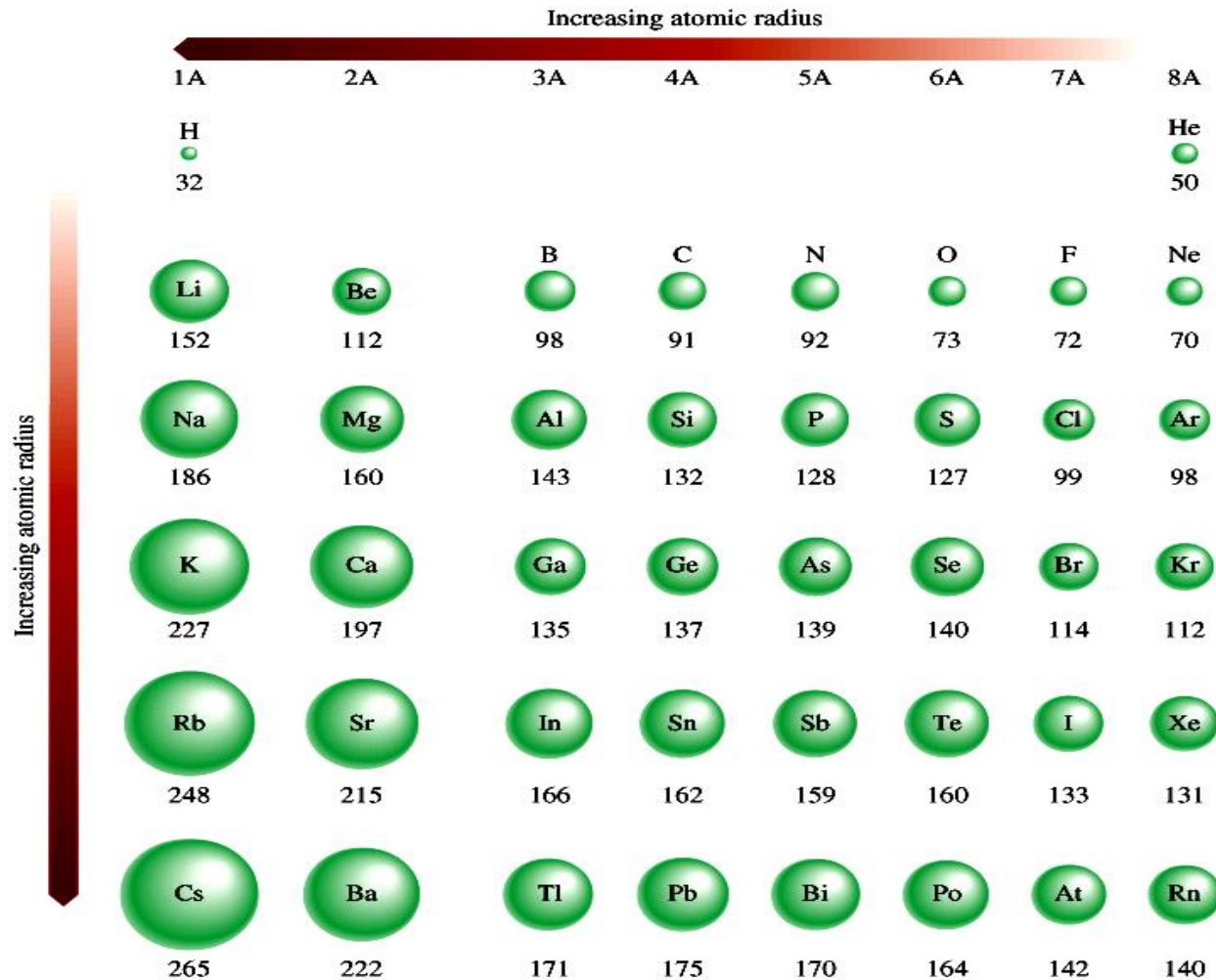


แนวโน้มตามตารางธาตุ



อาจารย์ ดร.นิรวรรณ ธรรมจันทร์

วิชา คอ 221

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วิวัฒนาการของตารางธาตุ

เคอเบอไรเนอร์

นิวแลนด์ส

เมนเดเลเอฟ

โมสลีย์



มวลอะตอม



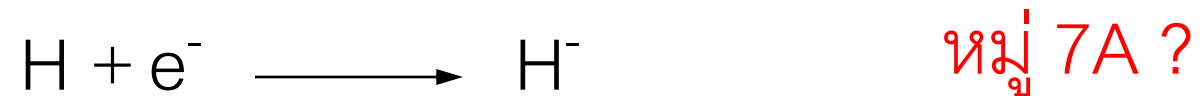
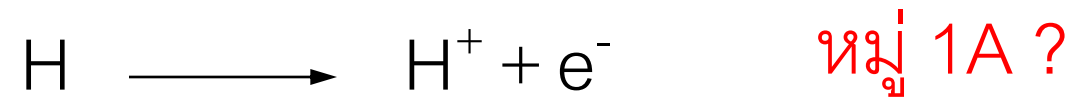
เลขอะตอม

ประโยชน์ของตารางธาตุ

- ใช้ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม
- สามารถระบุสมบัติที่คล้ายคลึงหรือสมบัติที่แตกต่างของสารประกอบของธาตุต่างๆ ได้
- ทำนายสมบัติของธาตุอื่นที่ไม่ทราบ

H (1S¹)

ไฮโดรเจนควรอยู่ที่ไหนในตารางธาตุ ?



H^+ เป็นกรด ส่วน H^- เป็นเบส

ไฮโดรเจนควรจัดแยกเป็นประเภทของมันเอง

Group 1, 2A

Representative elements

Group
8A

Group 3-7A

Transition element
Group 3-10

's' BLOCK

ns^{1-2}

'd' BLOCK

$(n-1)d^{1-10} ns^{1 \text{ or } 2}$

'p' BLOCK

$ns^2 np^{1-6}$

N
O
B
L
E

G
A
S
E
S

Inner Transition element

'f' BLOCK

$(n-2)f^{1-14} (n-1)d^{0 \text{ or } 1} ns^2$

โลหะแอลคาไล

ก๊าซเฉื่อย หรือ ก๊าซมีตระกูล

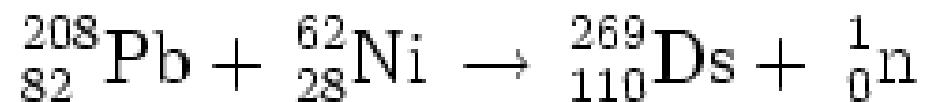


ธาตุที่สังเคราะห์ขึ้น

Mt = meitnerium



Ds = darmstadtium



ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้สร้างธาตุที่หนักขึ้น

โดยการระดมยิงธาตุที่หนักกว่า Pb ด้วยไอออนของธาตุที่เบากว่า Cr เพื่อให้ได้ธาตุที่เรียกว่า **ธาตุหนักยิ่งยวด (super heavy elements)** เช่น ธาตุลำดับที่ 112 หรือ 114 ซึ่งคาดว่าจะจะเป็นธาตุที่มีครึ่งชีวิตยาวเป็นหลายร้อยล้านปี

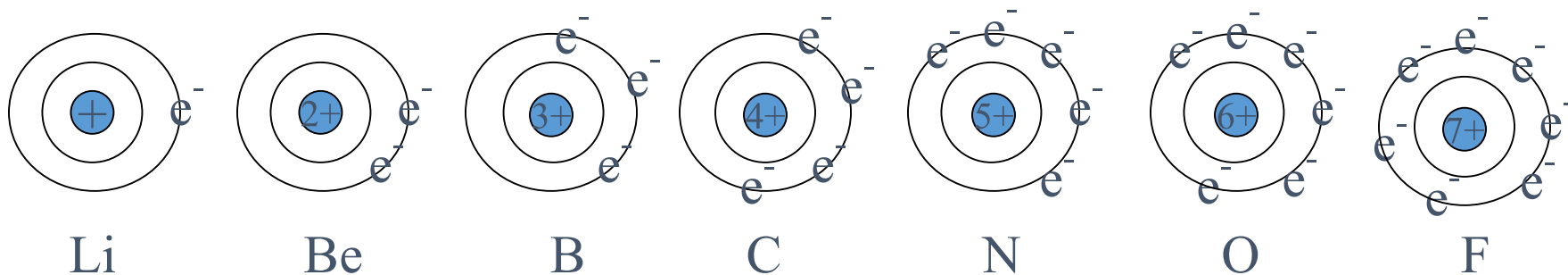
1.แนวโน้มขนาดอะตอมตามตารางธาตุ

คาบเดียวกัน ➤ ขนาดเล็กลงจากซ้ายไปขวา

เนื่องจากในคาบเดียวกันเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น ส่วนอิเล็กตรอนจะเพิ่มขึ้น
ในระดับพลังงานเดียวกัน ดังนั้น

“โปรตอนในนิวเคลียสเพิ่มขึ้น แต่ระดับพลังงานเท่าเดิม”

ประจุที่เพิ่มขึ้นจะดึงอิเล็กตรอนให้เข้าใกล้นิวเคลียสขึ้น อะตอมจึงเล็กลง



- หมู่เดียวกัน ➤ ขนาดใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง

ทั้งที่ประจุในนิวเคลียสเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

น่าจะดึงอิเล็กตรอนได้แรงขึ้น

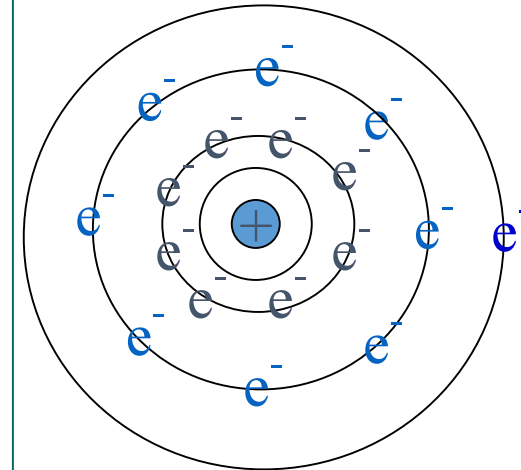
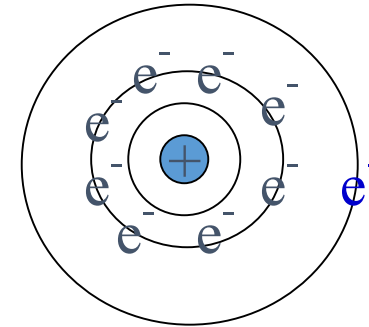
แต่ชั้นของอิเล็กตรอนก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน

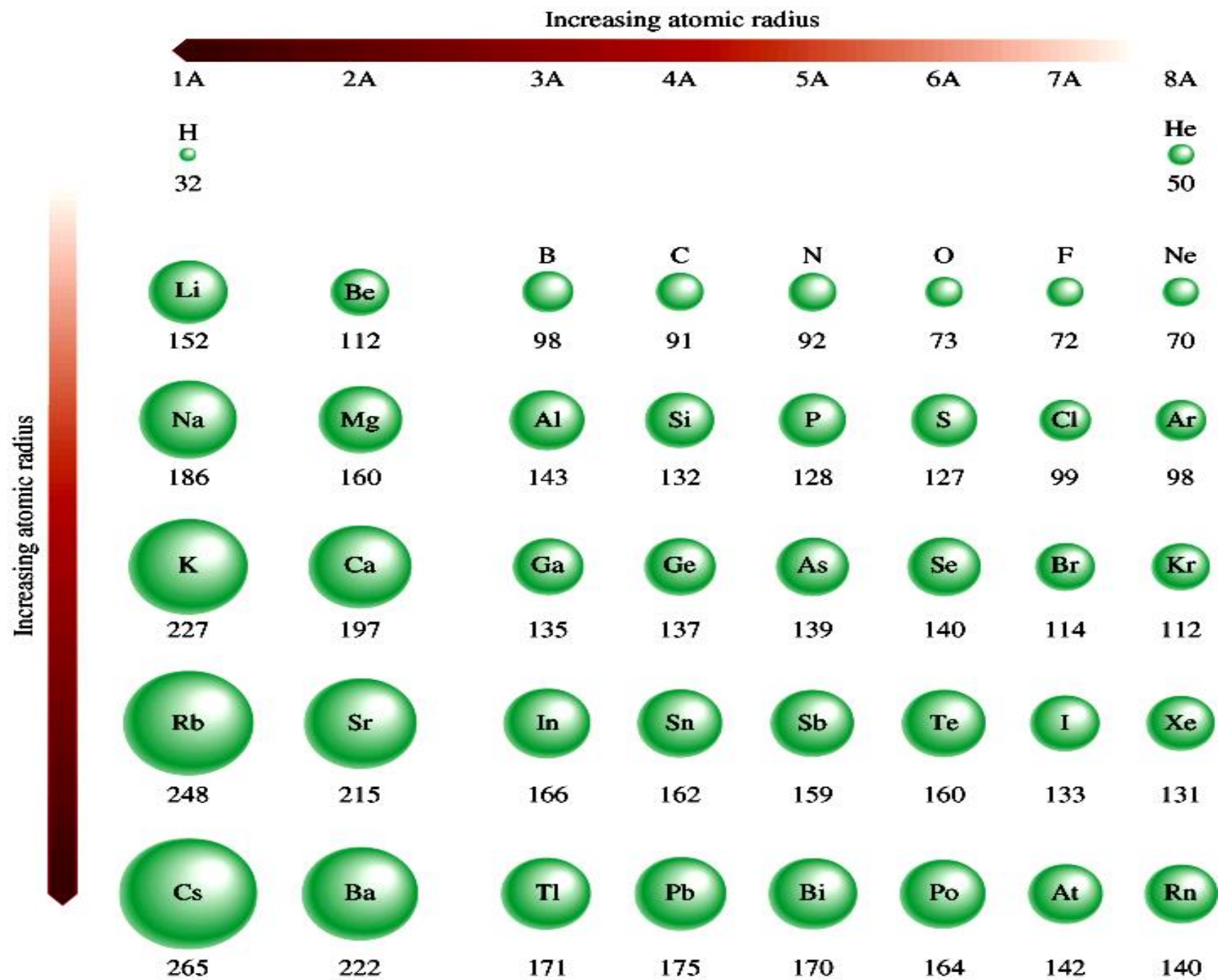
ทำให้ระยะห่างระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอน

ชั้นนอกสุดเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งอิเล็กตรอนชั้นใน

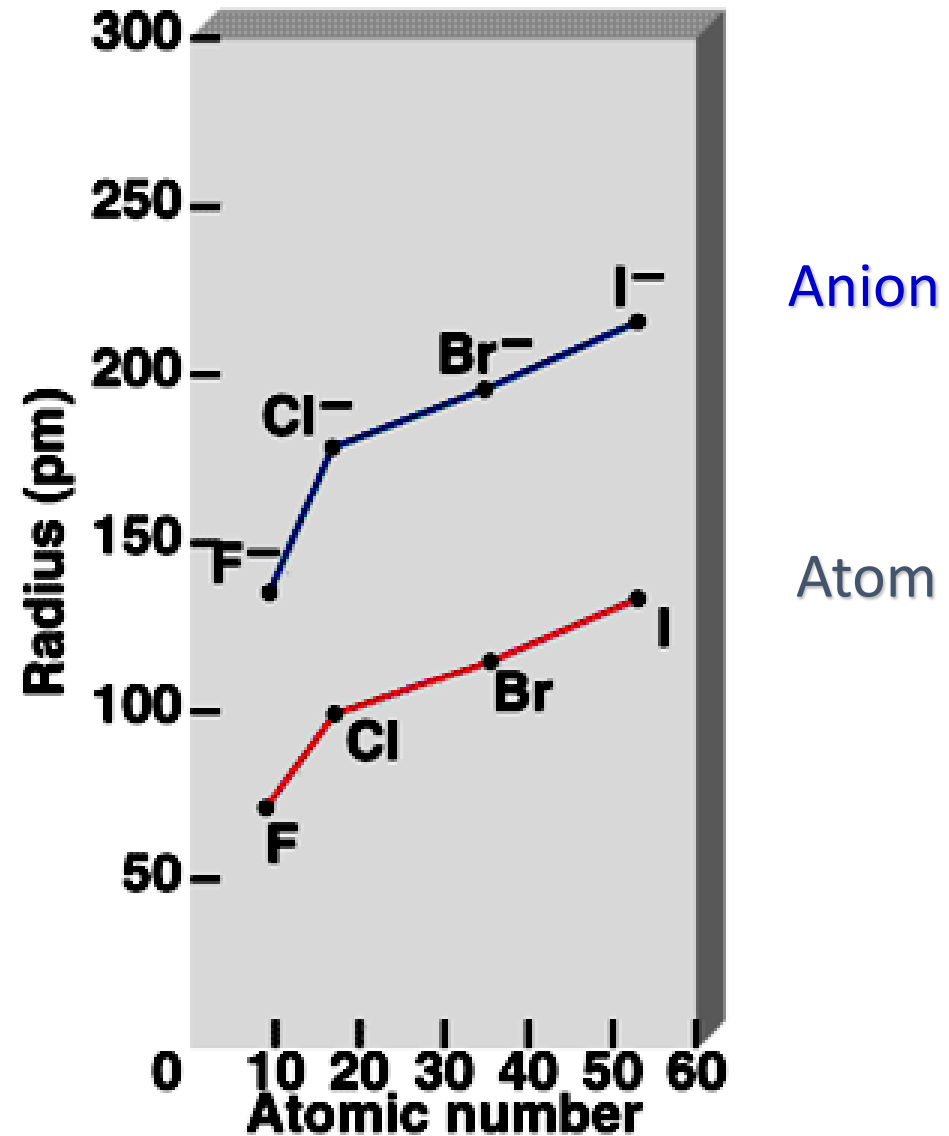
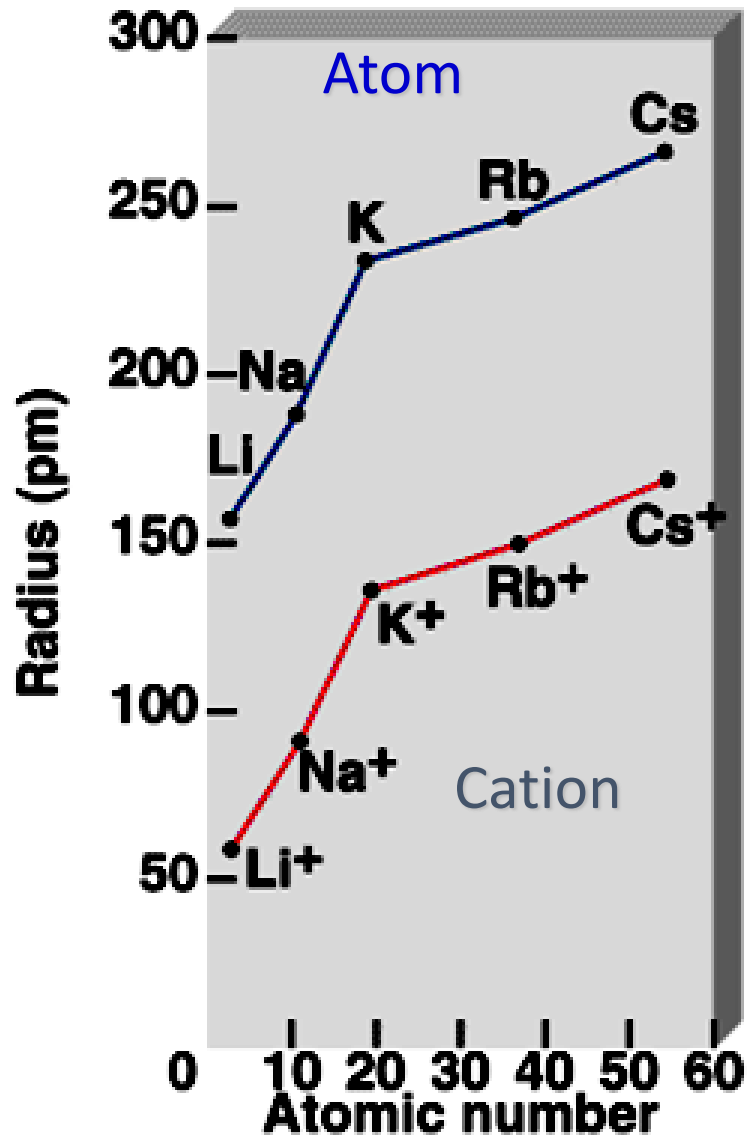
ยังเป็นตัวกันการดึงดูดจากนิวเคลียสอีกด้วย

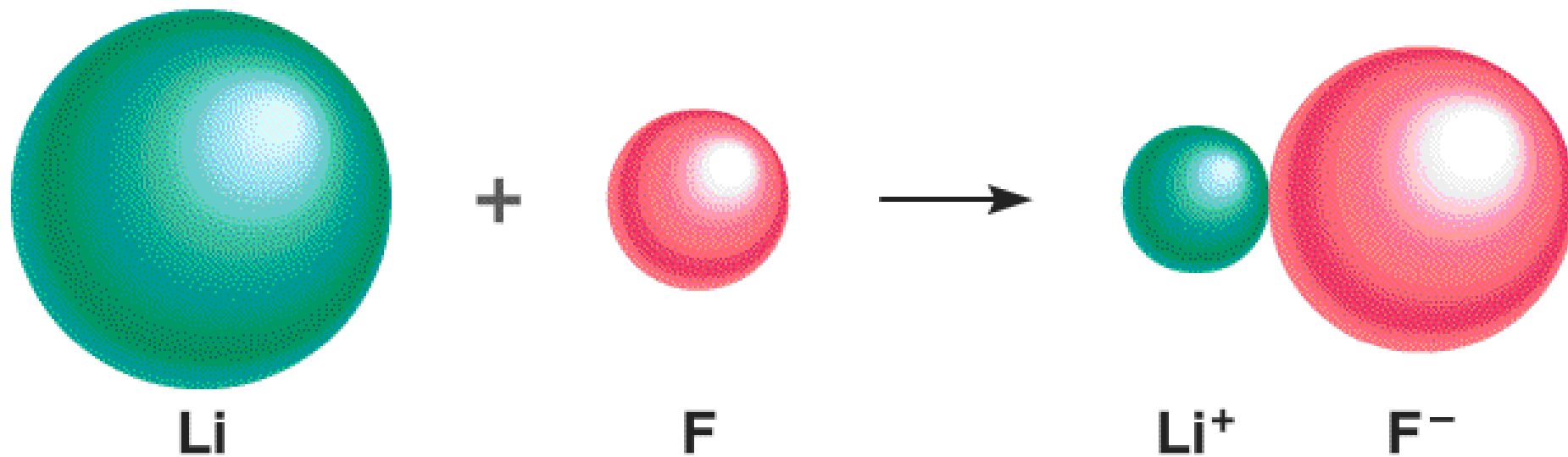
ดังนั้น ขนาดอะตอมจึงเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง





ขนาดไอออนเทียบกับขนาดอะตอม

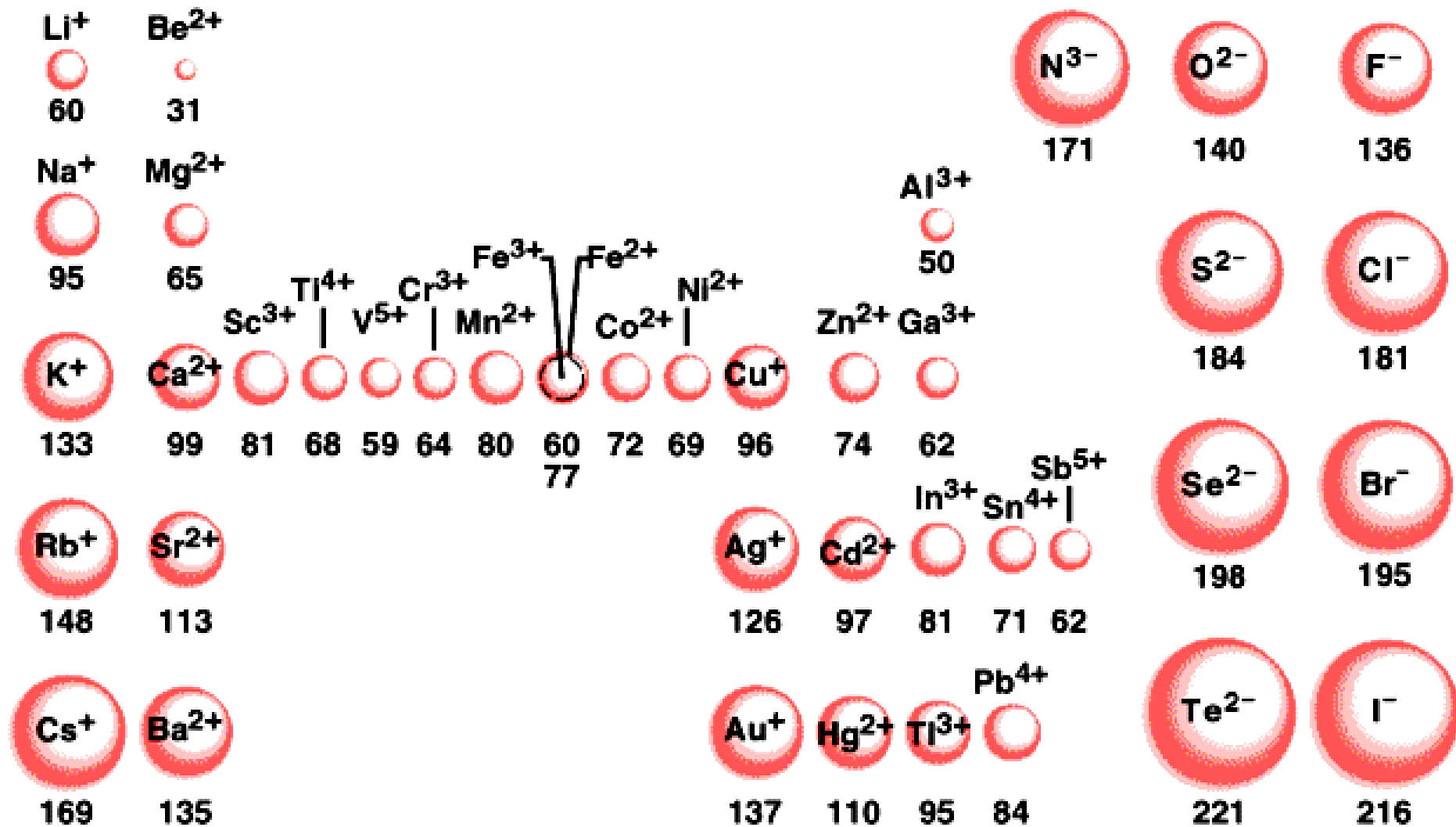




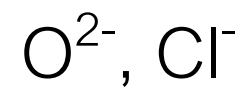
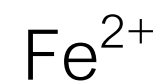
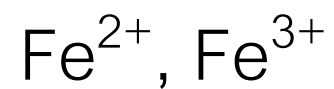
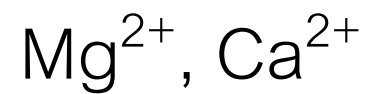
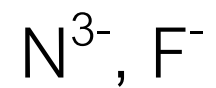
แคทไอออน มีขนาด **เล็กกว่า** ขนาดอะตอมของมันเสมอ

แอนไอออน มีขนาด **ใหญ่กว่า** ขนาดอะตอมของมันเสมอ

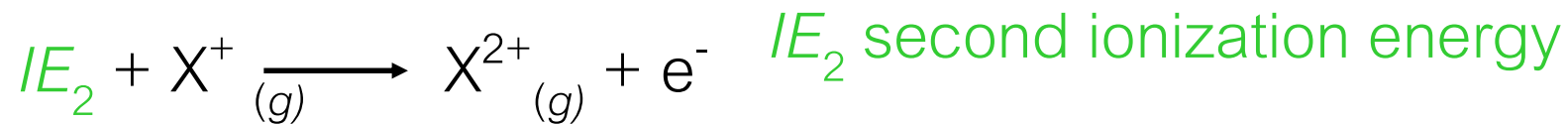
รัศมีของไอออน



ไอออนใดมีขนาดใหญ่กว่าในแต่ละคู่ต่อไปนี้



2. พลังงานไอออไนเซชัน พลังงานน้อยที่สุดที่ต้องการใช้ในการแยกอิเล็กตรอนออกจากอะตอมอิสระในสถานะพื้นของอะตอมนั้น



$$IE_1 < IE_2 < IE_3$$

แนวโน้มพลังงานไอออไนเซชัน

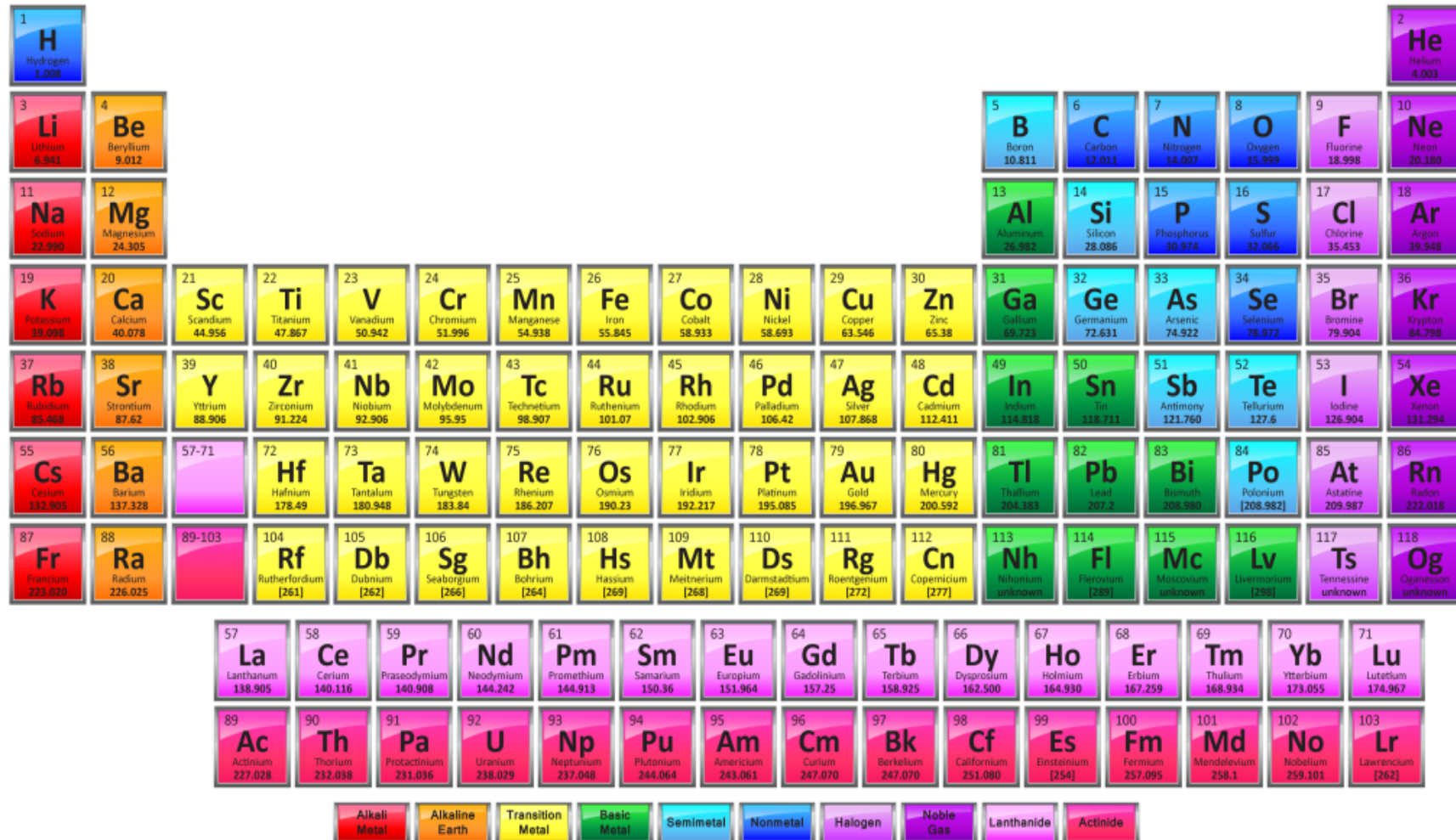
คาบเดียวกัน $\longrightarrow$ เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

หมู่เดียวกัน $\longrightarrow$ ลดลงจากบนลงล่าง

แนวโน้มพลังงานไอออไนซ์ขั้นที่ 1

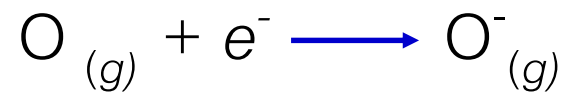
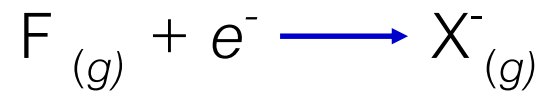
First Ionization Energy เพิ่มขึ้น

First Ionization Energy เพิ่มขึ้น



3. สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (*Electron affinity, EA*)

คือพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการรับอิเล็กตรอนเข้าไป 1 อิเล็กตรอนของอะตอมธาตุแล้วเกิดเป็นแอนไอออน ณ สถานะแก๊ส



แนวโน้มสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน

คาบเดียวกัน $\longrightarrow$ เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

หมู่เดียวกัน $\longrightarrow$ ลดลงจากบนลงล่าง

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

^aCalculated value.

ทำไมโลหะหมู่ 2A จึงรับอิเล็กตรอนได้ยากกว่าโลหะหมู่ 1A

โลหะหมู่ 2A มีอิเล็กตรอนอยู่เต็ม subshell s แล้ว อิเล็กตรอนที่เข้ามาใหม่จะอยู่ห่างจากนิวเคลียสและถูก shield มากกว่าในกรณีของโลหะหมู่ 1A ที่ยังมีที่ว่างใน subshell s

ธาตุใดมีค่า electron affinity สูงกว่า

Li, Na

Li

O, F

F

• สังเกต

ค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอนของโลหะหมู่ IIA มีค่าเป็นบวก เพราะ โลหะหมู่ IIA มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเป็น ns^2 การที่จะรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้าไป อิเล็กตรอนตัวใหม่จะไปอยู่ที่ np-ออร์บิทัล ซึ่งไกลจากนิวเคลียสและยังมีอิเล็กตรอนใน ns^2 กันแรงดึงดูดจากนิวเคลียสไว้ ดังนั้น อิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้าไปจึงไม่เสถียรนัก

4. อิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity, EN)

ความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนเข้ามาหาอะตอมนั้น

ธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง



ธาตุที่มีความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ในการ
สร้างพันธะได้มาก

แนวโน้มค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี

คาบเดียวกัน → เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

หมู่เดียวกัน → ลดลงจากบนลงล่าง

Pauling's Electronegativities of Elements

H 2.1																
Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0
Na 0.9	Mg 1.2											Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.9	Ni 1.9	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.3	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5
Cs 0.8	Ba 1.0	La 1.1	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.9	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2
Fr 0.8	Ra 1.0	Ac 1.1	Th 1.3	Pa 1.4												

ทั้ง IE, EA และ EN ต่างก็เกี่ยวข้องกับการ
ดึงดูดอิเล็กตรอนของธาตุ
ธาตุที่ดึงดูดอิเล็กตรอนได้ดีมากจะมีค่าทั้ง 3 สูง

สรุป

IE, EA และ EN เพิ่มขึ้น

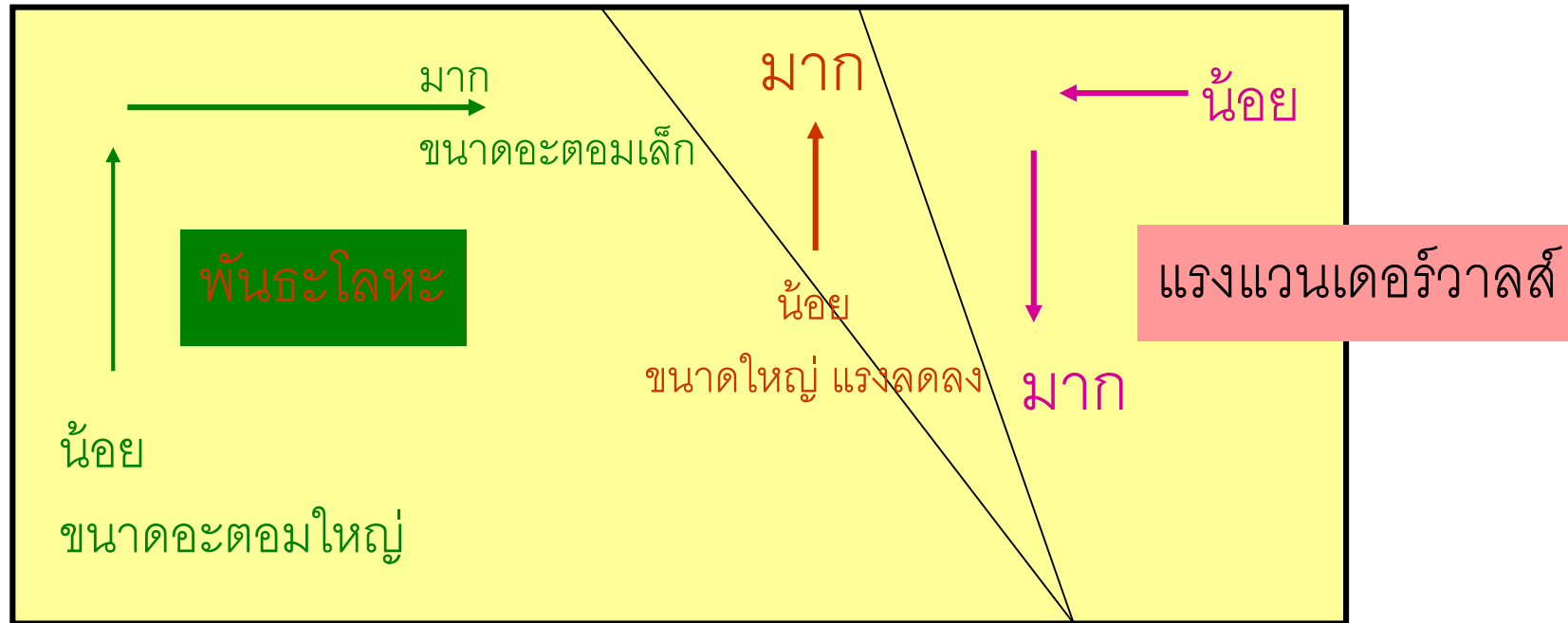


แนวโน้มของสมบัติทางกายภาพ

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างธาตุ แบ่งได้ 3 แบบ คือ พันธะโลหะ แรง
แวนเดอร์วาลส์หรือแรงลอนดอน และ พันธะโคเวเลนต์

- ธาตุกลุ่ม s กลุ่ม d กลุ่ม f และกลุ่ม p บางส่วนยึดกันด้วย พันธะโลหะ
- ธาตุบริเวณทางขวา เช่น N, O, Cl ก่อ พันธะโคเวเลนต์
- ธาตุหมู่ 8A ยึดกันด้วย แรงแวนเดอร์วาลส์

พันธะโควาเลนต์ (โครงสร้างตาข่าย)



พันธะโควาเลนต์แบบโครงร่างตาข่าย

- ขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น ความแข็งแรงลดลง ไม่สามารถบอกได้ว่าโมเลกุลหนึ่งประกอบด้วยกี่อะตอม เป็นโครงร่างแบบตาข่าย แรงยึดเหนี่ยวแบบนี้จึงแข็งแรงมาก

พันธะโลหะ

- เป็นแรงดึงดูดระหว่าง ไอออนบวกของโลหะกับทะเล e^-
- ความแข็งแรงขึ้นกับปริมาณ e^- ในโครงผลึก ขนาดของประจุบวกและขนาดของอะตอม
- แข็งแรงมากขึ้นเมื่ออะตอมมีขนาดเล็กลง

แรงแวนเดอร์วาลส์

- เป็นแรงที่อ่อนมาก พบในอะตอมและโมเลกุลทุกชนิด

1. ความหนาแน่น

- ขึ้นกับ ขนาด มวลของอะตอม โครงสร้างผลึกและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน
- ขนาดเล็ก มวลมาก และพันธะโลหะแข็งแรง ความหนาแน่นสูง



- โมเลกุลอะตอมเดี่ยว ความหนาแน่นต่ำ
- กลุ่มที่มีโครงร่างตาข่าย ความหนาแน่นปานกลาง
- ธาตุแทรนซิชัน มีความหนาแน่นสูงสุด

กลุ่มโลหะ

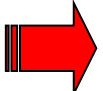
- ในคาบเดียวกันธาตุทางขวาซึ่งมีขนาดเล็ก แต่มวลมากกว่า และพันธะโลหะแข็งแรงกว่า จะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุทางซ้าย
- ธาตุหมู่ 1A มีความหนาแน่นต่ำที่สุด (มีขนาดอะตอมใหญ่)

- ในหมู่เดียวกัน ธาตุหนักจะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุเบา เนื่องจากมีอัตราการเพิ่มมวลเร็วกว่าการเพิ่มปริมาตร

ตัวอย่างเช่น K (เลขมวล 39) และ Rb (เลขมวล 85) มีรัศมีอะตอมเป็น 203 และ 216 pm ดังนั้น Rb จึงควรมีความหนาแน่นมากกว่า

โลหะทรานสิชัน

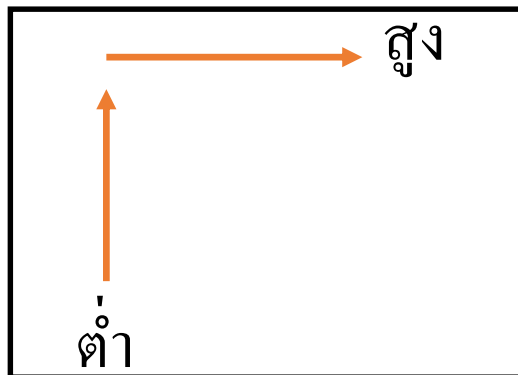
มีขนาดเล็กและมวลมาก พันธะโลหะแข็งแรง

 ความหนาแน่นสูงที่สุด

2. การหลอมเหลวและกลายเป็นไอ

เป็นการใช้พลังงานความร้อนแยกโมเลกุลที่จัดตัวเป็นระเบียบ
ในผลึกให้ห่างกัน เคลื่อนที่ไปมาได้บ้างจนถึงแยกจากกันโดย
เด็ดขาดในสภาวะแก๊ส

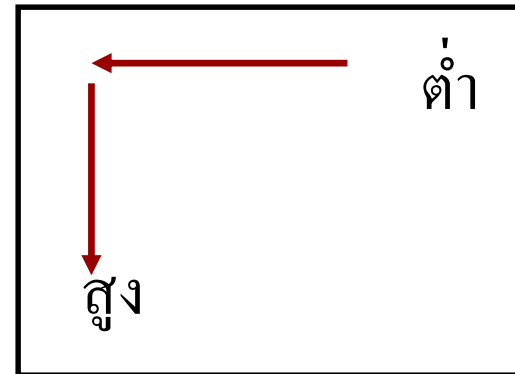
หมู่ IA



หมู่ IVA

หมู่ VA

หมู่ VIII



โครงสร้างโมเลกุลแบบเดี่ยว ใช้ความร้อนทำลายแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเป็นแรงขนาดอ่อน จุดหลอมเหลวและจุดเดือดจึงต่ำ แต่จะสูงขึ้นเมื่อโมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้น

พันธะโลหะและโครงร่างตาข่าย ใช้ความร้อนทำลายพันธะโลหะ หรือพันธะโคเวเลนต์ตามลำดับ จึงต้องใช้พลังงานมากกว่า

***โลหะทรานสิชัน มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงที่สุด (เชื่อมกันด้วยพันธะโลหะ) มีความหนาแน่นสูงเนื่องจากมีมวลมาก รองลงมาคือกลุ่มโครงร่างตาข่าย

3. การนำไฟฟ้าและความร้อน

โลหะ นำไฟฟ้าได้ดีในทุกทิศทาง และนำไฟฟ้าได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (โลหะเบา มีความหนาแน่นน้อย เช่น Li , Na , K และโลหะหนักมีความหนาแน่นมาก เช่น Fe , Cu , Zn)

อโลหะ ไม่นำไฟฟ้า หรือนำไฟฟ้าได้น้อยมาก

กึ่งโลหะ นำไฟฟ้าได้บ้างที่อุณหภูมิปกติ และนำไฟฟ้าได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

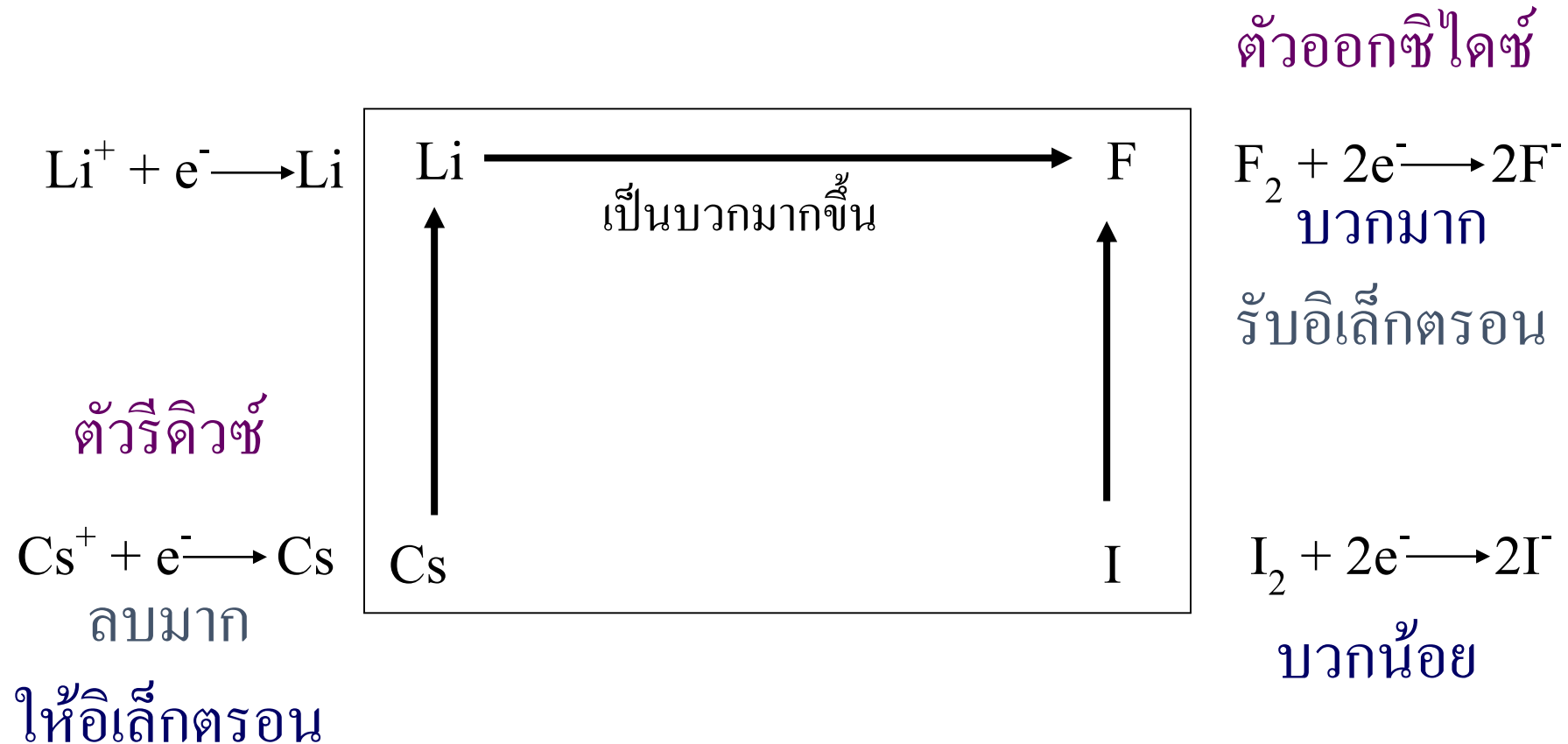
เลขออกซิเดชัน : สารประกอบมักจะแสดงเลขออกซิเดชันที่มีค่าเท่ากับเลขหมู่^uนั้น

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

แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (E^0)

แนวโน้มของศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานเป็นดังรูป



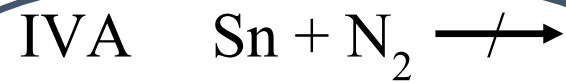
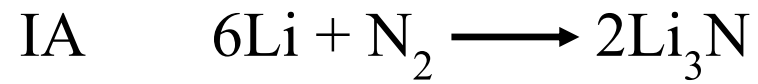
- โลหะทางด้านซ้ายของตารางธาตุเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีมาก
เสียอิเล็กตรอนได้ง่าย และโลหะหนักเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีขึ้น
- อโลหะเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีมากรับอิเล็กตรอนได้ดี
สอดคล้องกับค่า IE, EN

แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

การเข้าทำปฏิกิริยา

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

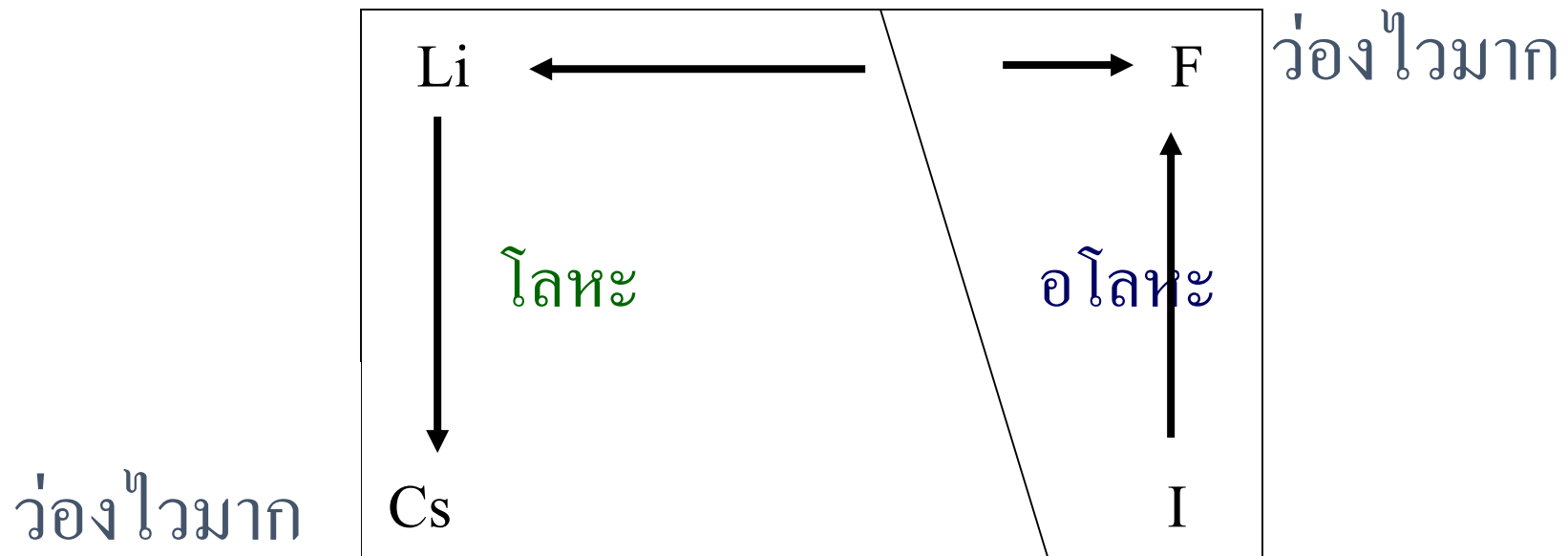
หมู่



อุณหภูมิห้อง

เผาจนร้อนแดง

เมื่อให้ความร้อน



- โลหะสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะด้วยกันเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ได้
- ปฏิกิริยามักเกิดเมื่อให้ความร้อนจำนวนหนึ่งเพื่อทำลายพันธะโคเวเลนต์ที่มีอยู่เดิม



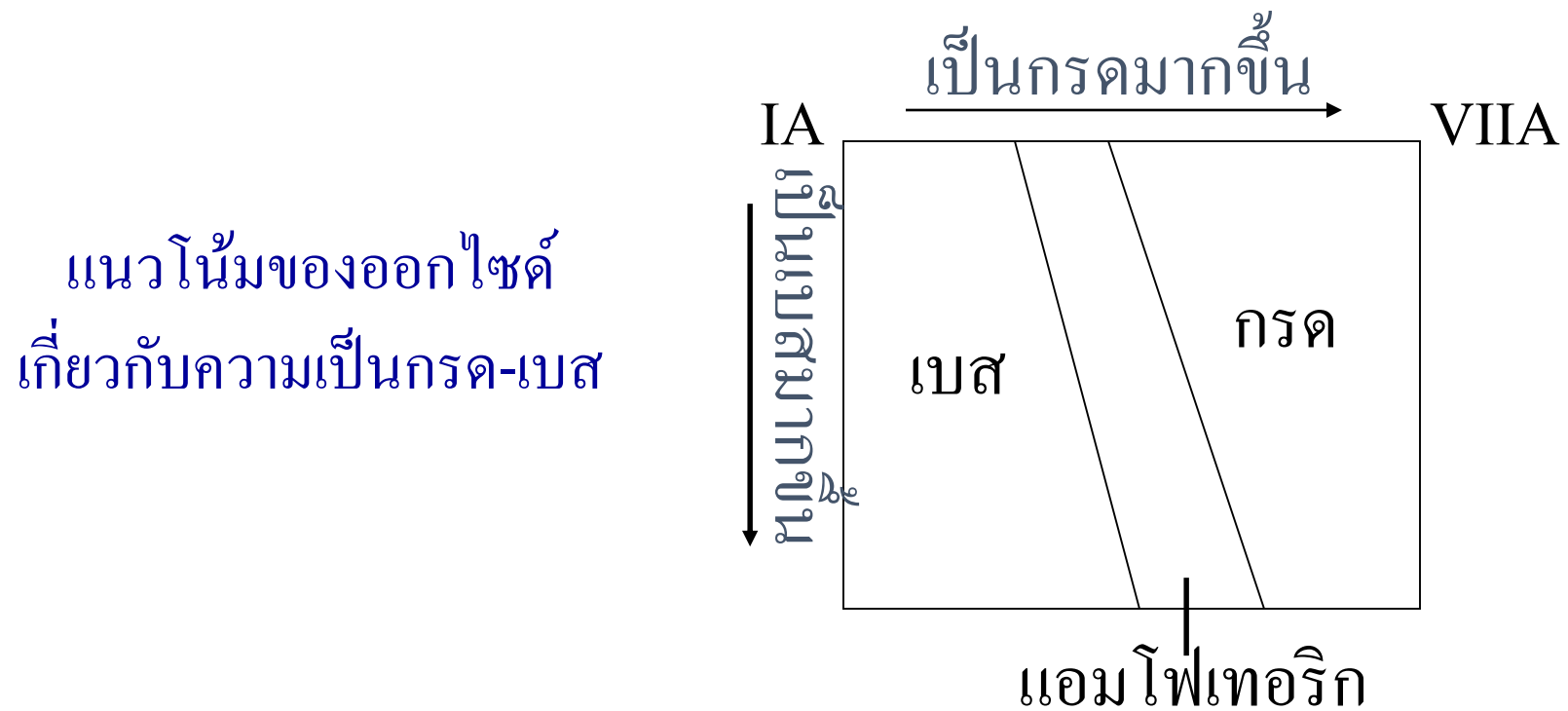
แนวโน้มน้ำความเป็นกรด-เบสของสารประกอบ

ออกไซด์และไฮดรอกไซด์

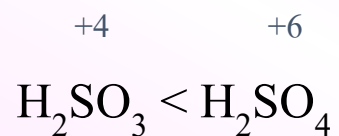
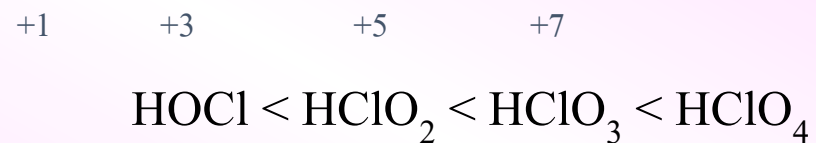
ออกไซด์ ได้แก่ สารประกอบ ระหว่างธาตุหนึ่งๆ กับออกซิเจน โดยที่ออกซิเจนมีเลขออกซิเดชันเป็น **-2** เช่น Na_2O , B_2O_3 , P_2O_5

ไฮดรอกไซด์ ได้แก่ สารประกอบที่มีหมู่ -OH โดยเฉพาะกรณีที่ธาตุก่อพันธะด้วยเป็นโลหะ สูตรทั่วไปเป็น $\text{M}(\text{OH})_n$ หมู่ -OH มีประจุเป็น **-1**

- พันธะระหว่าง M ใด ๆ กับ O ในสารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์เป็นพันธะไอออนิกหรือโคเวเลนต์ก็ได้ขึ้นอยู่กับ ความแตกต่างของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุ ทั้งสอง
- ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของธาตุทางซ้ายมือมีฤทธิ์เป็นเบส เมื่อเลื่อนมาทางขวา ความเป็นเบสจะลดลง จนเป็นกรดในที่สุด
- ในหมู่เดียวกัน ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของธาตุหนักจะเป็นเบสมากขึ้นตามแนวโน้ม (ให้ e^- ได้ง่าย)



- กรณีที่ธาตุหนึ่งมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ความเป็นกรดจะแรงขึ้นตามลำดับของเลขออกซิเดชันจากต่ำไปสูง (รับ e^- ได้ง่าย)



กรดอ่อน

กรดแก่

ไฮโดรด์

หมายถึง สารประกอบระหว่างธาตุหนึ่ง กับไฮโดรเจน แบ่งได้ 3 ชนิด ตามลักษณะของพันธะ

1. ไฮโดรด์ไอออนิก มีพันธะระหว่าง M^+ กับ H^- (ไอออนไฮโดรด์) ได้แก่ ไฮโดรด์ของธาตุกลุ่ม s เกือบทั้งหมด
2. ไฮโดรด์เมทัลิก มีอะตอมของไฮโดรเจนแทรกอยู่ในผลึก บางทีเรียกว่า interstitial hydride ได้แก่ ไฮโดรด์ของธาตุแทรนซิชัน รวมทั้งกลุ่มแลนทาไนด์และแอกทิไนด์
3. ไฮโดรด์โคเวเลนต์ มีพันธะโคเวเลนต์ระหว่างธาตุ M กับไฮโดรเจน ซึ่งส่วนมากมีเลขออกซิเดชันเป็น +1 ได้แก่ ไฮโดรด์ของธาตุกลุ่ม p เกือบทั้งหมด

สารประกอบไฮโดรด์ไอออนิก

- มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจาก H^- สามารถให้ใช้คู่อิเล็กตรอนร่วมกันได้
- ความเป็นเบสของไฮโดรด์จะลดลงจากซ้ายไปขวา แต่เพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

สารประกอบไฮโดรด์โคเวเลนต์

- ธาตุหนักยิ่งเป็นกรดแรงขึ้น ตามปัจจัย 3 ประการคือ
 - อิเล็กโตรเนกาติวิตี
 - ความแข็งแรงของพันธะ $M-H$ ซึ่งเปลี่ยนตามขนาดของ M
 - พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของไฮโดรด์

- ธาตุในคาบเดียวกัน

อิเล็กโตรเนกาติวิตีมีความสำคัญมาก เพราะขนาดของธาตุใกล้เคียงกัน ความเป็นกรดเรียงตามแนวโน้มของอิเล็กโตรเนกาติวิตี

- ธาตุในหมู่เดียวกัน

ขนาดของ M และพันธะไฮโดรเจนมีความสำคัญ เช่น HF น่าจะเป็นกรดที่แรง แต่พันธะไฮโดรเจนที่เป็นระเบียบและความแข็งแรงของ H-F ทำให้เป็นเพียงกรดอ่อน เมื่อเทียบกับ HBr และ HI ที่พันธะไม่แข็งแรง และไม่มีพันธะไฮโดรเจน

