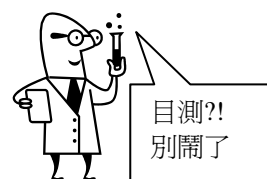


附錄一．上課講義

現代化學中，判斷分子的形狀是十分重要的一個概念。

具有判斷分子形狀的能力，往往能夠解釋為什麼分子有不同的物理、化學特性(溶點、沸點、)，化學家在做實驗之前，就能夠「預測」化學反應是否能夠發生，避免錯誤的發生。甚至在目前流行的生物技術，藥，正確判斷出巨大分子的形狀，更是決定成為藥物或毒物的關鍵點所在。

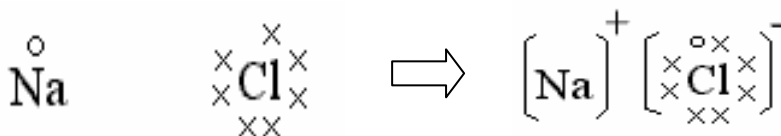


一．Bond 不 Bond，棒不棒



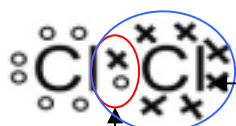
早期化學家假設原子和原子之間是用一個神祕的鈎鈎住的，這設設想至今仍留下痕跡，化學鍵的鍵(bond)，就有鈎的意思。

1916 年德國的科學家柯塞爾(W. Kossel, 1888~1956)考察大量的事實後得出結論：**任何元素的原子都要使最外層滿足 8 電子穩定結構**。金屬元素的原子易失去電子而成為帶正電的陽離子，非金屬元素的原子易獲得電子而成為帶負電的陰離子，從而各自達到稀有氣體元素原子的最外層結構。**形成的陰、陽離子靠庫侖靜電力結合成化合物**。柯塞爾的理論能解釋許多離子化合物的形成，但無法解釋非離子型化合物。



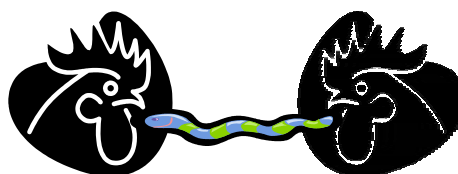
請利用「任何元素的原子都要使最外層滿足 8 電子穩定結構」的經驗規則。畫出 BeCl_2 電子的分布，Be 電子以“。”示意，Cl 以“x”示意。

1923 年美國化學家路以士(G. N. Lewis, 1875~1946)發展了柯塞爾的理論，提出共價鍵的電子理論：**兩種元素的原子可以相互共用一對或多對電子，以便達到稀有氣體原子的電子結構，這樣形成的化學鍵叫做共價鍵**。例如，氮氣的分子是：



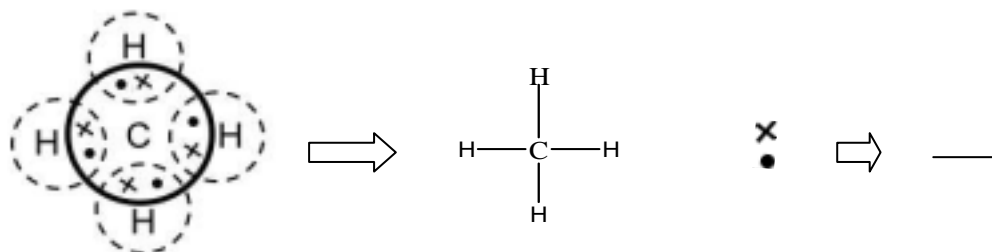
對一個 Cl 而言，週圍還是八個電子，達到了稀有氣體原子的電子結構。

共價鍵：共用一對或多對電子。



二· 鍵種，共價鍵

1. 定義：兩原子以共用電子對的方式所形成的吸引力，即為共價鍵。
2. 表示法：共價鍵用一短線連結二個原子表示一對共用電子對，符號：“—”。



3. 分類

3.1 以電子觀點看共價鍵

(1) 依共用電子對數目區分

①單鍵：兩個結合原子各提供一個電子，故兩原子間只共用一對電子對而形成的化學鍵，以“—”表示。

如： H_2 表示為： $H-H$ 或 $H:H$

②雙鍵：兩個結合原子各提供二個電子，故兩原子間只共用二對電子對而形成的化學鍵，以“=”表示。

如： O_2 表示為： $O=O$

③參鍵：兩個結合原子各提供三個電子，故兩原子間只共用三對電子對而形成的化學鍵，以“≡”表示。

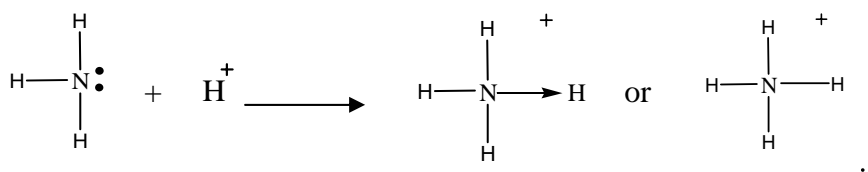
如： N_2 表示為： $N\equiv N$

(2) 依電子對提供情形

①一般性共價鍵：其共用電子對分別由兩個原子提供

②配位供價鍵：

<註>以前常用“→”表示配位共價鍵，箭頭指向接受電子對的電子，但是目前常將箭頭省略，仍以“—”表示，故可將 NH_4^+ 之結構表示為



3.2 由軌域重疊觀點視之

軌域是什麼@@：電子出現機率最大的地方。

(1) 單鍵(σ 鍵)

① 定義：原子價軌域以head to head(頭對頭)之方式重疊，電子雲在兩核的連線(核間軸，或鍵結軸)成圓筒型對稱，有以下三種：

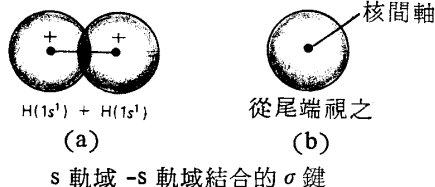
s軌域 + s軌域，s軌域 + p軌域， p軌域 + p軌域

② 特性：

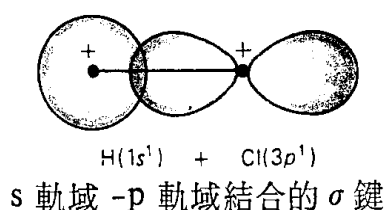
- 電子雲均勻對稱地分佈於核間軸周圍。
- 繞軸旋轉不改變其重疊程度，故單鍵可旋轉。

③ 種類：

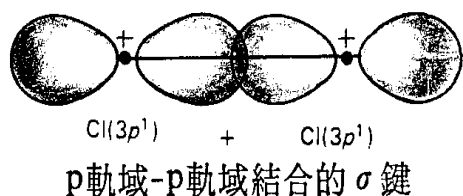
s軌域+s軌域



s軌域+p軌域



p軌域+p軌域



(2) (π 鍵)

① 定義：兩個平行p 軌域以肩靠肩的方式重疊而形成：

p_x , p_y & p_y , p_z & p_z

② 特性：

- 軌域重疊面積 $\sigma > \pi$ ，故鍵結強度 $\sigma > \pi$
- 兩個原子間最多只能形成一個 σ 鍵，而 π 鍵總是伴隨 σ 鍵的發生而形成，故多鍵(或稱"多重鍵")

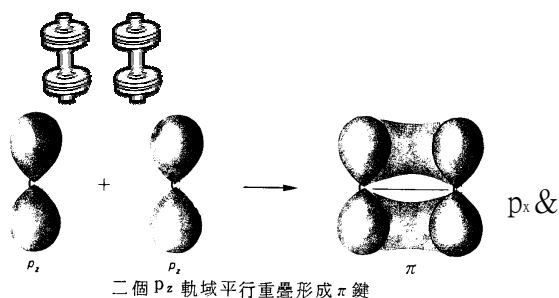
雙鍵：1 σ + 1 π

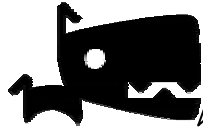
參鍵：1 σ + 2 π

而單鍵必為 σ 鍵

c. 電子雲分別在核間軸上下方重疊

d. 在核間軸上的電子密度為 0，故 π 鍵無法繞軸旋轉(一經旋轉後，兩個p 軌域不平行)





- 一· 鍵是將兩原子“鈎”住的力量。
- 二· 共價鍵兩原子共用電子對形成的吸引力。
 - A 以電子的角度來看：一對共用電子即為一鍵；同理雙鍵，參鍵。
 - B 若一對共用電子，全由某方原子提供，為「配對共價鍵」。
 - C 以軌域的觀點來看：鍵有 σ 及 π 鍵，單鍵必為 σ 鍵，雙鍵為 $1\sigma + 1\pi$ ，參鍵為 $1\sigma + 2\pi$ ， σ 可旋轉，電子雲分布均勻， π 不可旋轉，在面上分布。

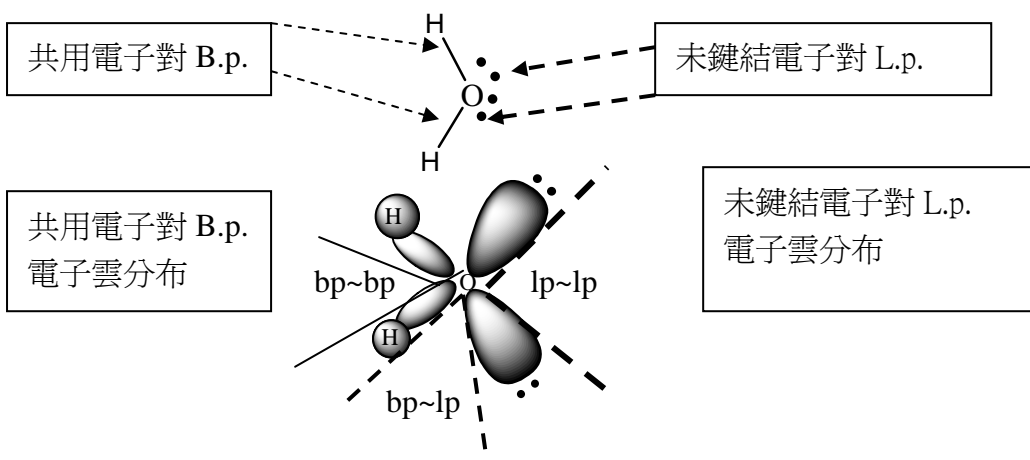
三、價殼層電子排斥理論(Valence-shell electron-pair repulsion theory, 簡寫為 VSEPR)

1. VSEPR的要點

①電子間具斥力，故分子或離子內圍繞中心原子之電子對應盡量遠離，使斥力降至最低。

l.p. (lone pair)：未鍵結電子對，僅受一核影響，電子雲佔較大的空間，呈粗短型。

b.p. (bonding pair)：共用電子對，二個原子核吸引電子雲，呈細長形。



②電子對斥力大小：l.p. - l.p.斥力 > b.p. - l.p.斥力 > b.p. - b.p.斥力

③夾角大於 115° 時，電子對斥力可忽略。

2. VSEPR可決定分子形狀

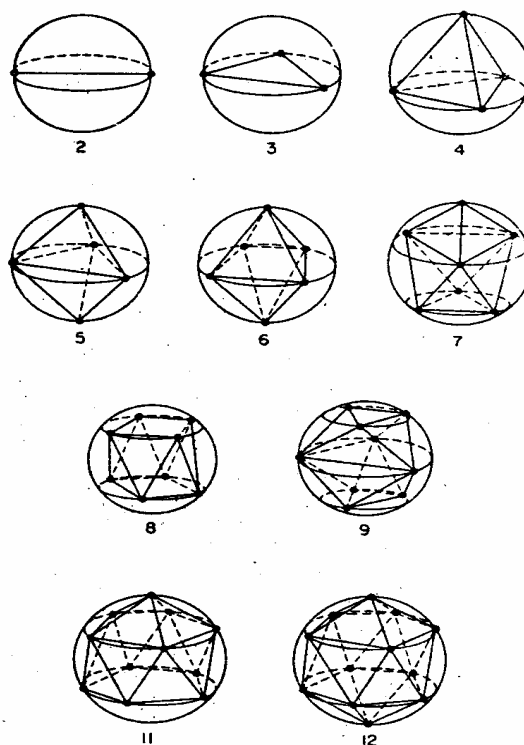
設想中心原子的立體形狀決定於核原子價層電子對(l.p. + b.p.)的總數。

電子對之間以靜電力互相排斥，使彼此間距離達到最大值。

當外層有n對價電子時，排列情形如右圖：

價電子對相斥 (VSEPR) 理論與分子形狀之探討

價電子對數目	電子對排列情形
2	直線型
3	正三角形
4	四面體
5	雙三角錐
6	八面體
7	一蓋八面體



圖一 球面上 n 點相距最遠時的情形

3. 有L.P.的，果然都怪怪的@@

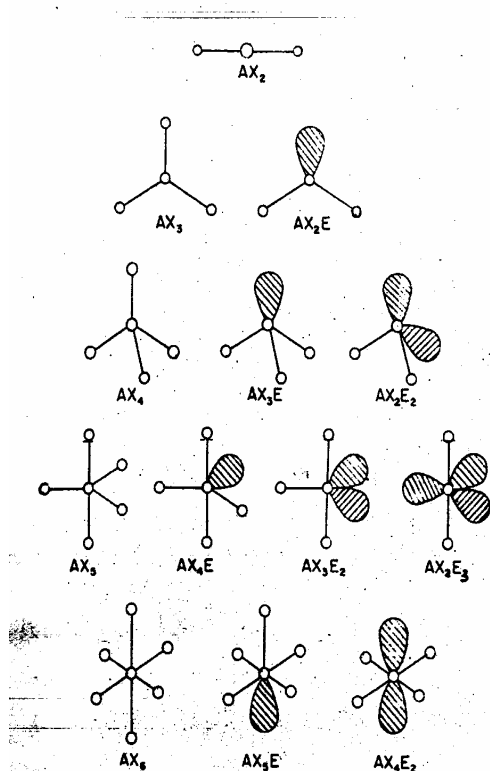


A為中心原子，X為外接原子，m為外接原子個數。

E為 l.p. (孤對電子或稱未鍵結電子對)數，n為孤對電子數。

AX_mE_n 之鍵結軌域及幾何形狀

m+n	E的數目	化學式	幾何形狀	鍵角	常見實例
2	0	AX ₂	直線形	180°	CO ₂ 、NO ₂ ⁺ 、 HNO、SCN ⁻ 、 HCN、BeF ₂ 、CS ₂
3	0	AX ₃	平面三角形	120°	BF ₃ 、NO ₃ ⁻ 、CO ₃ ²⁻
	1	AX ₂ E	角形，彎曲形	<120°	SO ₂ 、PbCl ₂ 、NO ₂ ⁻
4	0	AX ₄	四面體形	109.5°	CH ₄ 、NH ₄ ⁺ 、SO ₄ ²⁻
	1	AX ₃ E	角錐形	<110°	NH ₃ 、H ₃ O ⁺ 、SO ₃ ²⁻
	2	AX ₂ E ₂	角形，彎曲形	<109.5°	H ₂ O、SnCl ₂ 、NH ₂ ⁻
5	0	AX ₅	雙三角錐形	90°&120°	PCl ₅
	1	AX ₄ E	扭曲四面體形	約90°	SF ₄ 、TeCl ₄
	2	AX ₃ E ₂	T字形	約90°	BrF ₃ 、ClF ₃
	3	AX ₂ E ₃	直線形	180°	I ₃ ⁻ 、ICl ₂ ⁻ 、XeF ₂
6	0	AX ₆	八面體形	90°	SF ₆ 、SiF ₆ ²⁻ 、PCl ₆ ⁻
	1	AX ₅ E	四角錐形	90°	BrF ₅ 、ICl ₅
	2	AX ₄ E ₂	平面四方形	90°	ICl ₄ ⁻ 、XeF ₄ 、BrF ₄ ⁻



圖二 AX_xE_y 型分子的一般形狀，直線代表鍵結對，斜線區代表孤對。

$$\frac{\text{價電子數(含電荷數)總和}}{8} = \text{鍵數目(即m數)} \dots \dots \text{餘數}$$

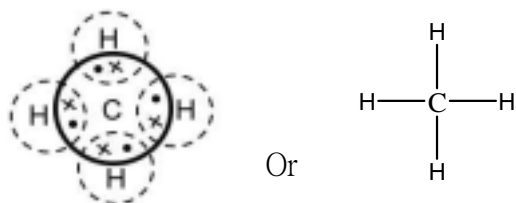
$$\frac{\text{餘數}}{2} = \text{l.p. 數目}$$

四、混成軌域及分子形狀

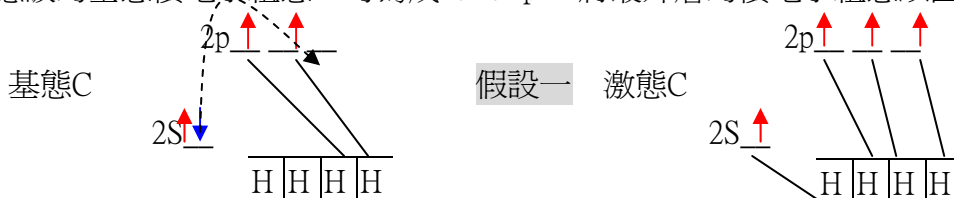
1. 混成軌域 (hybrid orbital) — L.C. Pauling

① 混成混域的想法

我們以甲烷(CH₄)為例，是一個碳和四個氫原子結合的情形，應含有四個共價鍵。因此，碳原子必須提供四個半滿的軌域，始能和四個氫的1s軌域重疊，形成四個C-H鍵。



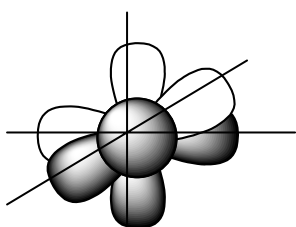
考慮碳的基態價電子組態，可寫成 $1s^2 2s^2 2p^2$ ，將最外層的價電子組態以圖示如下：



@2s 2p能量高低不同。

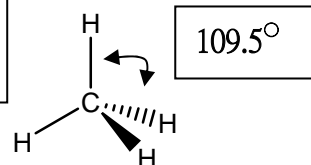
而以上的碳基態只有兩個單獨不成對的2p價電子，僅可形成兩個鍵結，無法形成四個C-H鍵。如果要提供四個不成對電子，似乎可以假設碳2s軌域上的一個電子提升到空的2p軌域中，形成激態。足此便可滿足甲烷中的碳具有四個 σ 鍵的要求。

若以假設一的方式鍵，在2p軌域上的三個氫所形成的三個C-H，必定要垂直。然而，實驗結果顯示，四個C-H鍵鍵角均為 109.5° (不是 90°)，且四個C-H的鍵長均相等，因此，這種電子軌域提升的單純想法無法合理解釋甲烷(CH₄)的鍵角和鍵長。



若為假設一，在 p 軌上的三個 C-H 應互為 90° 。

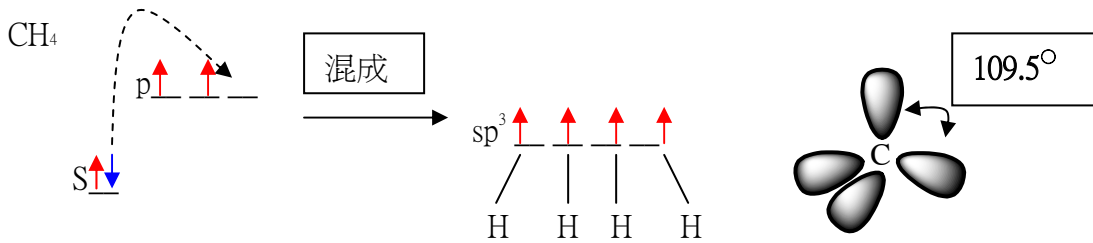
事實上，四個 C-H 都互為 109.5°



因此美國科學家(鮑林)L.C. Pauling提出了混成軌域的觀念。



碳原子在鍵結後，其價電子所佔有的軌域是一種以原始的2s和2p軌域經過混成而得的新式軌域，叫做 sp^3 混成軌域，然後再分別與氫原子的1s軌域重疊而形成鍵結。



在甲烷的例子中，一個 2s 軌域和三個 2p 軌域混成爲四個**能量相等**的 sp^3 混成軌域，這四個 sp^3 分別對向四面體的四個角落位置，形成 109.5° 的鍵角。

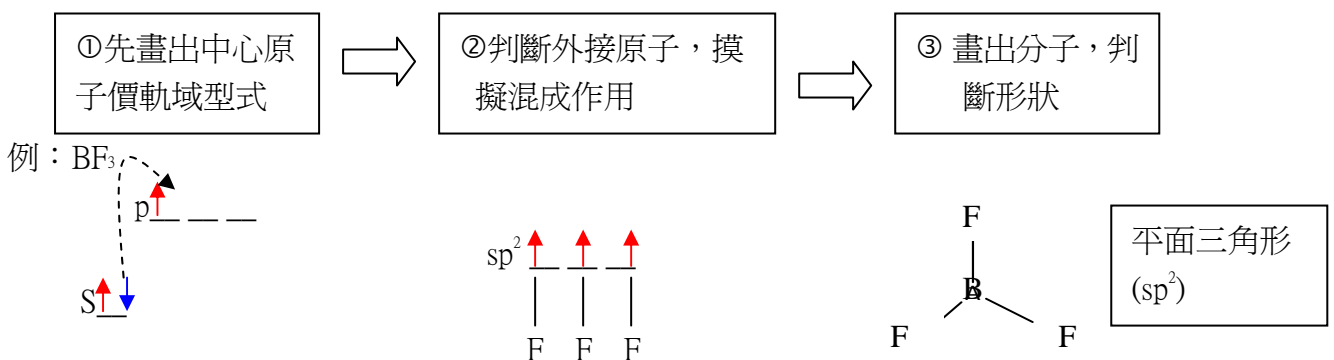
② 形成混成軌域前後的總能量不變

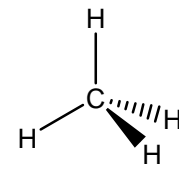
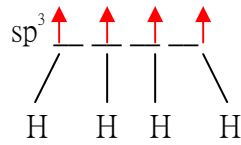
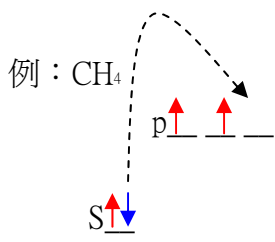
故對同種原子而言 $E_s < E_{sp} < E_{sp^2} < E_{sp^3} < E_p$

混成軌域的形式	鍵數	組成軌域	鍵角 (理想)	幾何結構 (形狀)	代表性例子
sp	2	1個s與1個p	180°	直線形	BeCl_2 、 BeH_2
sp^2	3	1個s與2個p	120°	平面三角形	BF_3 、 BCl_3
sp^3	4	1個s與3個p	109.5°	正四面體形	CH_4 、 CCl_4
sp^3d 或 dsp^3	5	1個s、3個p與1個d	120° 、 90°	雙三角錐形	PCl_5
sp^3d^2 或 d^2sp^3	6	1個s、3個p與2個d	90°	正八面體形	SF_6

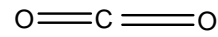
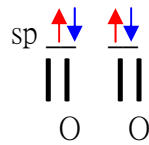
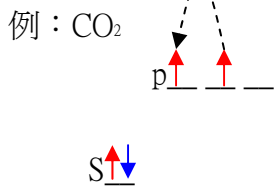
2. 分子形狀之判定

(1) 依混成軌域判定之

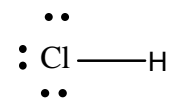
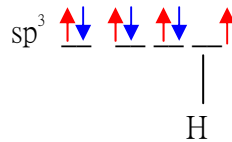
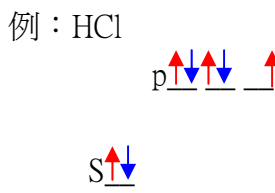




金字塔形或
正四面體形
(sp³ 混成)



直線形(sp 混成)



直線形
(sp³ 混成)

注意 1：在填入電子時必需依照「構築法則，泡立不相容原理，罕德法則」。
注意 2：鍵結電子(B.p.)，孤對電子(L.p.)參與混成，單電子沒有參與混成。

● ● ● ● 練習：H₂O，NH₃，CCl₄各是什麼混成軌域及形狀。

H₂O

NH₃

CCl₄

(2) 依據價殼層電子對排斥理論(VSEPR)

可預言僅含一個中心原子之分子或離子(AX_m)的形狀
中心原子A

- ① m = 與A鍵結原子X的數目，即 σ 鍵的數目
- ② l.p. = 未共用電子對之數目 (不包括d軌域之未共用電子對)

<Note1>電負度小的原子為中心原子 (但H例外)

<Note2>含氧酸，中央原子常不是氫或氧，而是其他原子。

⇒氫常接於氧，而氧再接於中央原子。

公式

$$\frac{\text{價電子數(含電荷數)總和}}{8} = \sigma\text{鍵數目(即}m\text{數)} \dots\dots\dots \text{餘數}$$

$$\frac{\text{餘數}}{2} = \text{l.p.數目}$$

⇒由 $m+lp$ 之總數(亦即 σ 鍵+lp之總數)即可決定中心原子的混成軌域即該分子或離子的幾何形狀。

注意：因為H的軌域是二個就滿了，不符合八隅體，因此外接H的原子都當作Cl計，價電子數記為7。

例：

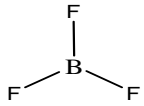
🐱 BF_3 ：中心原子B
 (B價電子數 + 三個F價電子數) / 8 = (3 + 3×7) / 8 = 3…………… 0
 [有 3 個 σ 鍵] [沒有l.p.]

馬上從中心原子畫出三個 σ 鍵。

⇒ 檢查中心原子有沒有L.P.。

⇒ 檢查有沒有 π 鍵的存在(數中心原子價電子數 和 外接原子的價電子數)

⇒ 由 B.P. 和 L.P. 數判斷立體形狀。



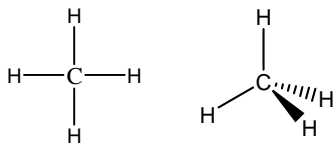
🐱 CH_4 ：中心原子C
 (C價電子數 + 四個H價電子數) / 8 = (4 + 4×1) / 8 = 4…………… 0
 [有 4 個 σ 鍵] [沒有l.p.]

馬上從中心原子畫出四個 σ 鍵。

⇒ 檢查中心原子有沒有L.P.。

⇒ 檢查有沒有 π 鍵的存在

⇒ 由 B.P. 和 L.P. 數判斷立體形狀。





CO₂ : 中心原子C

$$(C\text{價電子數} + \text{二個O價電子數}) / 8 = (4 + 2 \times 6) / 8 = 2 \dots\dots\dots 0$$

[有 2 個σ鍵] [沒有l.p.]

馬上從中心原子畫出 2 個σ鍵。 \Rightarrow O—C—O

\Rightarrow 檢查中心原子有沒有L.P.。

\Rightarrow 檢查有沒有π鍵的存在 \Rightarrow O=C=O

\Rightarrow 由 B.P. 和 L.P. 數判斷立體形狀。



HCl : 中心原子Cl

$$(Cl\text{價電子數} + \text{一個H價電子數}) / 2 = (7 + 1 \times 1) / 8 = 1 \dots\dots\dots 6$$


[有 1 個σ鍵] [3 有l.p.]

馬上從中心原子畫出 1 個σ鍵。 \Rightarrow H—Cl

\Rightarrow 檢查中心原子有沒有L.P. \Rightarrow 有3個 l.p.

\Rightarrow 檢查有沒有π鍵的存在 \Rightarrow 無

\Rightarrow 由 B.P. 和 L.P. 數判斷立體形狀。 \Rightarrow $\begin{matrix} \cdot\cdot \\ \cdot\text{Cl}—\text{H} \\ \cdot\cdot \end{matrix}$

 練習：H₂O，NH₃，CCl₄各是什麼混成軌域及形狀。

H₂O

NH₃

CCl₄

AX_m之鍵結軌域及幾何形狀

lp之鍵結軌域	m+lp	E的數目	化學式 (E表lp)	幾何形狀	鍵角	常見實例
sp	2	0	AX ₂	直線形	180°	CO ₂ 、NO ₂ ⁺ 、HNO、SCN ⁻ 、HCN、BeF ₂ 、CS ₂
sp ²	3	0	AX ₃	平面三角形	120°	BF ₃ 、NO ₃ ⁻ 、CO ₃ ²⁻
		1	AX ₂ E	角形，彎曲形	<120°	SO ₂ 、PbCl ₂ 、NO ₂ ⁻
sp ³	4	0	AX ₄	四面體形	109.5°	CH ₄ 、NH ₄ ⁺ 、SO ₄ ²⁻
		1	AX ₃ E	角錐形	<110°	NH ₃ 、H ₃ O ⁺ 、SO ₃ ²⁻
		2	AX ₂ E ₂	角形，彎曲形	<109.5°	H ₂ O、SnCl ₂ 、NH ₂ ⁻
sp ³ d或dsp ³	5	0	AX ₅	雙三角錐形	90°&120°	PCl ₅
		1	AX ₄ E	扭曲四面體形	約90°	SF ₄ 、TeCl ₄
		2	AX ₃ E ₂	T字形	約90°	BrF ₃ 、ClF ₃
		3	AX ₂ E ₃	直線形	180°	I ₃ ⁻ 、ICl ₂ ⁻ 、XeF ₂
sp ³ d ² 或d ² sp ³	6	0	AX ₆	八面體形	90°	SF ₆ 、SiF ₆ ²⁻ 、PCl ₆ ⁻
		1	AX ₅ E	四角錐形	90°	BrF ₅ 、ICl ₅
		2	AX ₄ E ₂	平面四方形	90°	ICl ₄ ⁻ 、XeF ₄ 、BrF ₄ ⁻

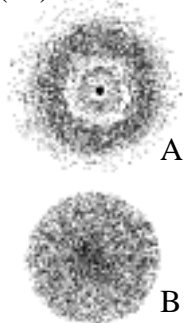
附錄二．前測問卷

姓名_____ 學號_____

() 1. 請畫出 He, Ne, S, Br 的路易士電子點式表示法。

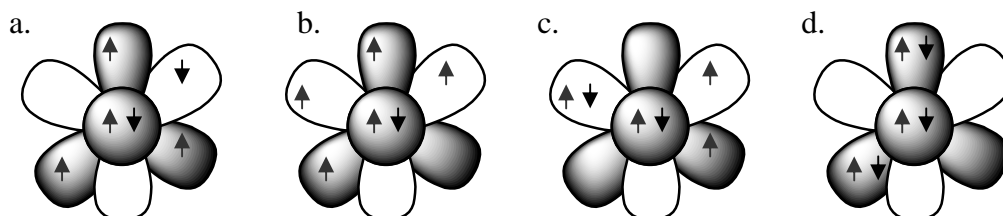
He, Ne, S, Br

() 2. 以下有兩個軌域截圖，有關軌域，下列何者為真？



- 圖 A, B 上的小點代表許多數不清的電子組成軌域。
- 圖 A, B 皆為 s 軌域，皆為球狀分布，電子如同行星一樣繞原子核公轉。
- 圖 A 的能量比圖 B 高，可看出圖 A 為 2s 軌域而圖 B 為 1s 軌域。
- 從 A, B 兩圖可看出(n, l, ml, s)四量子數分別為
A : (2, 0, 0, 1/2), B : (1, 0, 0, 1/2)

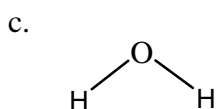
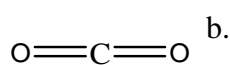
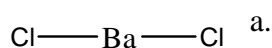
() 3. 請為氧原子(O)的價電子組態 $2s^2 2p^4$ 選擇一個正確的圖形，箭頭代表電子自旋方向， 代表轉向為 。



() 4. 請畫出以下分子的電子點式，以「·」代表中心原子的電子，以「x」代表外接原子所屬的電子。【化學式中沒有畫出孤對電子者(l.p.)，在電子點式也必需要畫出來】

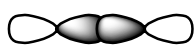
化學式

電子點式

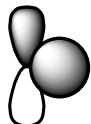


() 5. 以下描述的哪種軌域結合成鍵的型式完全正確。

- a. p—p 頭碰頭， 鍵。 b. p—p 頭碰頭， 鍵。

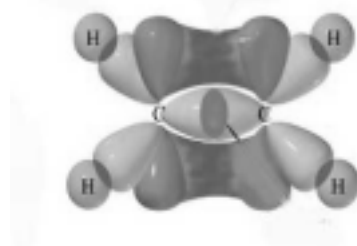


- c. s—p， 肩並肩， 鍵。 d. p—p 肩並肩， 鍵。



() 6. 下圖 1 為碳--碳鍵(C--C)之間的電子雲,問下列何種 C—C 鍵和圖 1 的 C—C 鍵相同?

圖 1



- a. $\text{C}-\text{C}$ b. $\text{C}=\text{C}$ c. $\text{C}\equiv\text{C}$ d. $\text{C}\equiv\text{C}$

() 7. 請由化學式畫成結構式

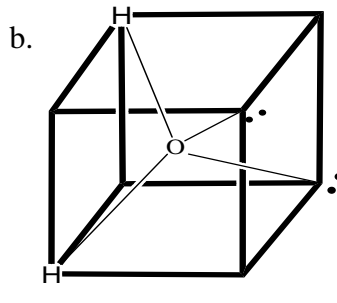
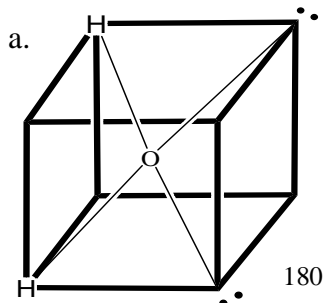
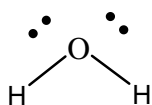
【若中心原子帶有孤對電子，在結構中式也必需要畫出來】。

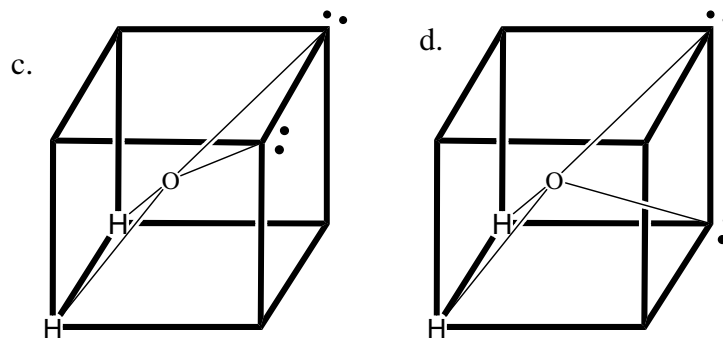
化學式

結構式



() 8. H_2O 分別有 2 個 b.p., 2 個 l.p., 根據 VSEPR 的描述, 找出下列 b.p. 和 l.p. 的空間分布何者正確?



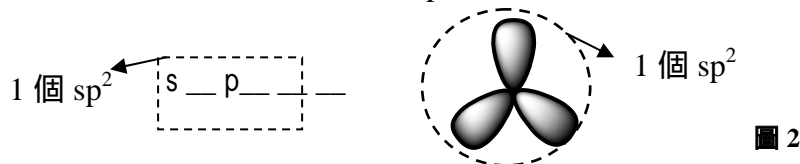


() 9. 有關混成軌域 sp^2 ，下列何者描述正確？

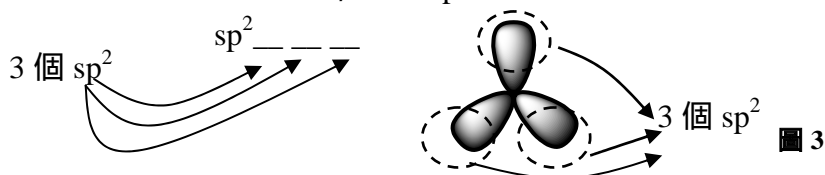
- a. 使用1個s軌域，2個 p 軌域，混成1個 sp^2 混成軌域，於是 sp^2 混成的能量及圖形如以下「圖1」。



- b. 使用 1 個 s 軌域，2 個 p 軌域，混成 1 個 sp^2 混成軌域，又混成後混成軌域的能量均等，於是 sp^2 混成的能量及圖形如以下「圖 2」。



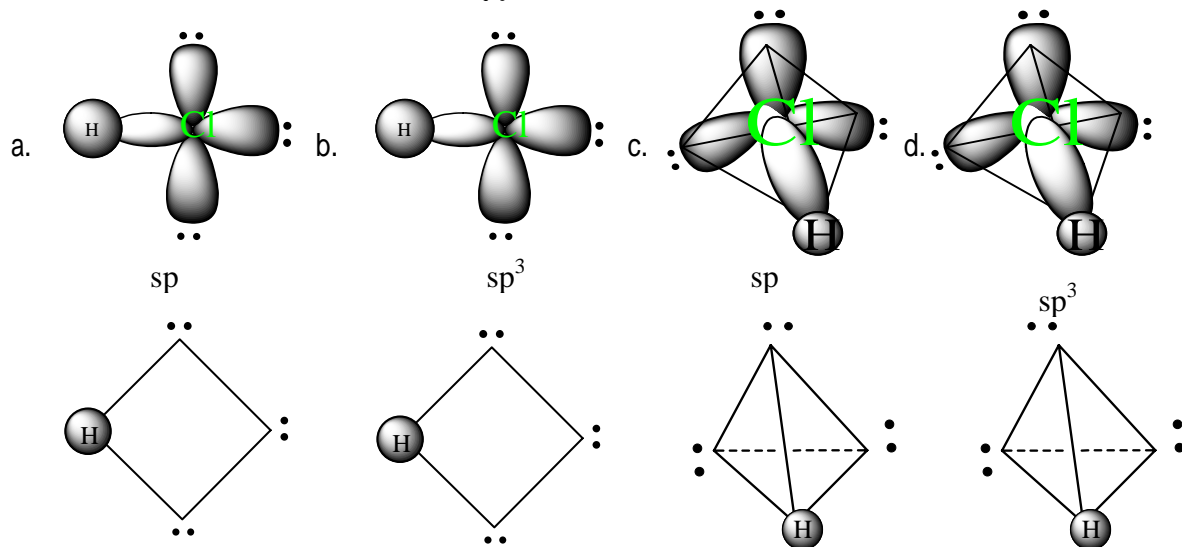
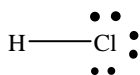
- c. 使用 1 個 s 軌域，2 個 p 軌域，混成 3 個 sp^2 混成軌域，但混成後混成軌域的能量均等，於是 sp^2 混成的能量及圖形如以下「圖 3」



- d. 使用 1 個 s 軌域，2 個 p 軌域，混成 2 個 sp^2 混成軌域，但混成後混成軌域的能量均等，於是 sp^2 混成的能量及圖形如以下「圖 4」



()10. HCl 很明顯的為直線型分子，將電子點式數好並畫圖如下，問下列何為正確的混成軌域？



()11. 下列分子何者具有極性共價鍵，但為非極性分子？


(甲) CO₂ (乙) BF₃ (丙) CH₂Cl₂ (丁) NH₃ (戊) CCl₄

- 甲、乙、丙、丁、戊
- 甲、乙、丙、戊
- 甲、乙、戊
- 丙、丁

()12. 選出正確的分子形狀，並在下方____處寫出你是如何判斷的：

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| a. CO ₂ 角形 | b. CF ₄ 平面正方形 |
| c. BF ₃ 平面三角形 | d. NCl ₃ 平面三角形 |

我是這樣想的：



附錄三．後測問卷

姓名_____

學號_____

() 1 . 請畫出 Cl, Mg, P, Al 的路易士電子點式表示法。

Cl,

Mg,

P,

Al

() 2 . 以下有兩個軌域截圖，有關軌域，下列何者為真？



A



B

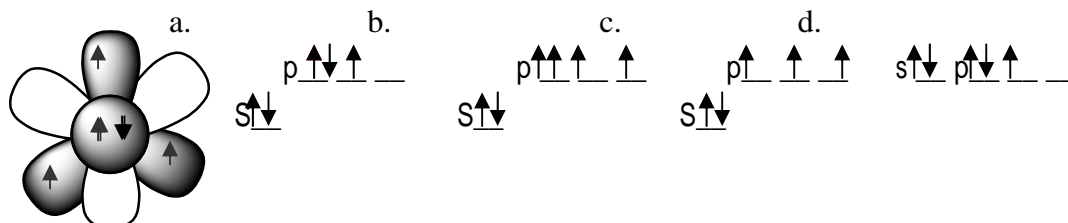
a. 圖 B 的能量比圖 A 高，可看出圖 A 為 1s 軌域而圖 B 為 1p 軌域。

b. 圖 A, B 上的小點代表電子出現機率最高的地方，即所謂電子雲。

c. 圖 B 可看出來為 1p 軌域，(n, l) 量子數為 B : (1, 1)。

d. 電子的正確位置無法得知，只知道電子在一定軌道上繞核運轉。

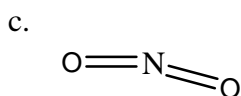
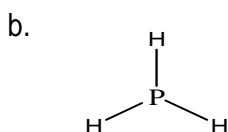
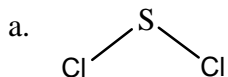
() 3 . 請為下圖選擇一個正確軌域能階，並正確地填入電子。箭頭代表電子自旋方向， 代表轉向為 ， 代表轉向為 ， 橫線高低代表能量高低。



() 4 . 請畫出以下分子的電子點式，以「·」代表中心原子的電子，以「x」代表外接原子所屬的電子。【化學式中沒有畫出孤對電子者(l.p.)，在電子點式也必需要畫出來】

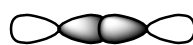
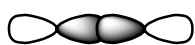
化學式

電子點式



() 5. 以下描述的哪種軌域結合成鍵的型式完全正確。

- a. p—p 頭碰頭， σ 鍵。 b. p—p 頭碰頭， π 鍵。

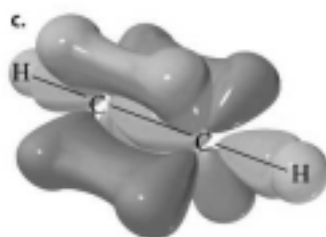


- c. s—p， σ 鍵。 d. p—p 肩並肩， π 鍵。



() 6. 下圖 1 為碳--碳鍵(C--C)之間的電子雲, 問下列何種 C—C 鍵和圖 1 的 C—C 鍵相同?

圖 1



- a. $\text{C}-\text{C}$ b. $\text{C}=\text{C}$ c. $\text{C}\equiv\text{C}$ d. $\text{C}=\text{C}$

() 7. 請由化學式畫成結構式

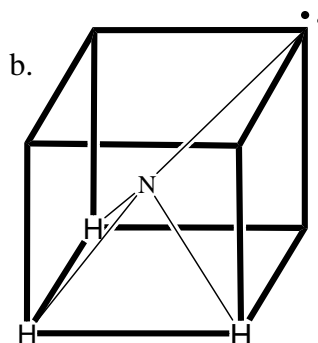
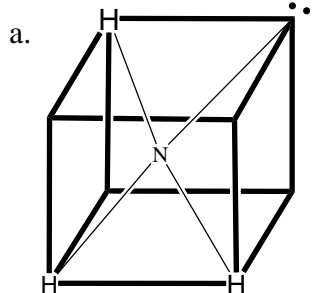
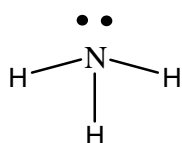
【若中心原子帶有孤對電子，在結構中式也必需要畫出來】

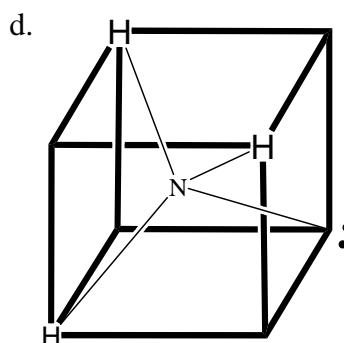
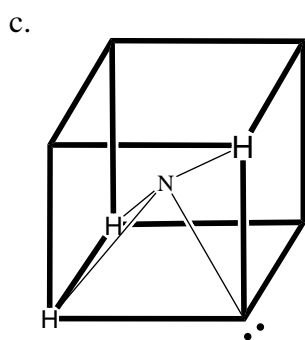
化學式

結構式



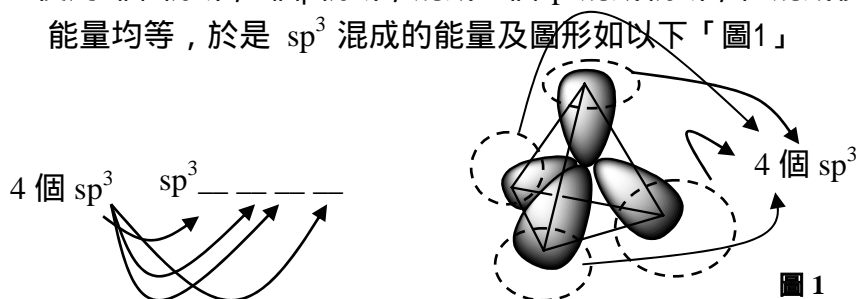
() 8. NH_3 分別有 3 個 b.p., 1 個 l.p., 根據 VSEPR 的描述, 找出下列 b.p. 和 l.p. 的空間分布何者正確?



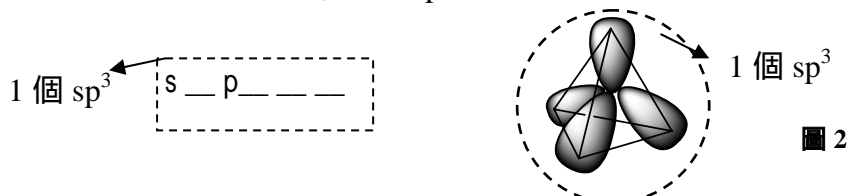


()9. 有混成軌域 sp^3 ，下列何者描述正確？

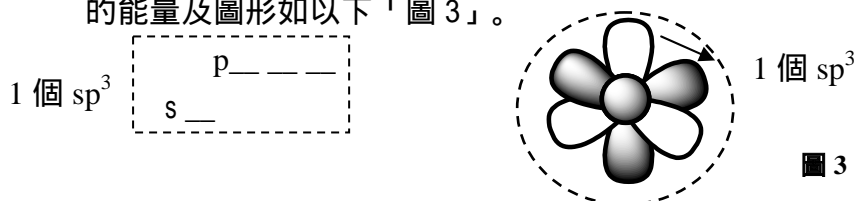
- a. 使用1個s軌域，3個p軌域，混成 4個 sp^3 混成軌域，但混成後混成軌域的能量均等，於是 sp^3 混成的能量及圖形如以下「圖1」



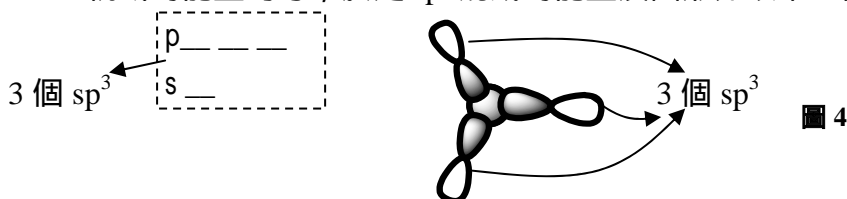
- b. 使用 1 個 s 軌域，3 個 p 軌域，混成 1 個 sp^3 混成軌域，又混成後混成軌域的能量均等，於是 sp^3 混成的能量及圖形如以下「圖 2」。



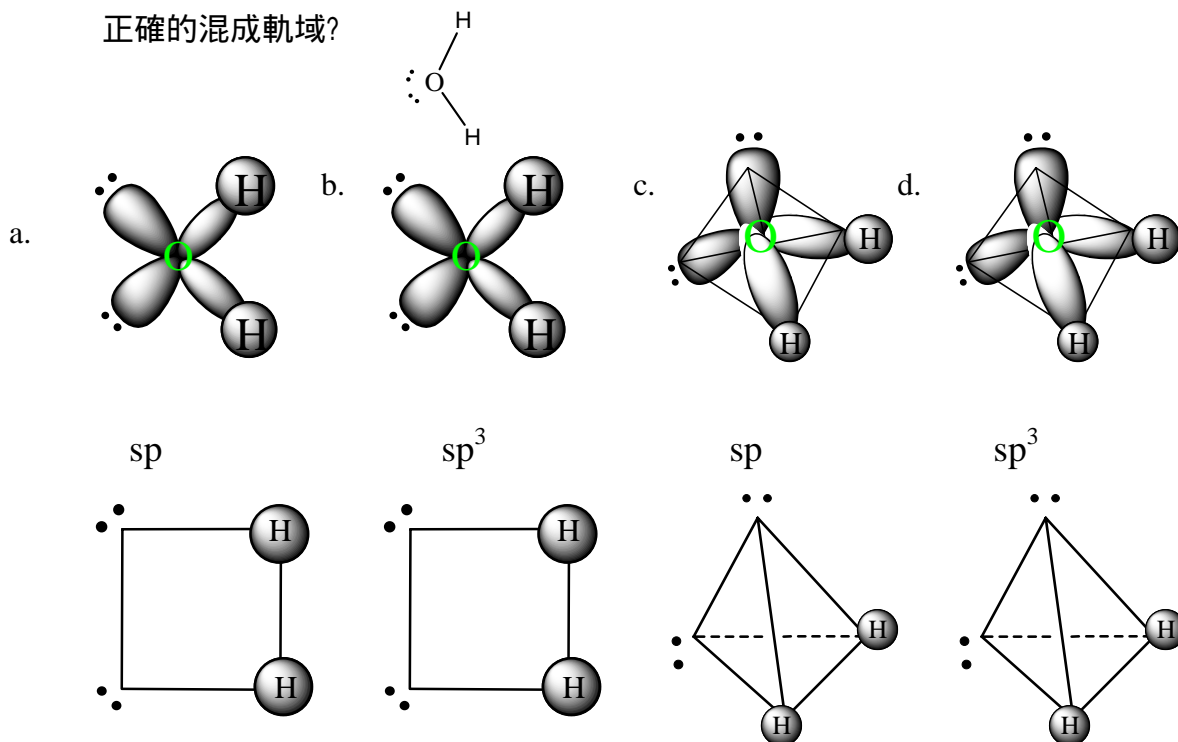
- c. 使用 1 個 s 軌域，3 個 p 軌域，混成 1 個 sp^3 混成軌域，於是 sp^3 混成的能量及圖形如以下「圖 3」。



- d. 使用 1 個 s 軌域，3 個 p 軌域，混成 3 個 sp^3 混成軌域，但混成後混成軌域的能量均等，於是 sp^3 混成的能量及圖形如以下「圖 4」



()10. H_2O 很明顯的為角型分子，將電子點式數好並畫圖如下，問下列何為正確的混成軌域？

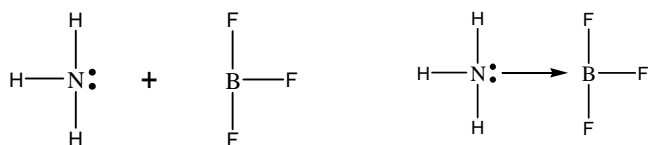


()11. (甲) CH_4 , (乙) CH_3Cl , (丙) CH_2Cl_2 , (丁) $CHCl_3$, (戊) CCl_4

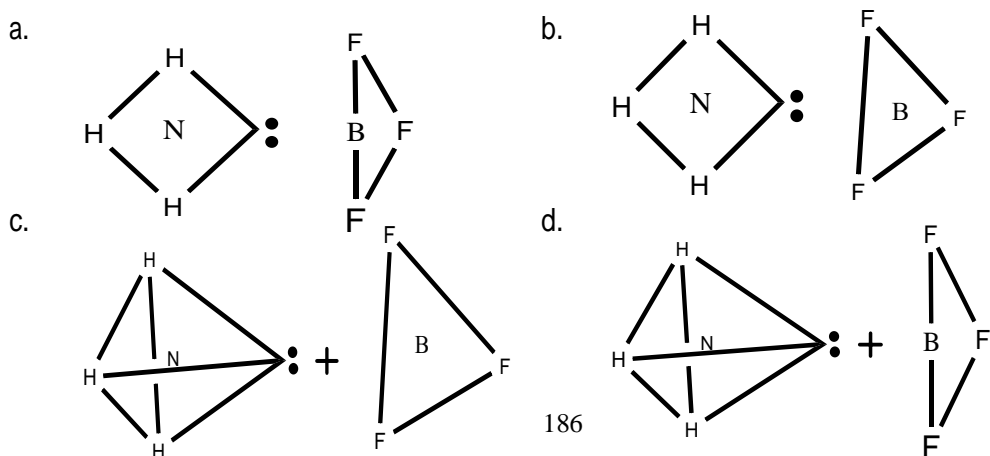
極性大小排列以下何者正確？

- 戊 < 甲 < 乙 < 丙 < 丁
- 乙 < 丙 < 丁 < 戊 = 甲
- 戊 = 甲 < 乙 < 丙 < 丁
- 甲 < 乙 < 丙 < 丁 < 戊

()12. BF_3 與 NH_3 結合成 NH_3BF_3 ，如下：



問 a. b. c. d. 四選項中何者形狀最符合 $NH_3 + BF_3$ 的過程？



()13. 選出正確的分子形狀，並在下方____處寫出你是如何判斷的：


a. H_2S 直線形

b. CH_4 平面正方形

c. BeF_2 直線形

d. NH_3 平面三角形

我是這樣想的：



()13. 你覺得原子的結構應該是怎麼樣的呢？請寫下你的想法。也可以畫圖表示。

附錄四 . 學習後感受問卷

各位同學：

你好！首先感謝你的參與，使這次教學得以順利進行，在活動結束前，請同學填寫這份問卷，以瞭解各位參加這次活動後的心得，以作為日後教學改進與發展的依據。

你的意見是相當重要的，請根據自己的感受，回答問卷上的問題，每個問題的答案都沒有所謂的對與錯，調查結果僅供研究分析之依據，與個人成績無關，且個人填答資料絕對保密，請放心作答。

謝謝合作！！敬祝 學業進步

國立台灣師範大學 化學研究所

個人基本資料

日期：_____

班級：_____

姓名：_____

座號：_____

性別： 男 女

第一部份 使用軟體組

*作答說明：請依據下列題目，在最能表達你想法的選項圈選()

項 目	非 常 不 同 意	不 同 意	無 意 見	同 意	非 常 同 意
1.我覺得使用歐比托，可以練習電子填入原子軌域的原則。	1	2	3	4	5
2.只看課本，我就可以想像軌域的樣子。	1	2	3	4	5
3.沒有歐比托我也可以學得很好。	1	2	3	4	5
4.我覺得這次教學和平常沒什麼差別。	1	2	3	4	5
5.我覺得使用歐比托來上課，讓這個單元變有趣	1	2	3	4	5
6.我覺得使用歐比托來上課，比只看課本要容易瞭解。	1	2	3	4	5
7.我覺得配合歐比托，比只聽老師口頭和板書講解更容易理解。	1	2	3	4	5
8.我覺得不用歐比托來上課，這個部分我也可以學得很好。	1	2	3	4	5
9.我覺得用這種方式上課讓我不知道學習重點在哪裡。	1	2	3	4	5
10 我覺得歐比托內容可以讓老師使用，當做上課的輔助教具。	1	2	3	4	5
11.我覺得歐比托中大量的混成軌域，可以幫助學習。	1	2	3	4	5
12.我覺得歐比托中大量的混成軌域，會造成學習負擔。	1	2	3	4	5
13.歐比托中的混成軌域，可以幫助我更瞭解文字內容的意義。	1	2	3	4	5
14.我不瞭解歐比托裡混成軌域所要表達的意義。	1	2	3	4	5
15 我覺得使用歐比托，可以讓我利用混成判斷分子形狀。	1	2	3	4	5
16.我現在已經可以想像一個簡單的分子的形狀。	1	2	3	4	5
17.我覺得實際觀看軌域混成很有趣。	1	2	3	4	5
18.我能容易學會老師所教的操作方法。	1	2	3	4	5
19.我覺得歐比托中的符號太麻煩，讓我不知道在做什麼。	1	2	3	4	5
20.我喜歡自己拖拉電子，觀看電子填入軌域的情況。	1	2	3	4	5
21 我希望以後的課程也能使用類似的模擬軟體來上課。	1	2	3	4	5
22.我在使用歐比托時，能很快將與之前學習的課程內容連結。	1	2	3	4	5
23.如果硬體上支援，我回家以後願意從事學習活動或複習。	1	2	3	4	5

24.你喜不喜歡這次的教學？

原因是：

25.你覺得「歐比托」這個軟體，對你最有幫助的部分為何？

26. 你認為「歐比托」這個軟體，需要改進的部分還有哪些？

27.請寫下這段時間你上課的感想和建議。

附錄五．歐比托使用手冊

同學們，請打開桌面上的軟體「歐比托」。
歐比托(Orbital)，即為軌域的意思。



哦!比托。

以下為歐比托使用介面，及各按鍵操作方式。

「**元素**」：即為中心原子，欄下有各種 1 到 7A 族元素可供拖曳到中間淺藍色視窗中。

「**提示訊息**」：於中間欄，於無法混成時，會顯現原因。混成完畢會顯現其他同型的混成型式。

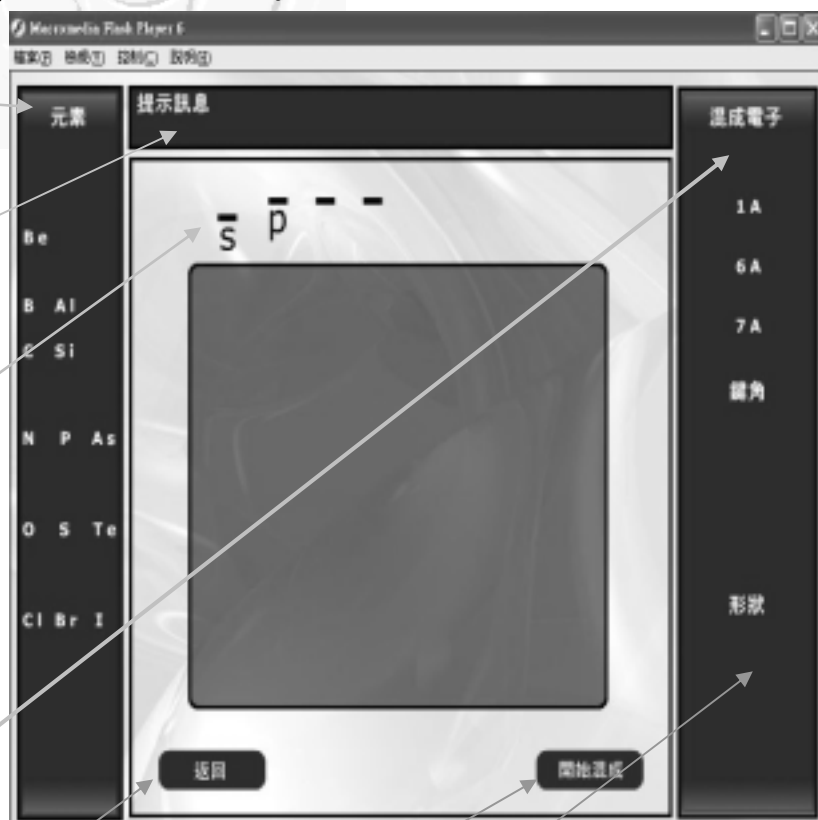
「**s p _ - - -**」：在拖曳元素進入視窗後，「s p _ - - -」旁即出現箭頭，箭頭代表電子數，您必須將電子正確拖曳入「s p _ - - -」之上，如無法正確填入，「**提示訊息**」會告訴您何處出錯。

「**外接元素**」：如下有 1A，6A，7A 三種外接原子可供拖曳至淺藍色框框內，依題目或你個人的想法，選擇外接原子的種類和個數。如你已選好了中心原子，想接三個 7A 元素，就拖三次 7A 進入藍色框框。


「**返回**」：清除螢幕。

「**開始混成**」：當你覺得中心和外接的原子都拖曳妥當，可以結合成分子，就接下視窗右下角的「開始混成」，如果無法混成，在最上層的「**提示訊息**」給你提示。

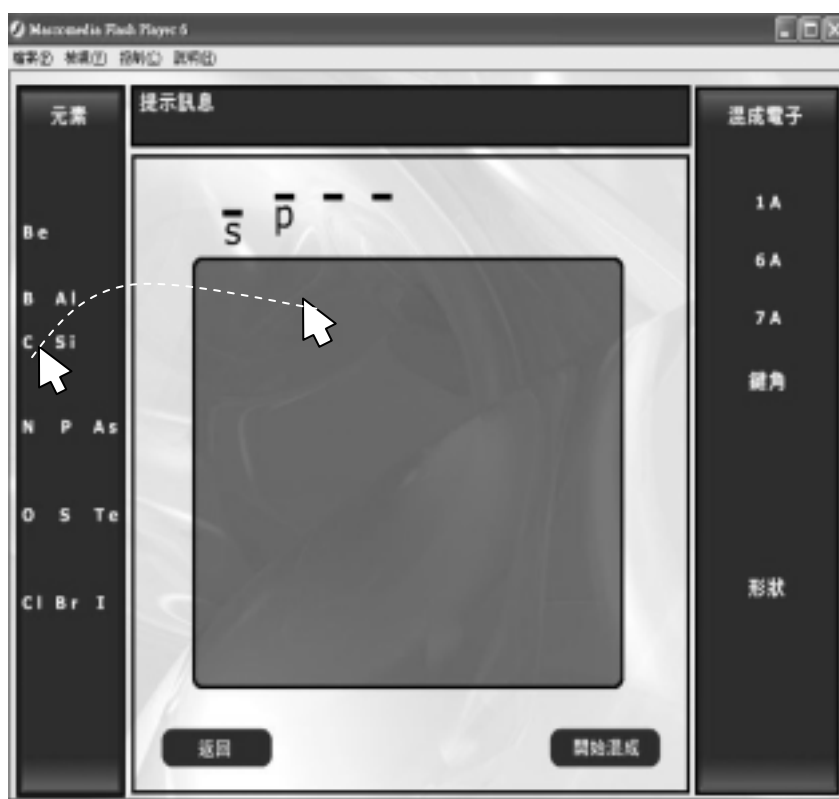
「**鍵角**」、「**形狀**」：在完成混成之後會顯現出來。





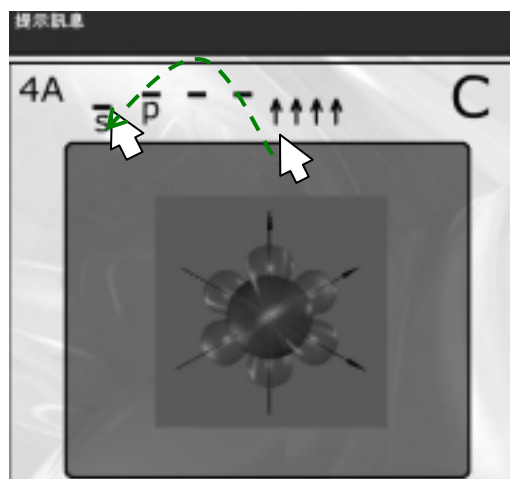
範例：

甲烷 CH_4 ， 代表按下滑鼠拖曳。

步驟一．選定中心原子：把想要的中心原子 C 拖入淺藍色視窗。(圖二會顯現)



步驟二．價軌域的形成：將碳 C 原子的價電子填入軌域中。  即代表碳的價電子個數，將  以拖曳的方式拖入 s 或 p 上的橫線，並仔細看視窗中的圖示變化。

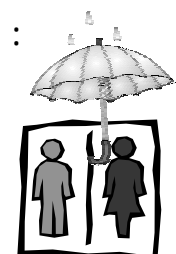


****注意**

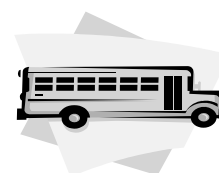
如果你填電子入軌域時 (拉 入) 時，電

子() 無法順利填入，請想想：

苞利不相容原理

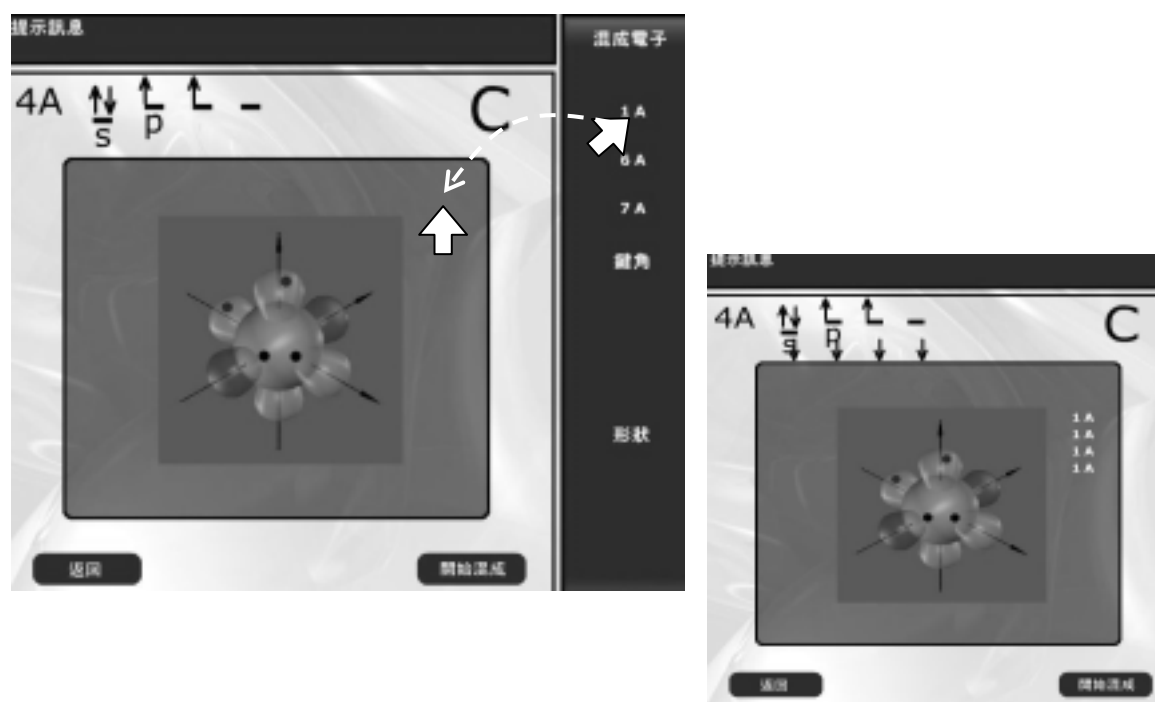


罕德規則



各別描述什麼意義。

步驟三．外接原子選定：拖曳外接原子，選定其種類、個數拖曳至藍色框框內。



步驟四．開始混成：在步驟三拖曳結束之後，按下右下角的「開始混成」鍵。

1. 仔細觀察「視窗內」軌域轉變成混成軌域的變化。
2. 仔細觀察「sp_---」符號的變化，並想想其變化代表什麼意義。
3. 對照「鍵角」，「形狀」的描述和視窗上的圖形有無不同。

**注意：若無法混成，見視窗上「提示訊息」顯示訊息。

欲重新選取外接原子請按下最下面三鍵中間的「重新混成」。

請對照上課講義--第 8 頁

練習一．試著使用動畫找出以下的分子的資訊：

1. 中心原子的價電子組態	2. 各為何種混成軌域	3. 分子形狀
4. 中心原子有多少對孤對電子(lp)	5. 畫出結構式，指出何為 σ ，何為 π	

BF_3

1.	2.	3.
4.	5.	

CO_2

1.	2.	3.
4.	5.	

HCl

1.	2.	3.
4.	5.	

練習二．

不同的原子可能形成什麼分子，利用講義中的流程判斷，再利用「歐比托」証實看看。

