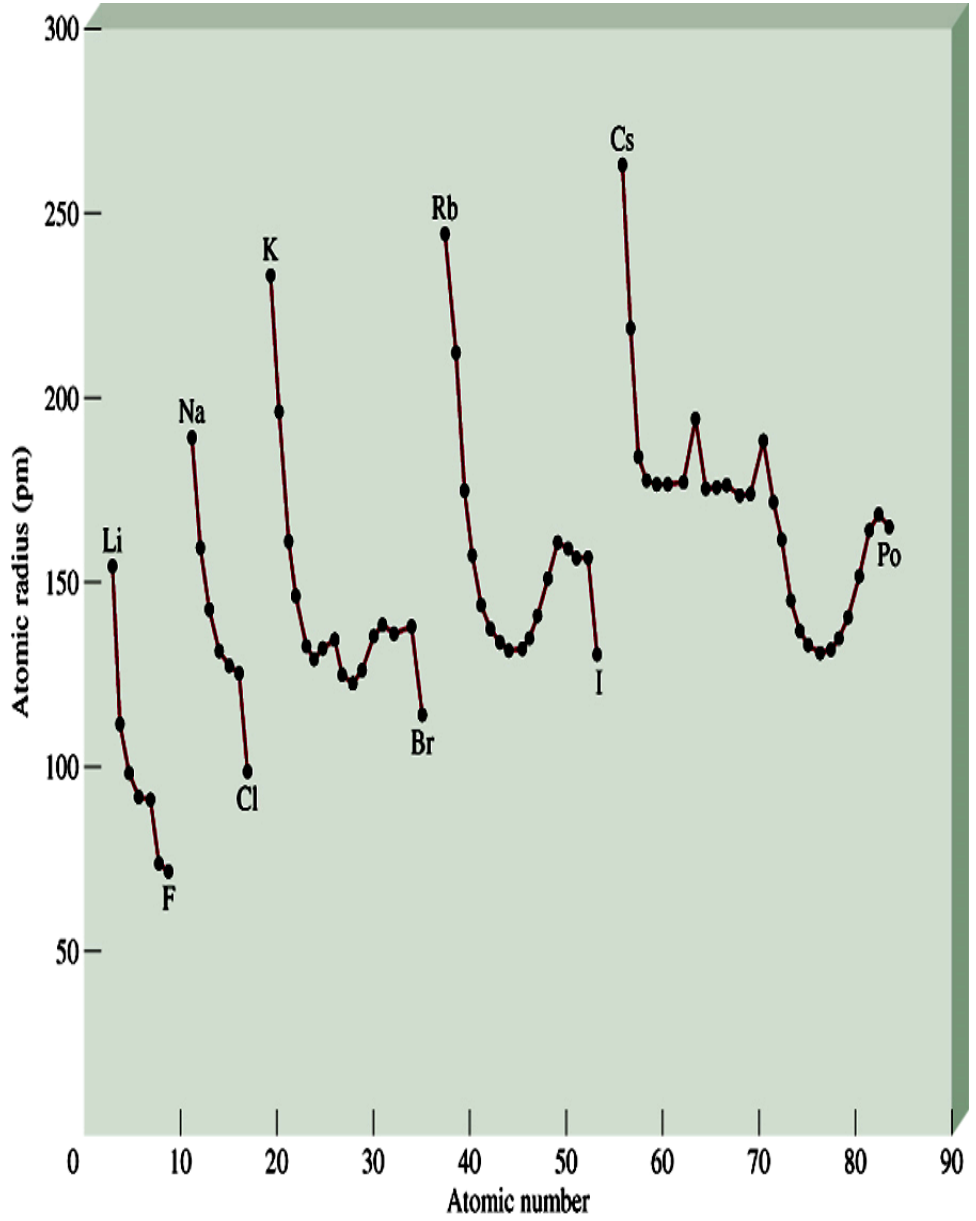
ประจุที่เพิ่มขึ้นจะดึงอิเล็กตรอนให้เข้าใกล้นิวเคลียสขึ้น อะตอมจึงเล็กลง



- **หมู่เดียวกัน ➤ ขนาดใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง**

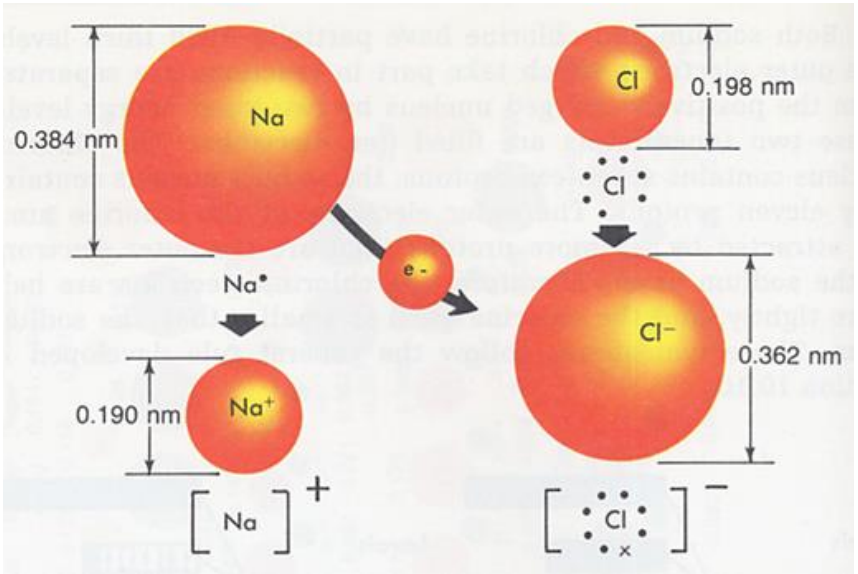
ประจุในนิวเคลียสเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง จะดึงอิเล็กตรอนได้แรงขึ้น แต่ชั้นของอิเล็กตรอนก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ทำให้ระยะห่างระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งอิเล็กตรอนชั้นในยังเป็นตัวกั้นการดึงดูดจากนิวเคลียสอีกด้วย ดังนั้นขนาดอะตอมจึงเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

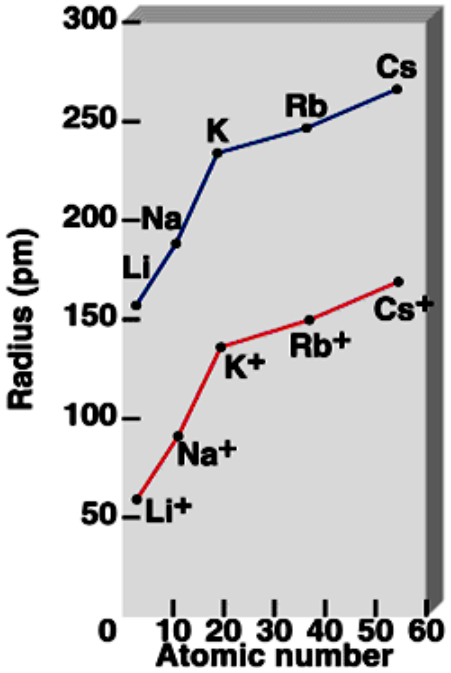


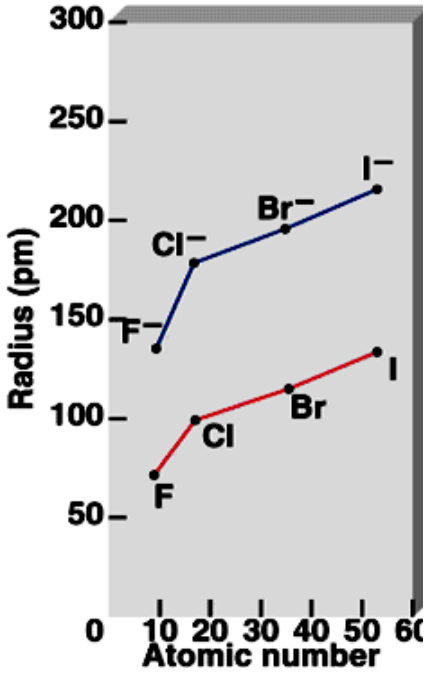


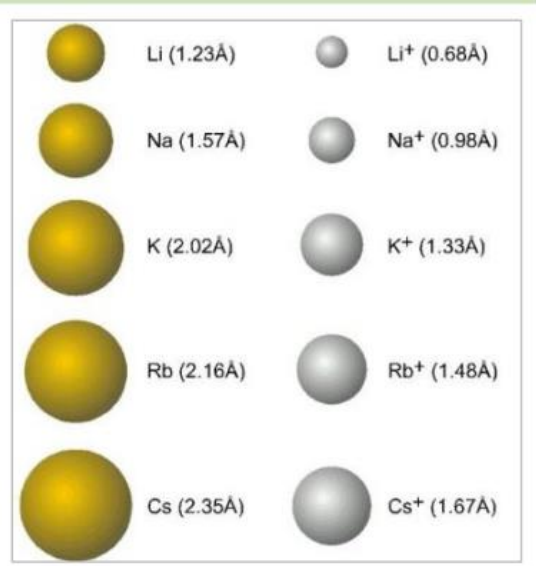
2. ขนาดไอออน

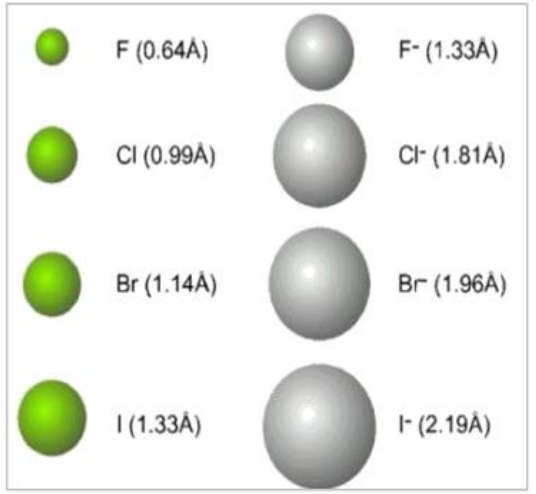
- ไอออนบวก ขนาดจะเล็กลงเพราะจ่ายอิเล็กตรอน
- ไอออนลบ ขนาดจะเพิ่มขึ้น เพราะรับอิเล็กตรอน











http://boomeria.org/chemlectures/textass2/firstsemass.html

3. พลังงานไอออไนเซชัน พลังงานน้อยที่สุดที่ต้องการใช้ในการแยกอิเล็กตรอนออกจากอะตอมอิสระในสภาวะพื้นของอะตอมนั้น

$IE_1 + X_{(g)} \longrightarrow X^+_{(g)} +$ IE_1 first ionization energy

$IE_2 + X_{(g)} \xrightarrow{e^-} X^{2+}_{(g)} + e^-$ IE_2 second ionization energy

$IE_3 + X_{(g)} \longrightarrow X^{3+}_{(g)} + e^-$ IE_3 third ionization energy

$$IE_1 < IE_2 < IE_3$$

<u>แนวโน้มพลังงานไอออไนเซชัน</u>

คาบเดียวกัน เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

หมู่เดียวกัน ลดลงจากบนลงล่าง

4. อิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity, EN)

คือ ความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนเข้ามาหาอะตอมนั้น

ธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง

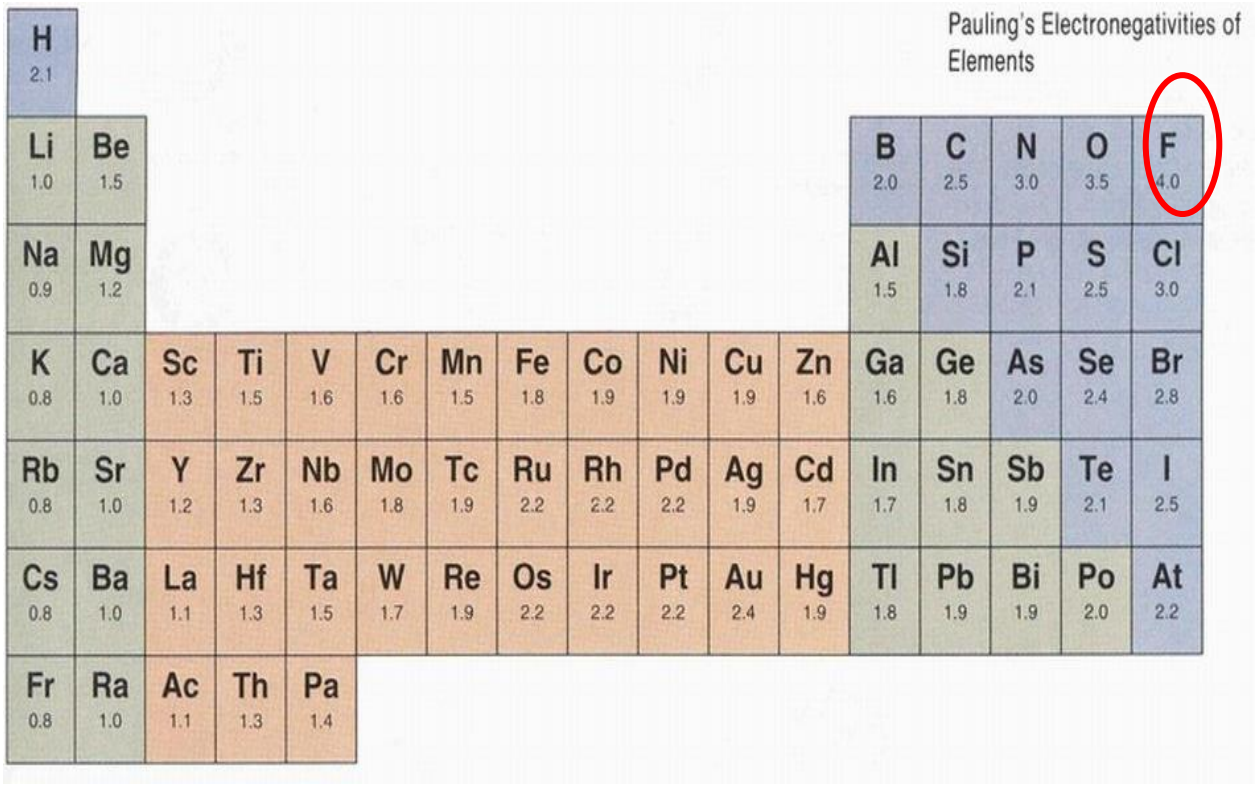
⬇

ธาตุที่มีความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ในการสร้างพันธะได้มาก

แนวโน้มค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี

คาบเดียวกัน → เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

หมู่เดียวกัน → ลดลงจากบนลงล่าง



5. สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (*Electron affinity,* EA)

คือพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการรับอิเล็กตรอนเข้าไป 1 อิเล็กตรอน ของอะตอมธาตุแล้วเกิดเป็นแอนไอออน ณ สถานะแก๊ส

$$X_{(g)} + e^- \longrightarrow X^-_{(g)} + EA$$

$$O_{(g)} + e^- \longrightarrow O^-_{(g)} + EA$$

EA เป็นลบ = รับอิเล็คตรอนได้ง่าย

EA เป็นบวก = ไอออนลบที่เกิดขึ้นไม่เสถียร

<u>แนวโน้มสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน</u>

ในคาบเดียวกัน EA เพิ่มจากซ้ายไปขวา เพราะ nuclear charge เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา และมีขนาดเล็กกว่าทางซ้าย จึงดึงดูดอิเล็กตรอนเข้ามาได้ดีกว่า

ในหมู่เดียวกัน EA ลดลงจากบนลงล่างเล็กน้อย เพราะธาตุข้างบนมีขนาดเล็กกว่าธาตุข้างล่างจึงดึงดูดอิเล็กตรอนเข้ามาได้ดีกว่า ทำให้ธาตุข้างบนมีค่า EA มากกว่า

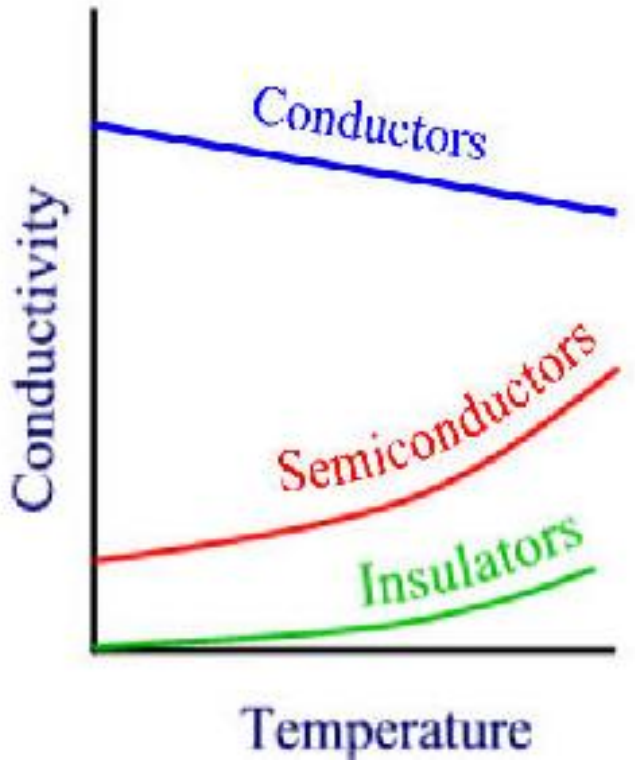
1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
H							He
-72							+20
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
-60	+240	-23	-123	0	-141	-322	+30
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
-53	+230	-44	-120	-74	-201	-348	+35
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
-48	+150	-40	-116	-77	-195	-324	+40
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
-46	+160	-40	-121	-101	-190	-295	+40
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn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

ทำไมโลหะหมู่ 2A จึงรับอิเล็กตรอนได้ยากกว่าโลหะหมู่ 1A

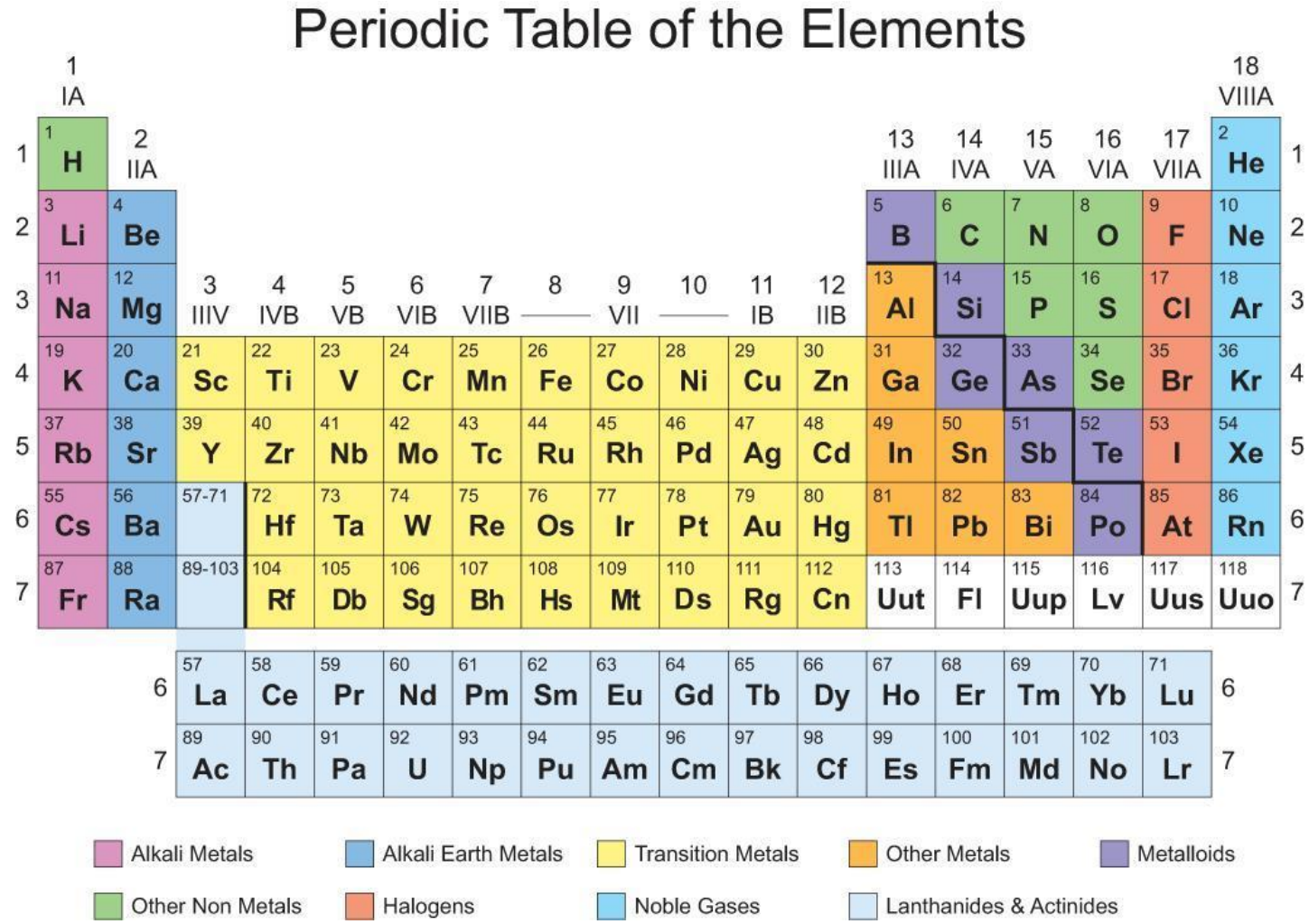
โลหะหมู่ 2A มีอิเล็กตรอนอยู่เต็ม subshell s แล้ว อิเล็กตรอนที่เข้ามาใหม่จะอยู่ห่างจากนิวเคลียสและถูก shield มากกว่า ในกรณีของโลหะหมู่ 1A ที่ยังมีที่ว่างใน subshell s

6. การนำไฟฟ้าและความร้อน

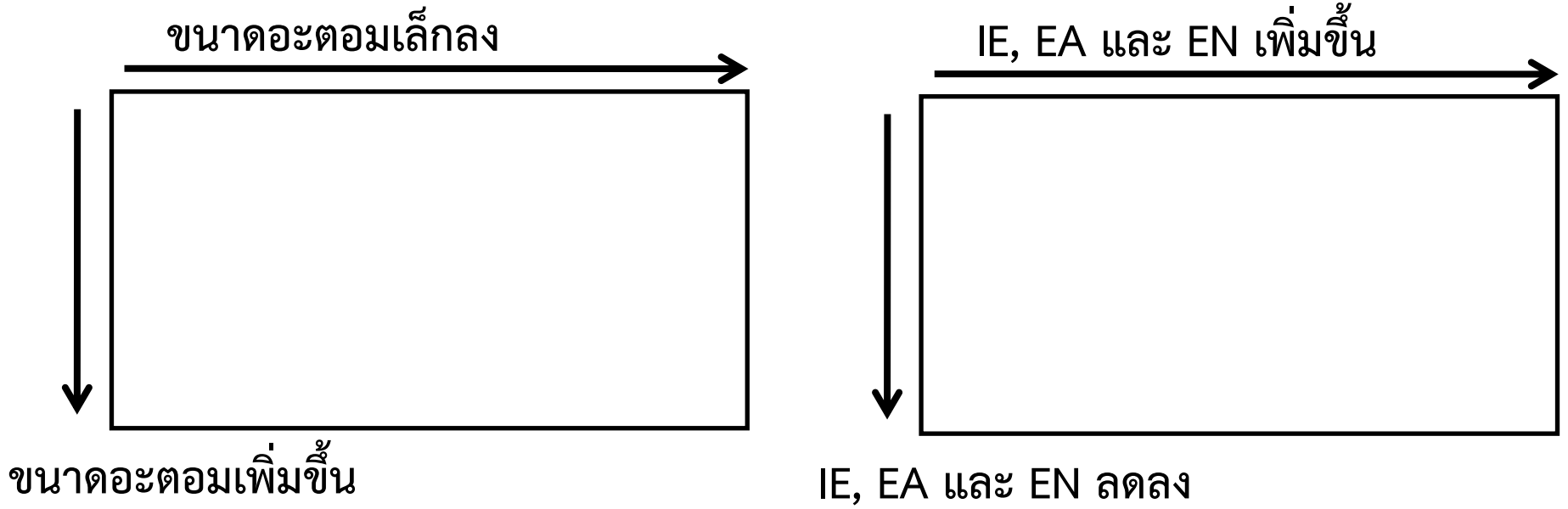
- โลหะ สามารถนำไฟฟ้าและความร้อนได้ ถ้ามีอิเล็กตรอนอิสระ แต่การนำไฟฟ้าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- กึ่งโลหะ นำไฟฟ้าได้เล็กน้อย แต่จะนำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- อโลหะ เป็นฉนวน มีความต้านทานสูงมาก



http://faculty.chem.queensu.ca/people/faculty/mombourquette/FirstYrChem/Molecular/bands/



สรุป



IE, EA และ EN เกี่ยวข้องกับการดึงดูดอิเล็กตรอนของธาตุ
ธาตุที่ดึงดูดอิเล็กตรอนได้ดีมากจะมีค่าทั้ง 3 สูง

7. เลขออกซิเดชัน

เลขออกซิเดชัน : สารประกอบมักจะแสดงเลขออกซิเดชันที่มีค่าเท่ากับเลขหมู่นั้น

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

8. ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (E^0)

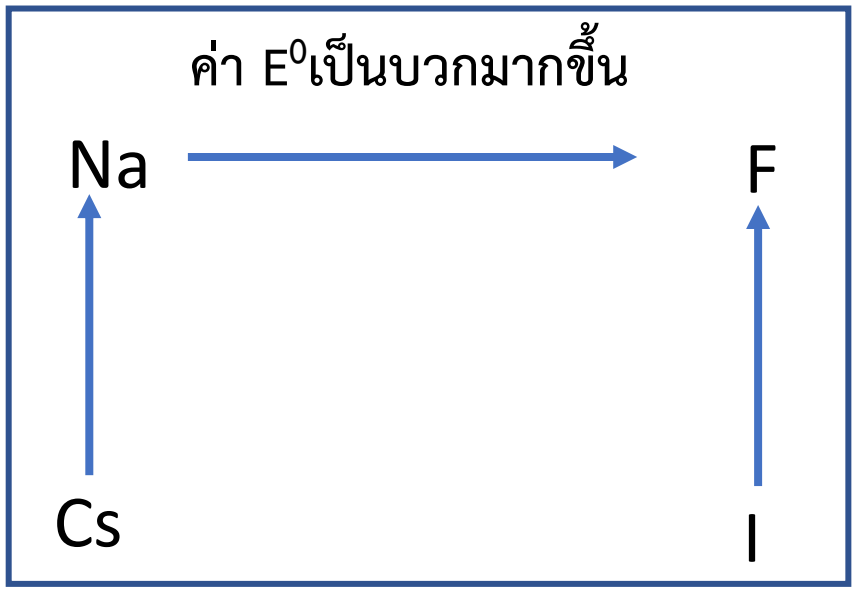
ตัวรีดิวซ์

$Li^+ + e^- \rightarrow Li$ ($E^0 = -3.04$)

$Na^+ + e^- \rightarrow Na$ ($E^0 = -2.71$)

$Cs^+ + e^- \rightarrow Cs$ ($E^0 = -2.95$)

ตัวรีดิวซ์ที่แรง



ตัวออกซิไดซ์

$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$ ($E^0 = +2.87$)

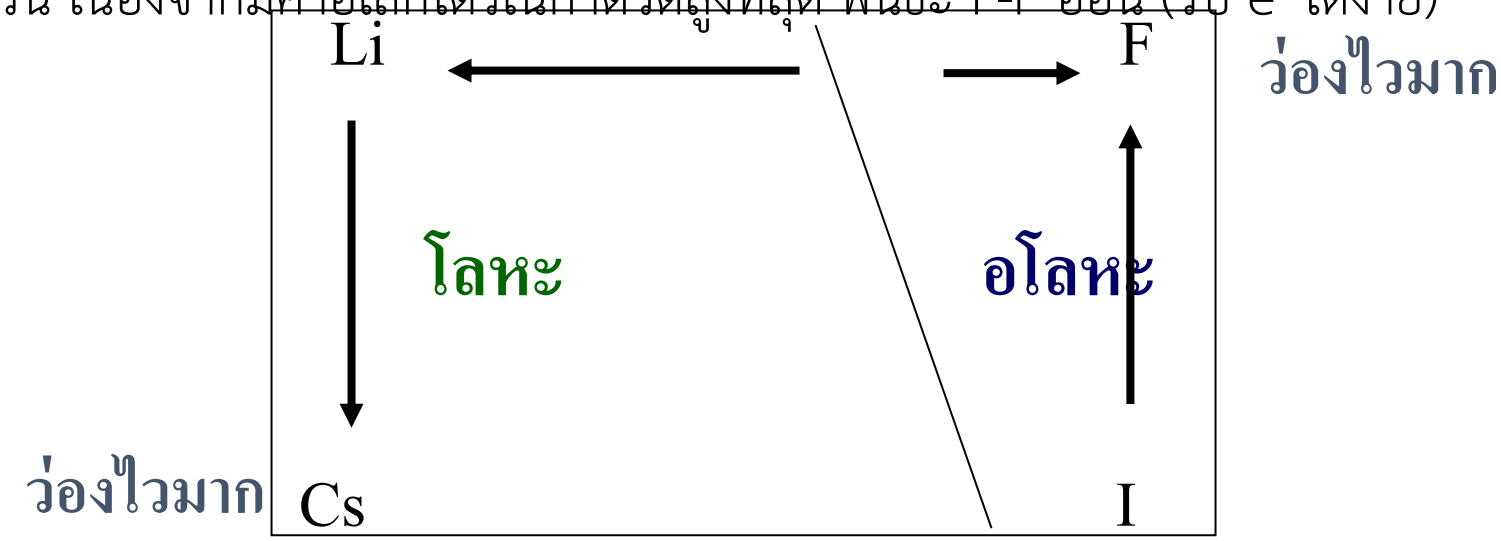
ตัวออกซิไดซ์ที่แรง

$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$ ($E^0 = +0.54$)

- โลหะทางด้านซ้ายของตารางธาตุเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีมาก เสียอิเล็กตรอนได้ง่าย และโลหะหนักเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีขึ้น
- อโลหะเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีมากรับอิเล็กตรอนได้ดี สอดคล้องกับค่า IE, EN

9. ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา

- โลหะหมู่ 1A : พันธะโลหะไม่แข็งแรง พลังงานไอออไนเซชันต่ำที่สุด ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาที่สุด
- ในหมู่เดียวกัน โลหะหนักจะว่องไวกว่า (ขนาดอะตอมใหญ่ เสีย e^- ได้ง่าย)
- อโลหะที่ว่องไวที่สุด คือ ฟลูออรีน เนื่องจากมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงที่สุด พันธะ F-F อ่อน (รับ e^- ได้ง่าย)



- อโลหะสามารถทำปฏิกิริยากับอโลหะด้วยกันเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ได้
- ปฏิกิริยามักเกิดเมื่อให้ความร้อนจำนวนหนึ่งเพื่อทำลายพันธะโคเวเลนต์ที่มีอยู่เดิม

$$2H_2(g) \xrightarrow{\text{เผาไหม้}} 2H_2O(l)$$

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{\text{อุณหภูมิ, ความดันสูง}} 2NH_3(g)$$

10. แนวโน้มความเป็นกรด-เบสของสารประกอบ

1. สารประกอบออกไซด์ ได้แก่ สารประกอบระหว่างธาตุหนึ่ง ๆ กับออกซิเจน (O-2) โดยที่ออกซิเจนมีเลขออกซิเดชันเป็น **-2** เช่น Na_2O, B_2O_3 , P_2O_5

2. สารประกอบไฮดรอกไซด์ ได้แก่ สารประกอบที่มีหมู่ –OH (ประจุเป็น **-1**) ถ้าธาตุเกิดพันธะด้วยเป็นโลหะ สูตรทั่วไปเป็น $M(OH)_n$

3. สารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของโลหะ มีสมบัติเป็นเบส เช่น NaOH, $Ca(OH)_2$

4. สารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของอโลหะ มีสมบัติเป็นกรด เช่น $HClO_4$, H_2SO_4

5. สารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของกึ่งโลหะ มีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส (amphoteric) เช่น $Al(OH)_3$