1/2566

MIDTERM
203111 CHEMISTRY I

เนื้อหา

ปริมาณสารสัมพันธ์
โครงสร้างอะตอม
พันธะเคมี
สมดุลเคมี
เทอมโมไดนามิกส์

โดย
พี่เม่น

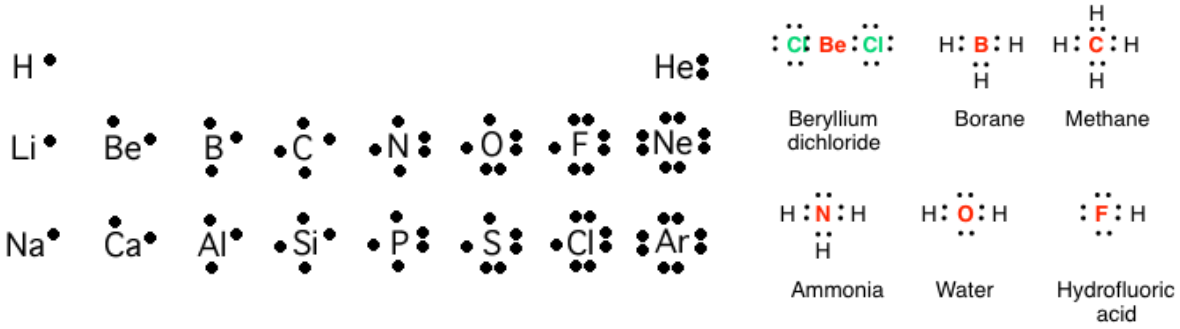
จัดติวโดย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
วันที่ 9 สิงหาคม 2566

***เอกสารห้ามผลิตซ้ำก่อนได้รับอนุญาต

The Periodic Table of The Chemistry Elements
Alkali metals
Alkaline earth metals
Transition metals
Group 12 elements
Basic metals
Metalloids
Nonmetals
Halogen
Noble gas
Lanthanoids
Actinoids
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
1 H Hydrogen 1.008
2 He Helium 4.0026
3 Li Lithium 6.941
4 Be Beryllium 9.0122
5 B Boron 10.81
6 C Carbon 12.011
7 N Nitrogen 14.007
8 O Oxygen 15.999
9 F Fluorine 18.998
10 Ne Neon 20.179
11 Na Sodium 22.990
12 Mg Magnesium 24.305
13 Al Aluminum 26.982
14 Si Silicon 28.086
15 P Phosphorus 30.974
16 S Sulfur 32.06
17 Cl Chlorine 35.45
18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098
20 Ca Calcium 40.078
21 Sc Scandium 44.956
22 Ti Titanium 47.867
23 V Vanadium 50.941
24 Cr Chromium 51.996
25 Mn Manganese 54.938
26 Fe Iron 55.845
27 Co Cobalt 58.933
28 Ni Nickel 58.693
29 Cu Copper 63.546
30 Zn Zinc 65.38
31 Ga Gallium 69.723
32 Ge Germanium 72.630
33 As Arsenic 74.922
34 Se Selenium 78.971
35 Br Bromine 79.904
36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidium 85.468
38 Sr Strontium 87.62
39 Y Yttrium 88.906
40 Zr Zirconium 91.224
41 Nb Niobium 92.906
42 Mo Molybdenum 95.95
43 Tc Technetium (98)
44 Ru Ruthenium 101.07
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 121.75
52 Te Tellurium 127.60
53 I Iodine 126.90
54 Xe Xenon 131.30
55 Cs Caesium 132.91
56 Ba Barium 137.33
57 - 71 Lanthaniods
72 Hf Hafnium 178.49
73 Ta Tantalum 180.95
74 W Tungsten 183.85
75 Re Rhenium 186.21
76 Os Osmium 190.23
77 Ir Iridium 192.22
78 Pt Platinum 195.09
79 Au Gold 196.97
80 Hg Mercury 200.59
81 Tl Thallium 204.37
82 Pb Lead 207.2
83 Bi Bismuth 208.98
84 Po Polonium (209)
85 At Astatine (210)
86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium 223.020
88 Ra Radium (226)
89 - 103 Actiniods
104 Rf Rutherfordium (261)
105 Db Dubnium (262)
106 Sg Seaborgium (263)
107 Bh Bohrium (264)
108 Hs Hassium (265)
109 Mt Meitnerium (268)
110 Ds Darmstadtium (269)
111 Rg Roentgenium (272)
112 Cn Copernicium (277)
113 Nh Nihonium (286)
114 Fl Flerovium (289)
115 Mc Moscovium (286)
116 Lv Livermorium (293)
117 Ts Tennessine (294)
118 Og Oganesson (294)
57 La Lanthanum 138.91
58 Ce Cerium 140.12
59 Pr Praseodymium 140.91
60 Nd Neodymium 144.24
61 Pm Promethium (145)
62 Sm Samarium 150.36
63 Eu Europium 151.96
64 Gd Gadolinium 157.25
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 173.04
71 Lu Lutetium 174.97
89 Ac Actinium (227)
90 Th Thorium 232.04
91 Pa Protactinium 231.04
92 U Uranium 238.03
93 Np Neptunium (237)
94 Pu Plutonium (244)
95 Am Americium (243)
96 Cm Curium (247)
97 Bk Berkelium (247)
98 Cf Californium (251)
99 Es Einsteinium (252)
100 Fm Fermium (257)
101 Md Mendelevium (258)
102 No Nobelium (259)
103 Lr Lawrencium (262)

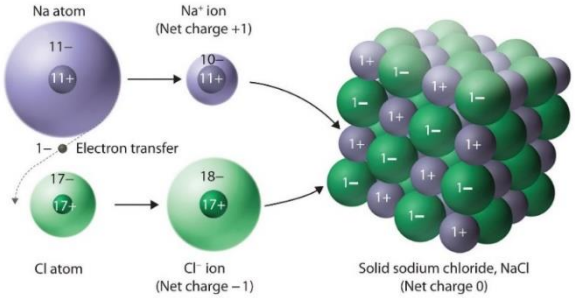
พันธะเคมี (Chemical bond)

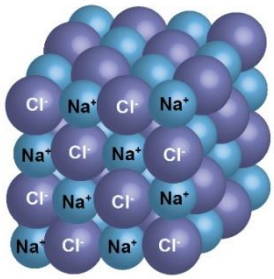
ในการเรียนเรื่องพันธะเคมี สิ่งที่สำคัญมากสำหรับการเกิดพันธะคือ "เวเลนซ์อิเล็กตรอน" คือ อิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุด ที่จะใช้ในการสร้างพันธะ ดังนั้นเราจึงต้องมีการใช้สัญลักษณ์แทนอิเล็กตรอน นั่นคือ **จุดลิวอิส** จนกลายเป็นการเขียนโครงสร้างแบบจุดนั่นเอง



1. พันธะไอออนิก (Ionic bond)

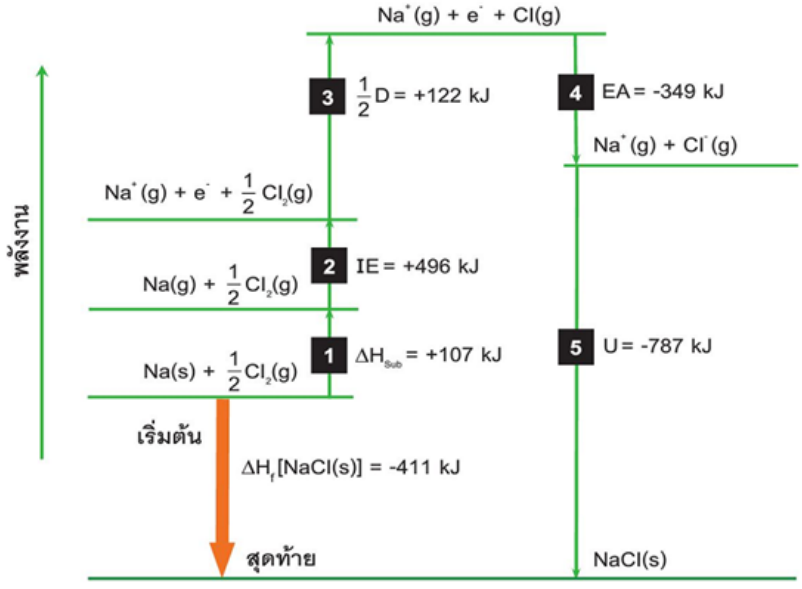
พันธะไอออนิกเกิดจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าของไอออนบวกและไอออนลบ ส่วนใหญ่จึงประกอบด้วยโลหะ(ประจุบวก) กับอโลหะ(ประจุลบ) ตัวอย่างเช่น





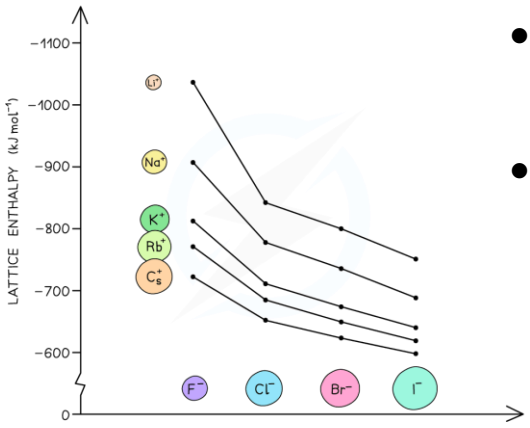
พลังงานแลตทิช (Lattice energy)

พลังงานแลตทิชคือ**พลังงานที่ปล่อยออกมาเมื่อไอออนบวกและไอออนลบในสถานะแก๊สรวมตัวกัน เกิดเป็นผลึกสารไอออนิก** เช่น $Na^+_{(g)} + Cl^-_{(g)} \longrightarrow NaCl_{(s)}$ $\Delta H_{Lattice}$ = -787 kJ/mol



การเปรียบเทียบพลังงานแลตทิช

ในการพิจารณาเปรียบเทียบค่า พลังงานแลตทิช ซึ่งพลังงานนี้เปรียบเหมือนพลังงานศักย์ไฟฟ้าในโมเลกุลของสารไอออนิก ซึ่งปัจจัยที่ทำให้พลังงานแลตทิชเปลี่ยนแปลงคือ



- จำนวน**ประจุไฟฟ้า** ถ้าประจุมาก พลังงานศักย์มาก พลังงานแลตทิชจะมาก
- **ระยะห่างของไอออน** ถ้าขนาดเล็ก ไอออนอยู่ใกล้กัน จะทำให้มีพลังงานแลตทิชสูง

พลังงาน Lattice มาก = จุดหลอมเหลว มาก

Ex1 จงเรียงลำดับพลังงานแลตทิชของสารประกอบไอออนิกต่อไปนี้จากต่ำไปสูง

1. BaS CsCl LiCl =>
2. CaO MgO $CaCl_2$ =>
3. NaBr NaCl KBr =>
4. LiF BeO BeF_2 =>

Ex2 สารไอออนิกต่อไปนี้สารใดมีจุดหลอมเหลวมากที่สุด และต่ำที่สุด

KCl CaO $MgCl_2$ LiF

Ex3 จากสมการต่อไปนี้จงใส่การดูดคายและชื่อพลังงานที่ใช้ในแต่ละสมการ

$Na(s) \rightarrow Na(g)$	___ดูด___	____พลังงานการระเหิด_____
$Na(g) \rightarrow Na^+(g) + e^-$	_____	_____
$Cl_2(g) \rightarrow 2Cl(g)$	_____	_____
$Cl(g) + e^- \rightarrow Cl^-(g)$	_____	_____
$Na^+(g) + Cl^-(g) \rightarrow NaCl(s)$	_____	_____

สมบัติของสารไอออนิก

เป็นของแข็งแต่เปราะ ที่อุณหภูมิห้อง มีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง**แต่น้อยกว่าพันธะโลหะ**

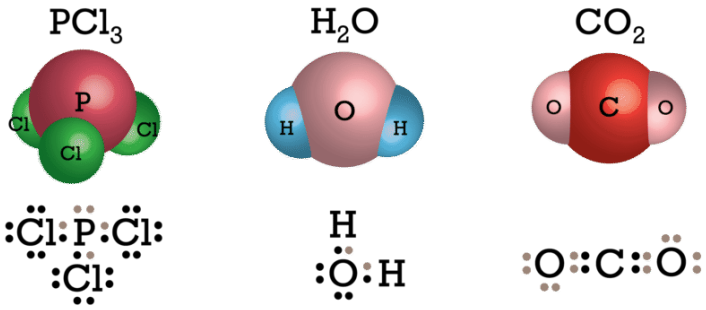
ถ้าอยู่ในสถานะ**ของแข็งจะเป็นกลางทางไฟฟ้า** แต่เมื่อ**ละลายน้ำหรือหลอมเหลวแล้วนำไฟฟ้าได้**

2. พันธะโคเวเลนต์ (Covalent Bond)

พันธะโคเวเลนต์ เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอม เพื่อให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 ซึ่งเป็นไปตามกฎออกเตต

2.1 โครงสร้างลิวอิสของพันธะโคเวเลนต์

ในโมเลกุลทุกโมเลกุลจะมีพันธะซึ่งเกิดจากคู่อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันของอะตอม จึงสามารถเขียนสูตรลิวอิสได้ดังนี้



การเขียนโครงสร้างลิวอิส ต้องคำนึงถึงกฎออกเตต(เวเลนต์ครบ 8) แต่ในบางครั้งก็อาจจะมีเกินหรือขาดบ้าง เช่น PCl_5 BF_3

Ex4 จงเขียนสูตรลิวอิสของโมเลกุลต่อไปนี้ และบอกว่าครบออกเตตหรือไม่ ถ้าไม่ครบบอกว่าเกินหรือขาด

HCl

CH_4

CH_2O

HCN

XeH_4

AlF_3

2.2 รูปร่างโมเลกุล ในระบบ VSEPR(Valence Shell Electron-Pair Repulsion Model)

ในการจะหาว่าสารต่อไปนี้เป็นรูปร่างอะไรเราต้องรู้สูตรโครงสร้าง **ทราบจำนวนแขน + จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (Lonepair)** แล้วนำมาเปรียบเทียบกับรูปร่างมาตรดังนี้อ

<table>
<tr><th colspan="8">Number of Lone Electron Pairs</th></tr>
<tr><th>0</th><th>e.g.</th><th>1</th><th>e.g.</th><th>2</th><th>e.g.</th><th>3</th><th>e.g.</th></tr>
<tr><td>
linear</td><td>CO_2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>
trigonal planar</td><td>BCl_3
SO_3</td><td>

angled</td><td>SO_2
NO_2^-
O_3</td><td>

linear</td><td>CO</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>
tetrahedral</td><td>CH_4
SO_4^{2-}</td><td>

trigonal pyramidal</td><td>NH_3</td><td>

angled</td><td>H_2O</td><td>

linear</td><td>HCl</td></tr>
<tr><td>
trigonal bipyramidal</td><td>PCl_5</td><td>

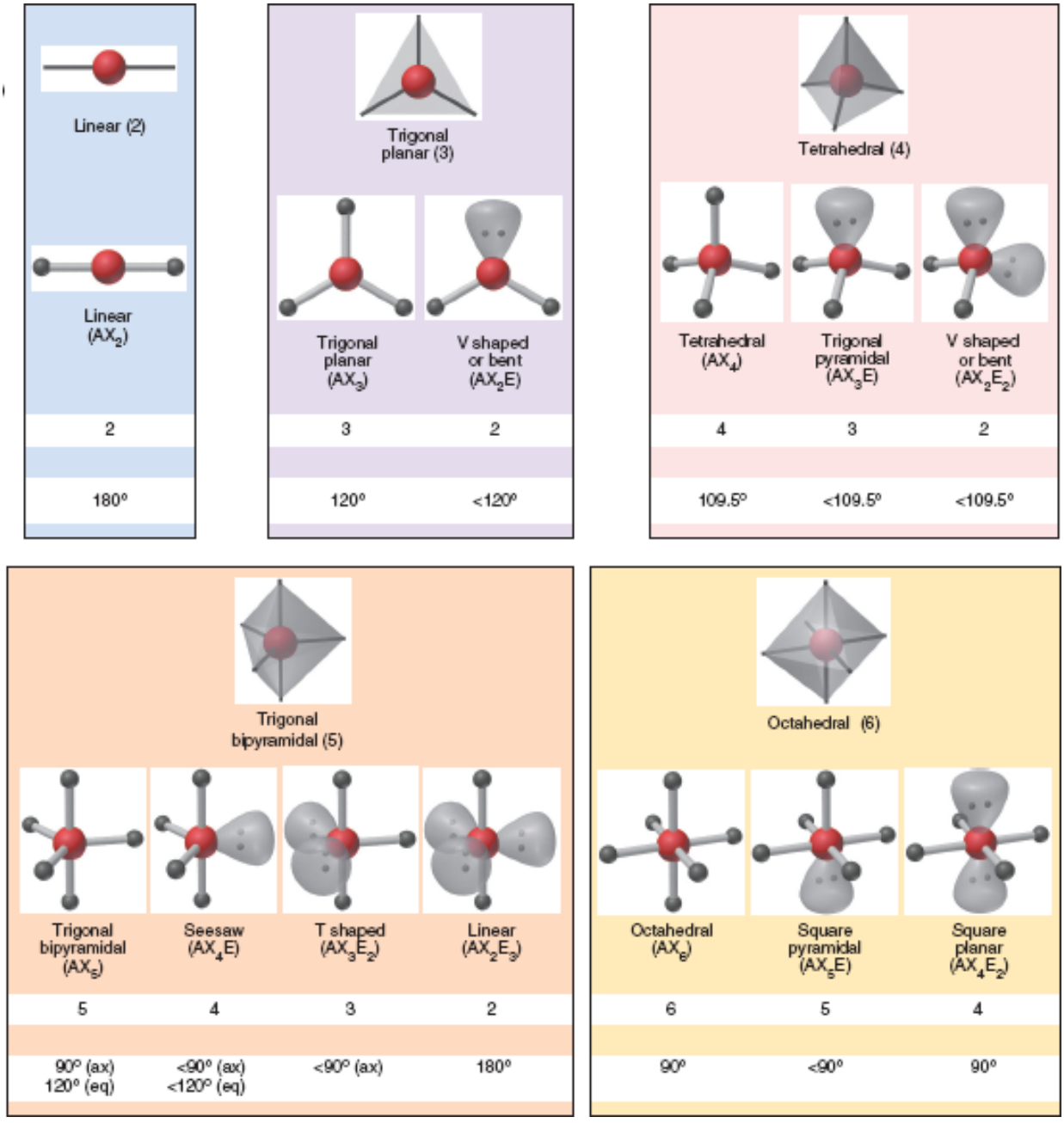
bisphenoidal (seesaw)</td><td>SF_4</td><td>

T-shaped</td><td>ClF_3</td><td>

linear</td><td>I_3^-</td></tr>
<tr><td>
octahedral</td><td>SF_6</td><td>

square pyramidal</td><td>ClF_5</td><td>

square planar</td><td>ICl_4^-</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>
pentagonal bipyramidal</td><td>IF_7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

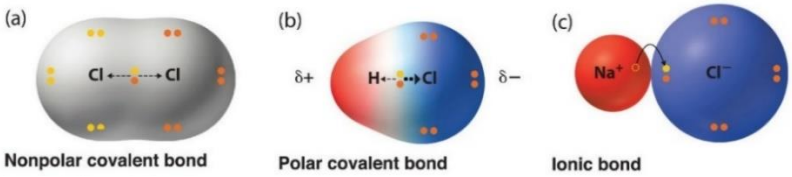


Ex5 จงวิเคราะห์รูปร่างโมเลกุลต่อไปนี้ พร้อมบอกค่ามุมพันธะ

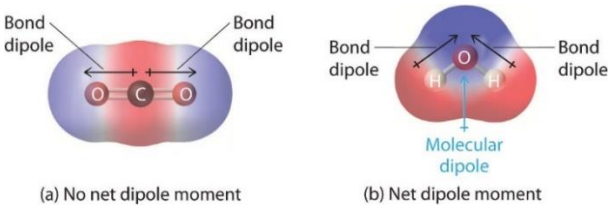
H_2O	XeF_4
NCl_3	CO_2
ClF_3	NH_4^+
SO_4^{2-}	HCN

2.3 ความมีขั้วของโมเลกุล

การมีขั้วของโมเลกุลเกิดจากความต่างของค่า EN ซึ่งทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลนั้นไปรวมกันอยู่ที่อะตอมที่มีค่า EN สูงๆ นั่นคือด้านที่ EN สูงจะมีศักย์ไฟฟ้าเป็บลบ ส่วนด้านที่มีค่า EN ต่ำ ก็จะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก



ในบางครั้งอะตอมมีความต่างของค่า EN ทำให้พันธะตรงนั้นมีขั้ว แต่โมเลกุลไม่มีขั้วเนื่องจากทิศทางของขั้วพันธะหักล้างกัน



Ex6 จากโมเลกุลต่อไปนี้จงบอก สัญลักษณ์ (AX_mE_n) ของแต่ละโครงสร้างตามระบบ VSEPR พร้อมทั้งบอกรูปร่างโมเลกุลพร้อมวาดรูป มุมพันธะ และความมีขั้วของโมเลกุล

H_2S

CO_2

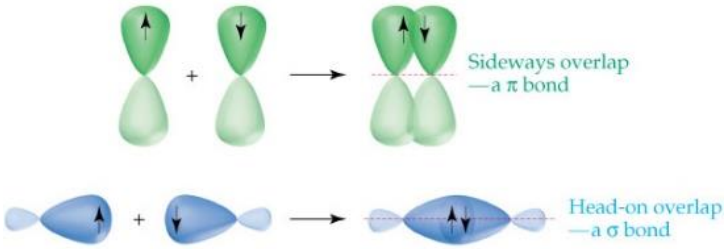
CH_2Cl_2

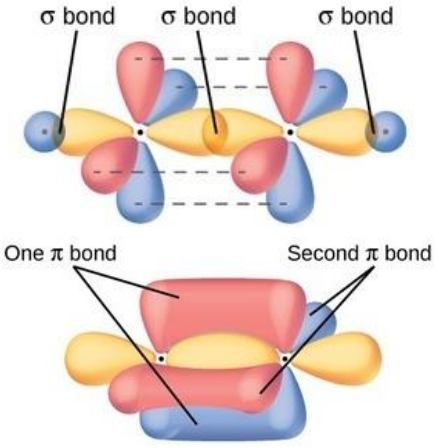
AsH_3

2.4 Valence bond theory (Hybridization)

ทฤษฎีนี้จะให้ความรู้กลศาสตร์ควอนตัมเข้ามา โดยกล่าวว่าการเกิดพันธะเกิดจาก**การซ้อนทับกันของออร์บิทัลที่มีอิเล็กตรอนอยู่ เรียกว่าการ "Overlap"**

ซึ่งพันธะที่เกิดขึ้นมักจะเกิดจาการ Overlap 2 แบบ ดังนี้



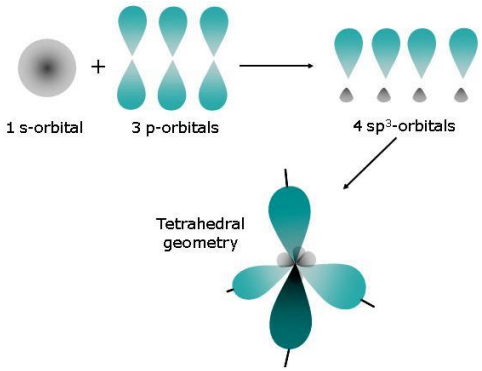


นั่นคือ พันธะเดี่ยวเกิด .....

พันธะคู่เกิดจาก .....

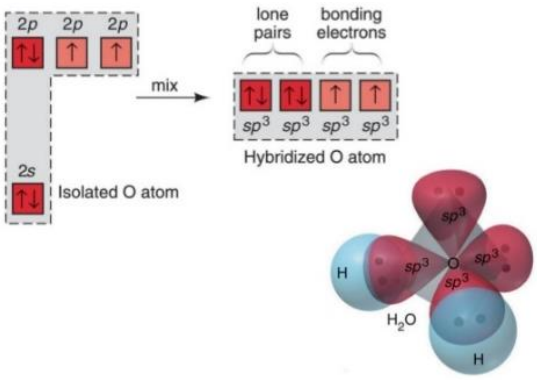
พันธะสามเกิดจาก .....

ไฮบริไดเซชั่น (Hybridization) คือ การรวมตัวกันเชิงเส้นของออร์บิทัลของอะตอมกลาง เพื่อให้มีรูปร่างของออร์บิทัลเหมาะสม ก่อนที่จะเกิด Overlap กับอะตอมคู่พันธะ



โดยทั้งหมดทั้งมวลแล้ว หากน้อง ๆ ไม่เข้าใจอะไรเลย จะมีวิธีหาว่าเป็น Hybridization แบบง่าย ๆ โดยวิธีการ **"นับแขน + อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว"**

นับแขน + อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว	Hybridization
2	sp
3	sp^2
4	sp^3
5	sp^3d
6	sp^3d^2



Ex6 จงอธิบายรูปแบบการเกิดไฮบริไดเซชันของอะตอมกลางของ NH_3 พร้อมทั้งบอกรูปร่างโมเลกุล

Ex7 จงบอกรูปแบบการเกิดไฮบริไดเซชันและรูปร่าง**ของอะตอมกลาง**ในโมเลกุลต่อไปนี้

สูตรโมเลกุล	รูปร่างโมเลกุล	ไฮบริไดเซชั่น
BF_3		
SCl_6		
NH_3		
H_2O		
PCl_5		
XeF_4		
$BeCl_2$		
CO_2		

Ex8 ข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิดเกี่ยวกับ NO_3^-

..... มีพันธะไพที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ระหว่าง p orbitals

..... อะตอมกลางมี sp^2 hybrid orbitals

..... มุม ONO กางประมาณ 120°

..... สูตร VSEPR คือ AX_3E

Ex9 ข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิดเกี่ยวกับโมเลกุล CH_3CHO

..... อะตอม C มี hybridization เป็น sp^2

..... โมเลกุลมีจำนวนพันธะ σ = 6 พันธะ π = 1

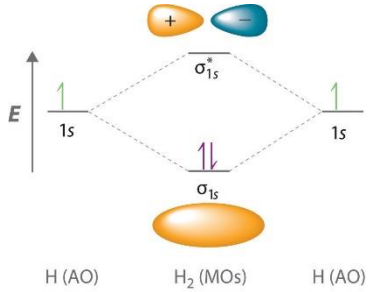
..... มุม HCO กว้างประมาณ 109.5°

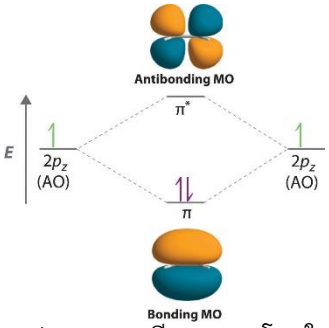
..... โมเลกุลนี้เป็นโมเลกุลมีขั้ว

2.5 Molecular Orbital Theory (MO)

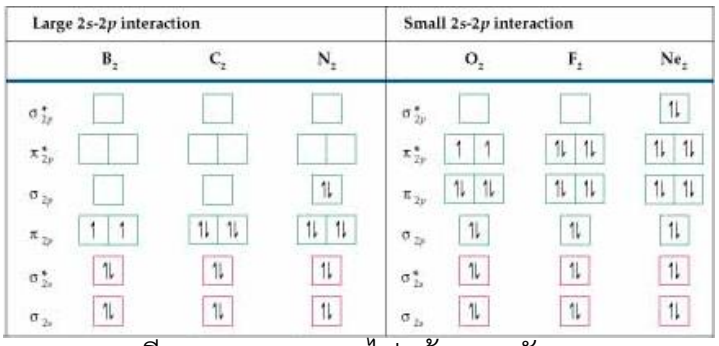
ทฤษฎีนี้ว่าด้วย การเข้าซ้อนทับกันของออร์บิทัล เมื่อเกิดการ Overlap กัน จะเกิดพันธะที่ต่างกันหาก ออร์บิทัลที่หลอมรวมกันมีเฟสของฟังก์ชั่นคลื่นต่างกันดังนี้

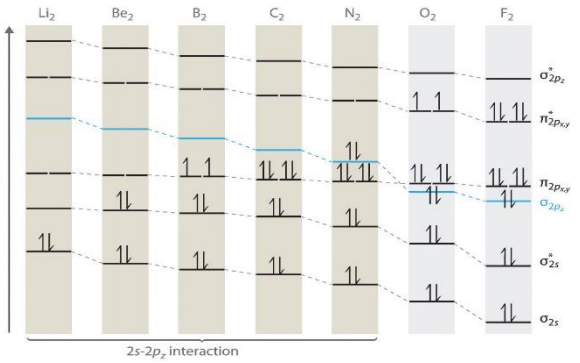
- ออร์บิทัลมีเฟสของฟังก์ชันคลื่นเหมือนกัน ออร์บิทัลเสริมกัน เรียก **Bonding**
- ออร์บิทัลมีเฟสของฟังก์ชันคลื่นต่างกัน ออร์บิทัลหักล้างกัน เรียก **Anti-Bonding** (ใช้เครื่องหมาย *)





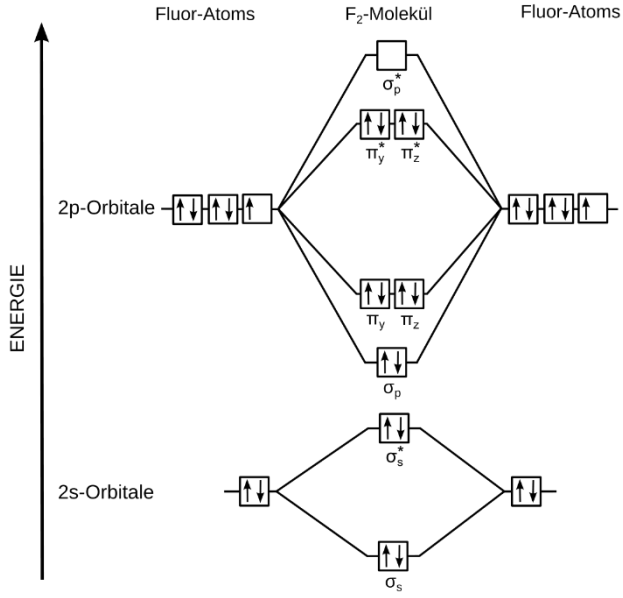
ซึ่งเราจะใช้ทฤษฎีข้างต้นมาอธิบายการเกิดพันธะ ในรูปแบบการเขียน MO โดยในเนื้อหาของเราจะเขียนเฉพาะของโมเลกุลที่เป็น diatomic molecule ของธาตุคาบ 1 และ 2 ดังนี้





ทดลองเขียน MO ของ F_2 ไปพร้อม ๆ กัน

Atomorbital eines Fluor-Atoms | Molekülorbitale F_2-Molekül | Atomorbital eines Fluor-Atoms



Bond Order (BO) **ลำดับพันธะ** ค่าที่บ่งบอกความเสถียรของสาร โดยหาจาก

$$\text{Bond order} = \frac{(\text{bonding electron} - \text{antibonding eletron})}{2}$$

สมบัติแม่เหล็ก สามารถทำนายจาก MO ได้ โดยใช้หลักการ

ถ้าในแผนภาพ MO มี e^- เดี่ยวเหลือ จะตอบสนองต่อแม่เหล็กได้ เรียกว่า paramagnetic

ถ้าในแผนภาพ MO ไม่มี e^- เดี่ยวเหลือ จะตอบสนองต่อแม่เหล็กไม่ได้ เรียกว่า diamagnetic

Ex10 จงเขียน MO ของสารต่อไปนี้พร้อมหา bond order และทำนายสมบัติแม่เหล็ก

N_2 แก๊สไนโตรเจน

O_2 แก๊สออกซิเจน

Ex11 ข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด

..... ในคาบที่ 2 สารที่เป็น diatomic molecule สารที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวใน 2π-bonding คือ O_2

..... ในคาบที่ 2 สารที่มี bond order มากที่สุด คือ N_2

..... B_2 และ O_2 มีจำนวน unpair electron เท่ากัน

..... F_2 มีสมบัติเป็น diamagnetic

..... โมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนใน anti-bonding มาก จะไม่เสถียร

สมดุลเคมี

สมดุลเคมี คือ สภาวะที่ความเข้มข้นของสารตั้งและผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลง แต่ปฏิกิริยายังคนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเท่ากับปฏิกิริยาย้อนกลับ เรียกกระบวนการนี้ว่า "**สมดุลไดนามิก**"

1. ค่าคงที่สมดุล

ทุกๆการเกิดสมดุลเคมี ในขณะที่ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล ความเข้มข้นของสารทุกตัวจะคงที่ในอัตราส่วนที่คงที่ด้วย ทำให้เกิด **ค่าคงที่สมดุล : K_{eq} (equilibrium constant)** ขึ้นมา โดยหาจาก

จาก

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

$$K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \qquad K_p = \frac{P_C{}^c P_D{}^d}{P_A{}^a P_B{}^b}$$

ในกรณีที่มีสารที่เป็นแก๊สอยู่ในระบบ จะพบว่าค่าคำความดันของแต่ละแก๊สจะคงที่ด้วย

Ex12 จงเขียนค่า K_c และ K_p จากสมการต่อไปนี้

$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

$Cl_2(g) + Br^-(aq) \rightleftharpoons Br_2(l) + Cl^-(aq)$ (สมการยังไม่ดุล)

2. ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี

ในบางครั้งเรามีกระบวนการที่จะต้อง บวก ลบ คูณ หาร กลับสมการ เพื่อหาสมการรวม ซึ่งจะทำให้ค่าคงที่สมดุลของแต่ละปฏิกิริยาเปลี่ยนไป ดังนี้

- ถ้า**กลับสมการ**ค่าคงที่จะเป็นส่วนกลับของค่าคงที่เดิม $1/K$
- ถ้า**คูณสัมประสิทธิ์ค่าคงที่เข้าไป**ในสมการ ค่าคงที่สมดุลจะต้องยกกำลังด้วยค่าคงที่นั้น K^n
- ถ้านำ**สมการมาบวกกัน** ค่าคงที่จะคูณกัน K_1K_2
- ถ้านำ**สมการมาลบกัน** ค่าคงที่จะหารกัน K_1/K_2

Ex13 จาก $N_2O_{5(g)} \rightleftharpoons N_2O_{3(g)} + O_{2(g)}$ $K_c = 7.75$

$N_2O_{3(g)} \rightleftharpoons N_2O_{(g)} + O_{2(g)}$ $K_c = 4.00$

จงคำนวณค่าคงที่สมดุลของ $N_2O_{5(g)} \rightleftharpoons N_2O_{(g)} + 2O_{2(g)}$

Ex14 จงคำนวณค่าคงที่สมดุล K_c ของปฏิกิริยา $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

กำหนดให้ $S_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{2(g)}$ $K_c = 4.2 \times 10^{52}$

$2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ $K_c = 9.8 \times 10^{128}$

3. **ค่า Q_c** (อัตราส่วนของความเข้มข้นที่ยังไม่เข้าสมดุล)

ในการคำนวณความเข้มข้นของสารขณะที่ยังไม่เข้าสมดุล เราจะให้ไม่เรียกค่า K ว่า K แต่เราจะใช้สัญลักษณ์ Q แทนอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ต่อสารตั้งต้น ซึ่งคำนวณเหมือนค่า K ทุกประการ โดย ถ้า $Q < K$ ปฏิกิริยาจะไปข้างหน้า

ถ้า $Q = K$ สมดุลแล้ว

ถ้า $Q > K$ ปฏิกิริยาจะย้อนกลับ

Ex15 จงทำนายทิศทางของปฏิกิริยาต่อไปนี้ว่าจะไปข้างหน้าหรือย้อนกลับ ถ้าใส่สาร H_2 0.243 mol, I_2 = 0.146 mol และ HI 1.98 mol ลงในบีกเกอร์ขนาด 1000 cm^3 ถ้าปฏิกิริยานี้มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 54.3

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

Ex16 ที่ 500 K จงหาค่า K_c ถ้าในภาชนะ 500 ml บรรจุ A 1 mol และ B 1 mol ถ้าที่สมดุลเกิด C 0.35 M

$$A + 2B \rightleftharpoons 2C$$

Ex17 ภาชนะขนาด 2 L บรรจุแก๊ส SO_2 และ NO_2 อย่างละ 2.0 โมล นำไปให้ความร้อนและปล่อยให้ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุล พบว่ามี NO เกิดขึ้น 0.8 โมล จงคำนวณค่าคงที่สมดุล

$$SO_2(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g) + NO(g)$$

Ex18 ที่ 1650 องศาเซลเซียส $H_2(g) + CO_2(g) \rightleftharpoons H_2O(g) + CO(g)$ ค่าคงที่สมดุล K_c ของปฏิกิริยามีค่าเท่ากับ 4.2 ถ้าเริ่มปฏิกิริยาโดยฉีด H_2 0.80 mol และ CO_2 0.80 mol เข้าในขวด 5.0 L ความเข้มข้นของสารทุกตัวที่สมดุลจะเป็นเท่าไหร่

4. การรบกวนสมดุล

การรบกวนสมดุลคือการที่ทำให้ฝั่งใดฝั่งหนึ่งเปลี่ยนแปลงเกิดความไม่สมดุล สมดุลจะปรับตัวเข้าสมดุลอีกครั้งโดยปฏิกิริยาอาจไปข้างหน้า หรือย้อนกลับก็ได้ ซึ่งเป็นไปตามกฎของ **เลอชาเตอลิเยร์**

4.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น => เติมสารเพิ่มเข้าไป หรือ ใส่สารอื่นเข้าไปจับให้เกิดตะกอน

"**การรักษาสมดุลของความเข้มข้นคือการรักษาค่าคงที่สมดุล K ให้คงที่**"

ถ้า**เพิ่ม**ความเข้มข้นของ**สารตั้งต้น** สมดุลเลื่อน**ไปข้างหน้า** เพื่อลดผลิตภัณฑ์ เพิ่มสารตั้งต้น
ถ้า**เพิ่ม**ความเข้มข้นของ**ผลิตภัณฑ์** สมดุลเลื่อน**ย้อนกลับ** เพื่อลดผลิตภัณฑ์ เพิ่มสารตั้งต้น

Ex19 จากสมการ $Fe^{3+}_{(aq)} + SCN^- \rightleftharpoons FeSCN^{2+}_{(aq)}$

เหลืองอ่อน สีแดง

ถ้าเติม $FeSCN^{2+}$ ปฏิกิริยาจะ .....สีจะ.....

ถ้าเติม Fe^{3+} ปฏิกิริยาจะ .....สีจะ.....

ถ้าลด SCN^- ปฏิกิริยาจะ .....สีจะ.....

ถ้าเติม NaOH ปฏิกิริยาจะ .....สีจะ.....

Ex20 จากปฏิกิริยา $[Co(H_2O)_6]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}(aq) + 6H_2O(l)$

สีชมพู สีน้ำเงิน

ถ้าเติม HCl ปฏิกิริยาจะ .....สีจะ.....

ถ้าเติม Co^{2+} ปฏิกิริยาจะ .....สีจะ.....

ถ้าเติม $AgNO_3$ ปฏิกิริยาจะ .....สีจะ.....

4.2 การเปลี่ยนความดันหรือปริมาตร

การเปลี่ยนแปลงปริมาตรหรือความดัน **จะมีผลต่อระบบที่มีแก๊สเท่านั้น** เนื่องจากเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตรหรือความดันจะมีผลต่อความเข้มข้นของแก๊สนั่นเอง ซึ่งมีผลดังนี้

ลดปริมาตร = **เพิ่ม**ความดัน = สมดุลเลื่อนจาก $mol_{แก๊สมาก}$ ไป $mol_{แก๊สน้อย}$

เพิ่มปริมาตร = **ลด**ความดัน = สมดุลเลื่อนจาก $mol_{แก๊สมาก}$ ไป $mol_{แก๊สน้อย}$

Ex21 พิจารณาการเลื่อนสมดุลของสมการต่อไปนี้ (สมการยังไม่ดุล)

	$NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$	$NH_{3(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons NO_{(g)} + H_2O_{(g)}$
ถ้าเพิ่มความดัน ปฏิกิริยาจะ	.....	.....
ถ้าลดความดัน ปฏิกิริยาจะ	.....	.....
ถ้าเพิ่มปริมาตร ปฏิกิริยาจะ	.....	.....
ถ้าลดปริมาตร ปฏิกิริยาจะ	.....	.....

4.3 การเปลี่ยนอุณหภูมิ

อุณหภูมิจะมีผลต่อปฏิกิริยาที่การดูดหรือคายความร้อน ดังนี้

ปฏิกิริยา**ดูดความร้อน** พลังงาน + A $\rightleftharpoons$ B ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ.....ถ้าลดอุณหภูมิ.....

ปฏิกิริยา**คายความร้อน** A $\rightleftharpoons$ B + พลังงาน ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ.....ถ้าลดอุณหภูมิ.....

4.4 การเติมตัวเร่ง

ตัวเร่งมีผลให้ปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับเร็วขึ้น แต่ไม่มีผลกับสมดุล

สรุปการรบกวนสมดุล

ปัจจัยรบกวนสมดุล		สมดุลไปข้างหน้า	สมดุลย้อนกลับ
ความเข้มข้น		เพิ่มสารตั้งต้น	เพิ่มสารผลิตภัณฑ์
		ลดสารผลิตภัณฑ์	ลดสารตั้งต้น
อุณหภูมิ (T)	ปฏิกิริยา **ดูด** ความร้อน	เพิ่ม T	ลด T
	ปฏิกิริยา **คาย** ความร้อน	ลด T	เพิ่ม T
ความดัน (P) มีผลเฉพาะแก๊ส	$mol_{แก๊สมาก} \rightleftharpoons mol_{แก๊สน้อย}$	ลด V เพิ่ม P	เพิ่ม V ลด P
	$mol_{แก๊สน้อย} \rightleftharpoons mol_{แก๊สมาก}$	เพิ่ม V ลด P	ลด V เพิ่ม P

Ex22 จากปฏิกิริยา $C_{(s)} + H_2O_{(g)} +$ **ความร้อน** $\rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$

จงบอกแนวโน้มทิศทางของปฏิกิริยาเมื่อ

เติมไอน้ำเข้าไป ..... เติมแก๊ส He .....

ดูด H_2 ออกมา ..... เติม CO .....

ลดปริมาตร ..... เติมตัวเร่ง .....

เพิ่มอุณหภูมิ ..... ลดอุณหภูมิ .....

เพิ่มความดัน .....

Ex23 พิจารณาปฏิกิริยา $2H_2(g) + S_2(s) \rightleftharpoons 2H_2S(g)$ โดยค่าคงที่เปลี่ยนตามอุณหภูมิดังนี้

อุณหภูมิ (K)	ค่าคงที่สมดุล
300	1.6×10^{-5}
400	2.5×10^{-10}
500	3.6×10^{-12}

ข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด

..... ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ ความเข้มข้นของ H_2S จะลดลง

..... ถ้าลดปริมาตรภาชนะ ความเข้มข้นของ H_2S จะเพิ่มขึ้น

..... ถ้าเติม H_2 ลงไปในภาชนะ ระบบจะมีอุณหภูมเพิ่มขึ้น

..... ถ้าลดความดันของระบบ จะทำให้ปริมาณ(โมล) ของแก๊สทุกตัวลดลง