

選修化學(下)

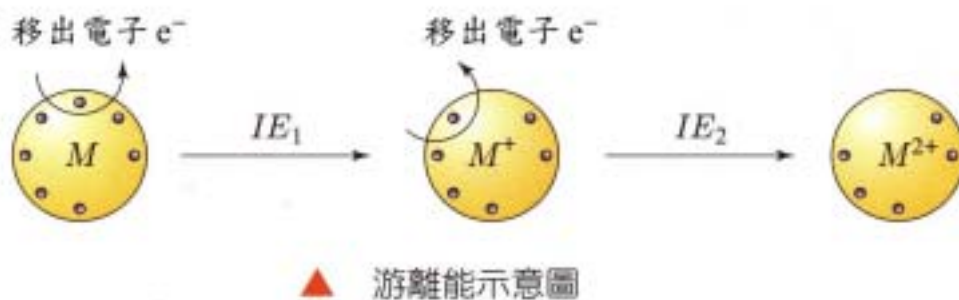
第五章 元素的特性與物質結構

5-1 元素的特性

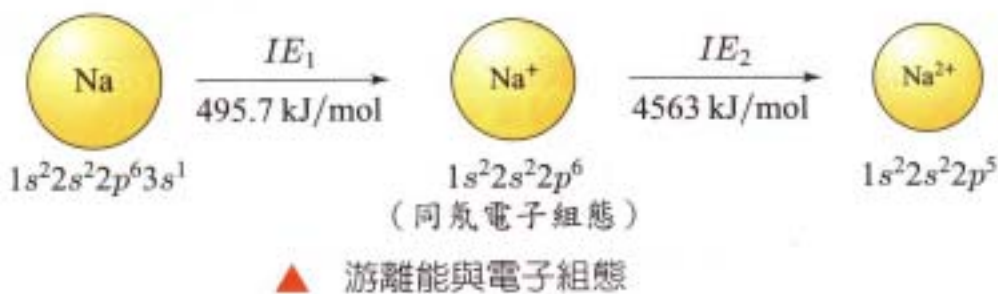
1. 游離能的定義

(1) 將基態氣相的原子去最外層電子所需的能量，稱為游離能(ionization energy)，以 IE 表示，單位為仟焦/莫耳(kJ/mol)或電子伏特(eV)。

(2) 從氣態的中性原子移出第一個電子所需的能量叫做第一游離能(first ionization energy, IE_1)；



同理，依次移出第二個、第三個、...第 n 個電子所需要的能量，分別為第二游離能(IE_2)、第三游離能(IE_3)、...第 n 游離能(IE_n)。以 Na 為例

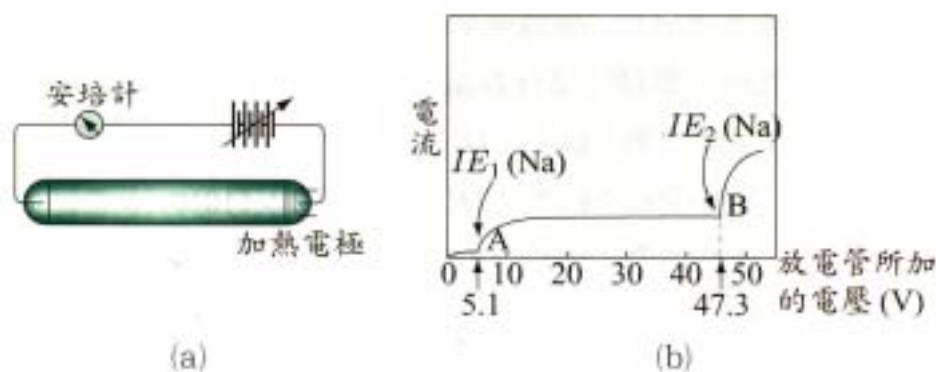


(3) 金屬元素游離能較小，表示對電子的引力較弱，易失去電子而形成陽離

子；非金屬元素的游離能較大，不易失去電子，與金屬元素結合時，反而易得到電子而形成陰離子。因此游離能是決定元素的重要因素之一。

2. 游離的測量

- (1) 在陰極射線管中裝入少量氣態元素，當兩極電壓逐漸提高到某一數值時電流強度急速隨電壓之升高而增大(圖(b)之 A、B 處)，這是因為中性原子最外層的電子受陰極射線撞擊離開原子而飛到陽極，因此可測得電流強度的



增加。

- (2) 從氣態的原子移出第一個電子所需要的能量(IE_1)如上圖之 A 點，當放電管中的電壓加至 5.1 伏特時，陰極射線管中的電流大增，測得 Na 原子的 $IE_1 = 5.1\text{eV} = 496\text{kJ/mol}$ 。中性原子移出第一個電子後再繼續提高電壓時可達到移出第二個電子所需的最低能量(IE_2)如上圖之 B 點。

3. 游離能比較

- (1) 同一元素之游離能大小： $IE_1 < IE_2 < IE_3 < \dots < IE_n < \dots$ ，因為原子或離子失去電子後形成的陽離子之有效電荷漸大，原子核對電子的引力漸大，故游離

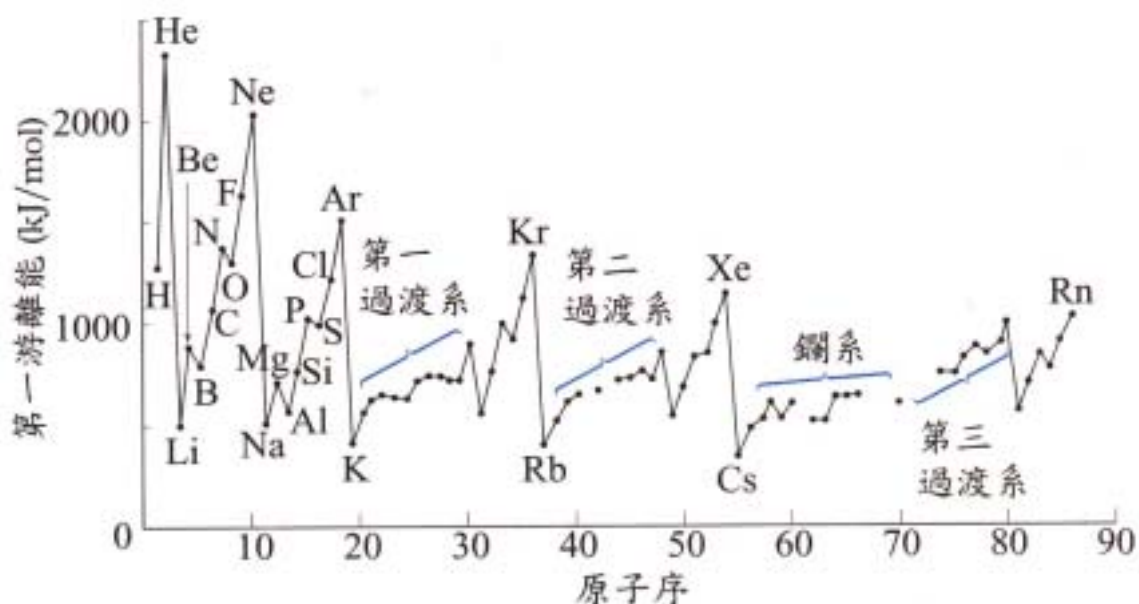
漸增。

- (2) 推測價電子數目：當外層電子完全移去後，再移去更內層的電子時，游離能的巨大變化可推知該元素之價電子數。 $IE_1 < IE_2 < \dots < IE_{n-1} \ll IE_n < \dots$ ，有 $n-1$ 個價電子。如硼原子(B)： $IE_1(800) < IE_2(2430) < IE_3(3659) \ll IE_4(25020)$ ，第四游離能突然變大，應為內層電子，故外層有 3 個電子。

- (3) 單電子原子的游離能與核電荷的平方(Z^2)約成正比，即 $IE = Z^2 \cdot IE_H$ (氫的游離能 $IE_H (=1312)$)。例如 $He^+ : IE = 2^2 \cdot 1312 = 5247$ 。

4. 各元素第一游離能的比較

- (1) 第一游離能與原子序的關係圖：



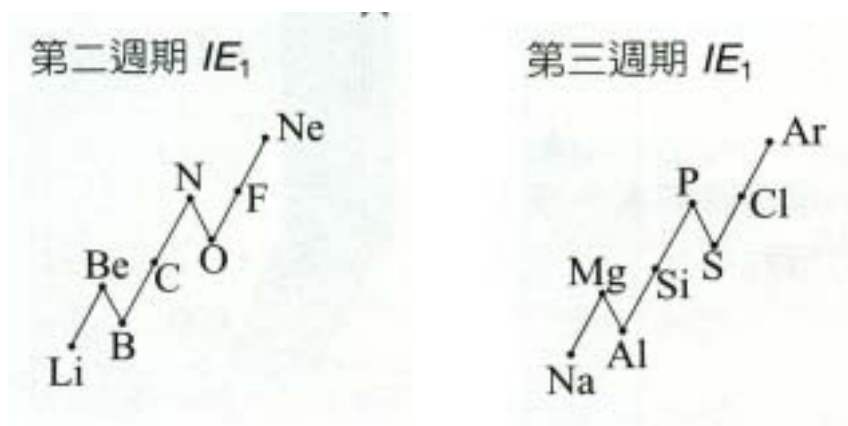
- (2) 週期表右上方的元素 IE_1 甚大，左下方的元素 IE_1 甚小。其中最高為氦約 2500 kJ/mol ，銫最低為 500 kJ/mol 。

(3) 同族元素之 IE_1 隨原子序之增加而漸減： $Cs < Rb < K < Na < Li$ ；

$At < I < Br < Cl < F$ ；外層價電子組態相同，但主量子數(n)增加，電子距核較遠，所受引力較小， IE 較小。

(4) 第二、三週期元素之 IE_1 隨原子序之增加呈鋸齒狀增加。例如 IE_1 ：

$Li < B < Be < C < O < N < F < Ne$ ； $Na < Al < Mg < Si < S < P < Cl < Ar$



(a) 同一週期愈向右，原子核所帶正電荷愈多，原子半徑愈小，外層電子受核吸引力愈大，故 IE 愈大。

(b) 但 $III A$ 較 $II A$ 小是因為 $III A$ 元素之最外層為 p 軌域電子，能量較 $II A$ 元素之 s 軌域電子高，易移去，故游離能較小。

(c) $VI A$ 較 $V A$ 小是因為 $VI A$ 元素最外層為 np^4 軌域電子，其中一個 p 軌域填了兩個電子，增加斥力。較易移去，故游離能較小。

5. 其他游離能的比較

(1) 等電子數者，核電荷愈大，對電子引力愈大，半徑愈小，游離能愈大。如

(a) 電子數同為 2 個($1s^2$)的 IE ： $He < Li^+ < Be^{2+}$

(b) 電子數同為 10 個($1s^2 2s^2 2p^6$)的 IE : $Ne < Na^+ < Mg^{2+}$

(c) 電子數同為 18 個($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$)的 IE : $Ar < K^+ < Ca^{2+}$

(2) 由實驗結果得知：任何元素的電子親和力均小於任何元素的游離能。如：

移去電子所需的能量大小： $F^- < F < F^+$ ； $Na^- < Na < Na^+$ 。

6. 電子親和力(electron affinity, EA)

(1) 將 $1mol$ 電子加至 $1mol$ 基態氣相原子而形成 $1mol$ 帶負電的陰離子，此過程

所伴隨的能量變化稱為電子親和力。如： $Cl_{(g)} + e^- \rightarrow Cl^-_{(g)} + 348kJ$ ，稱為

氯原子的電子親和力： $EA = \Delta H = -348kJ/mol$ 。

(2) 常見元素的電子親和力(kJ/mol)

H -72							He +54
Li -57	Be +66	B -15	C -121	N +31	O -142	F -333	Ne +99
Na -21	Mg +67	Al -26	Si -135	P -60	S -200	Cl -348	
						Br -324	
						I -295	

(3) 電子親和力的變化趨勢

(a) 大多數的元素 EA 為負值：表示大部分的氣態原子獲得一個電子後會放出能量。

(b) 同一週期愈向右，電子親和力負值愈大，因為核電荷較大，對電子引力較大，結合後較穩定，放熱較多。

(c) IIA 族(如 Be, Mg)及 VIIIA 族(如 He, Ne)的電子親和力(EA)為正值，顯示此兩族元素不易接受電子。因為 IIA 族 ns^2 軌域及 VIIIA 族 $ns^2 np^6$ 軌域均達到全滿之穩定狀態。

(d) VA 族(如 N, P)之 EA 值負值較小，因為達到 p 軌域半滿 $ns^2 np^3$ 之穩定態，在 3 個半滿軌域加入電子，因同軌域之電子間斥力而使陰離子較不穩定，放熱較少。

(e) 電子親和力最大的元素是氯(Cl)而不是氟(F)，因為 F 的半徑小，加入的電子與 $2p^5$ 的電子斥力較大，故 EA 的大小反而較 Cl 小一些。

7. 電子親和力(EA)與游離能(IE)的比較

	游離能(IE)	電子親和力(EA)
定義	$A \rightarrow A^+_{(g)} + e^- \quad \Delta H = IE$	$A^+_{(g)} + e^- \rightarrow A^-_{(g)} \quad \Delta H = EA$
能量變化	均為吸熱，即 $IE > 0$	大部分為放熱， $EA < 0$
極值	IE_1 ：最大為 $He = 2400 kJ/mol$ 最小為 $Cs = 400 kJ/mol$ (Fr 為放射性元素)	放熱最多為 $Cl = 350 kJ/mol$ 。 (最小 IE_1 仍大於最大的 EA)
趨勢(以週期表作比)	(1) 愈向右上方，游離能愈大。	(1) 愈向右上方，放熱愈多。 (2) VA 族放熱較少(甚至吸

較)	(2) A 較 IIIA 高，VA 較 VIA 高。	熱)。 (3) IIA 族、VIII A 族吸熱。 (4)除此，仍有許多例外。
----	----------------------------	---

綜合游離能和電子親和力的數據，可發現當軌域半滿(如 VA 族)或全滿(如 A 及 IIIA 族)時，原子較穩定，此族原子之 IE 較大， EA 較小。實驗結果印證了原子軌域模型。

8. 金屬性與非金屬性之比較

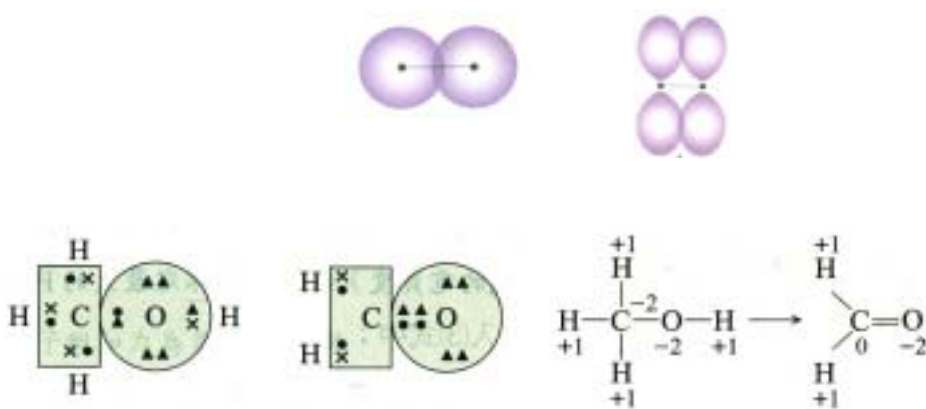
(1) 以 A、A 及 VIII A 為例

	鹼金屬(IA 族)	鹵素(VIIA 族)	惰性氣體(VIII A 族)
價電子	$[(n-1)s^2(n-1)p^6] ns^1$	$ns^2 np^5$	$ns^2 np^6$
游離能	低(易失去 e^-)	高(不易失去 e^-)	很高(難失去 e^-)
電子親和力	小(不易接受 e^-)	大(易接受 e^-)	正值(難接受 e^-)
反應性	因比全滿多 1 個電子，故易失去外層電子以達鈍氣電子組態之穩定狀態，因此游離能較低。	因比全滿少 1 個電子，故易接受 1 個電子以達鈍氣電子組態之穩定狀態，因此電子親和力較高。	因外層已達成全滿而穩定，故幾無反應活性。

(2) 愈向週期表的左下方，金屬性愈強。

(3) 電負度的應用：判定化合物中各元素的氧化數。計算得失電子時將共用電子對給電負度較大的元素，再計算各元素電子數的變化，即可得到各元素的氧化數。

例如：甲醇(CH_3OH)轉變成甲醛(CH_2O)是氧化?或是還原?



$\therefore C$ 的氧化數由 $-2 \rightarrow 0$ ，氧化數增加，故甲醇被氧化成甲醛。

5-2 分子結構

1. 共價鍵

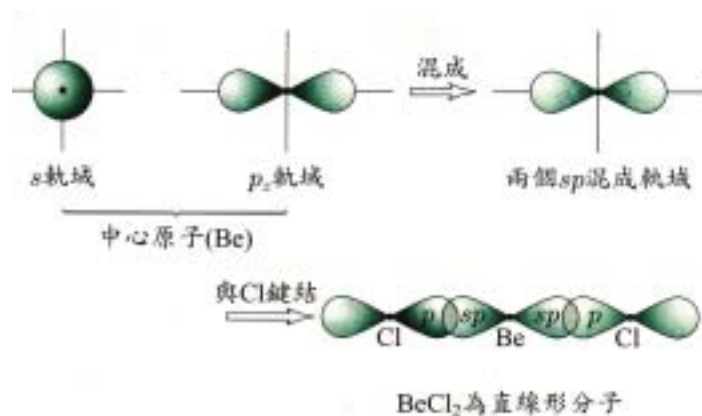
- (1) 以軌域重疊情形可分為 σ 鍵、 π 鍵。
- (2) 以共用電子對的數目可分為單鍵、雙鍵、參鍵。

2. 混成軌域

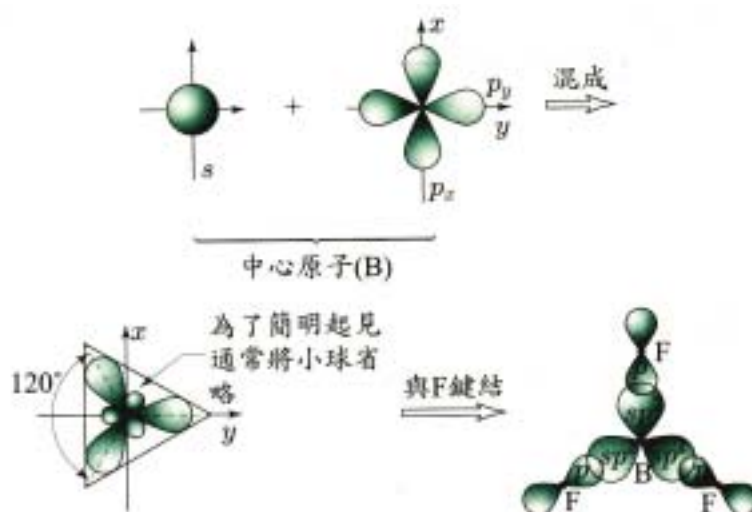
- (1) 當一中心原子使用兩種或兩種以上不同能量的軌域參與鍵結時，其原價殼層軌域應先混合再重分配成等能量的軌域(軌域數不變)，形成混成軌域，然後再與欲鍵結原子軌域進行重疊而鍵結。
- (2) 混成軌域可以正確地解釋分子的形狀、鍵長、鍵角、鍵能等實驗結果。

(3) 實例：

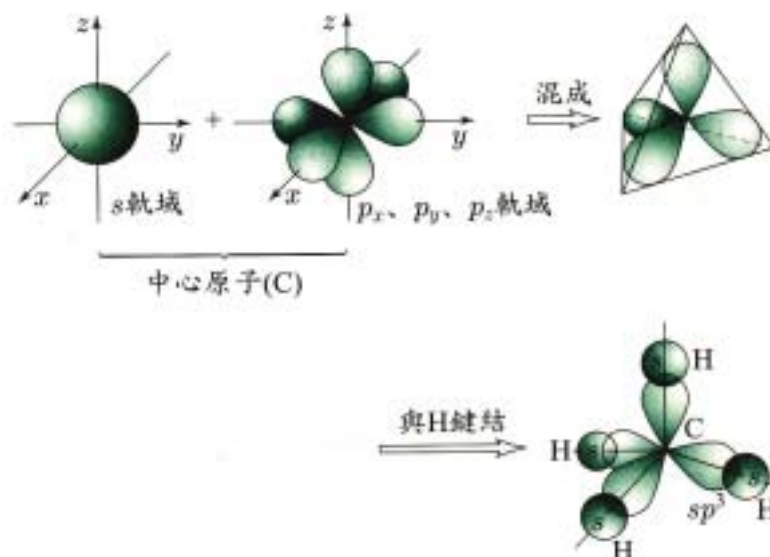
(a) 氯化鈹(BeCl_2)分子中，鈹原子($1s^2 2s^2$)的 1 個 $2s$ 軌域和 1 個 $2p$ 軌域混成而得到 2 個 sp 軌域，其夾角為 180° ，形成了線形的結構。






(b) 三氟化硼(BF_3)分子中，硼原子($1s^2 2s^2 2p^1$)的 1 個 $2s$ 軌域和 2 個 $2p$ 軌域混成而得到 3 個 sp^2 軌域，其夾角為 120° ，形成了平面三角形的結構。



(c) 甲烷(CH_4)分子中，碳原子($1s^2 2s^2 2p^2$)的 1 個 $2s$ 軌域和 3 個 $2p$ 軌域混成而得到 4 個 sp^3 軌域，其夾角為 109.5° ，形成了正四面體的結構。



3. s 和 p 的混成軌域與形狀

組成軌域	1 個 s + 1 個 p 軌域	1 個 s + 2 個 p 軌域	1 個 s + 3 個 p 軌域
混成軌域	sp	sp^2	sp^3
鍵角	180°	120°	109.5°
混成軌域 形狀			
	直線形	平面三角形	正四面體
代表分子	$BeCl_2$ 、 BeH_2	BF_3 、 BCl_3	CH_4 、 CCl_4

4. 分子形狀的預測：中心原子周圍的電子數目決定分子的形狀。

規則如下

(1) 找出中心原子：通常化學式中電負度較小的元素是中心原子，其餘原子與

氫原子則為周圍原子，例如 CO_2 中，碳氧的結合關係是 $O-C-O$ ，而非

$O-O-C$; $HClO$ 結合順序為 $H-Cl-O$; SCN^- 結合順序為 $S-C-N$ 。

(2) 求中心原子價電子對的總數：觀察 CH_4 (如右圖)，在中心

原子碳的周圍，共有四個電子對，其中 4 個電子為碳原

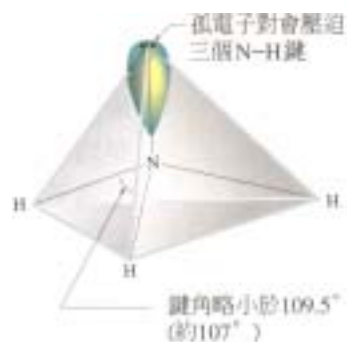
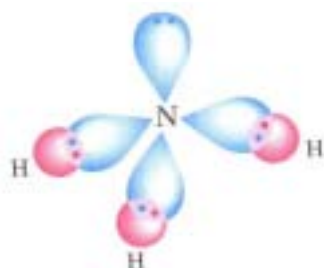


子本身所

有，另個 4

電子分別

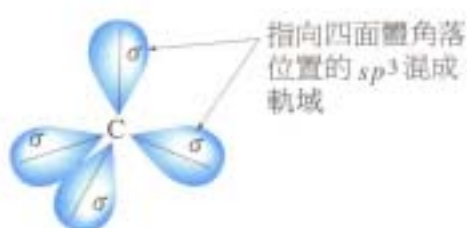
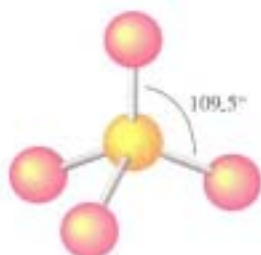
自 4 個氫原子提供的。



個
來

(3) 中心原子的電子對應彼此儘量遠離以降低排斥力，故中心原子若有兩個電子對，則形成直線形；若有 3 個電子對，則形成平面三角形；若有 4 個電子對，則形成正四面體。

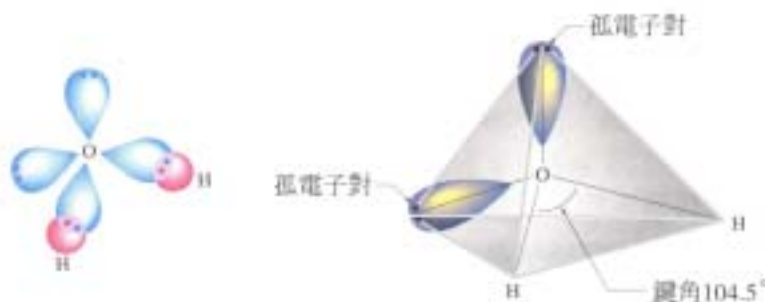
(4) 但如果有孤對電子(未鍵結電子對)存在時，分子的形狀會受到改變，例如 NH_3 ，其中心原子氮的周圍共有 4 個電子對，本應形成正四面體結構，但因其中有 1 個電子對為孤對電子，不能成形，故實際的形狀變為角錐體，如右圖。



(5) 孤對電子與鍵結電子對的斥力大小比較：

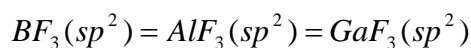
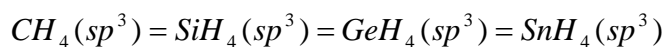
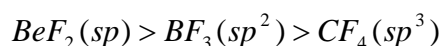
孤對電子-孤對電子 > 孤對電子-鍵結電子對 > 鍵結電子對-鍵結電子對，所以

鍵角大小 $CH_4 > NH_3 > H_2O$ 。



5. 鍵角的比較

(1) 鍵結軌域： $sp(180^\circ) > sp^2(120^\circ) > sp^3(109.5^\circ)$ ，例如：

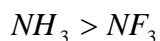
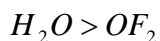
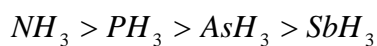


(2) 孤對電子較鍵結電子更佔空間，故孤對電子愈多，鍵角愈小。例如：

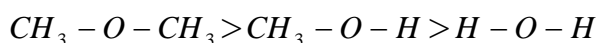
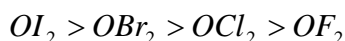


(3) 相同的鍵結軌域及孤對電子數，鍵結電子對愈靠近中心原子者，互斥力愈

大，鍵角愈大。例如：

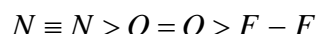


(4) 中心原子相同，周圍原子愈大，斥力愈大，鍵角愈大。例如：



6. 鍵能之比較

(1) 鍵級愈大，鍵能愈大，即參鍵>雙鍵>單鍵，例如：



(2) 鍵級相同，鍵長相近者，極性鍵通常較非極性鍵長，例如：



7. 鍵的極性：共價鍵依電子對的共用性形可分為

(1) 非極性共價鍵(*nonpolar covalent bond*)：鍵結電子對被兩個相同的原子核共用，電子雲密度分布均勻，例如 H_2 、 O_2 、 N_2 等分子。



(2) 極性共價鍵(*polar covalent bond*)：鍵結電子對被兩個電負度不同的原子核共用，電子雲分布傾向電負度大的原子，形成具正負兩極的共價鍵。異核分子多屬於此類，例如： HCl 、 CO 、 HF 等分子。

8. 電偶極(*electric dipole*)

(1) 異核分子中電負度較大的原子傾向於獲得一部分的電子，因此成為一種形式上的負電荷(以 δ^- 表示)；而電負度較小者則傾向於失去一部分的電子，因此成為一種形式上的正電荷(以 δ^+ 表示)。

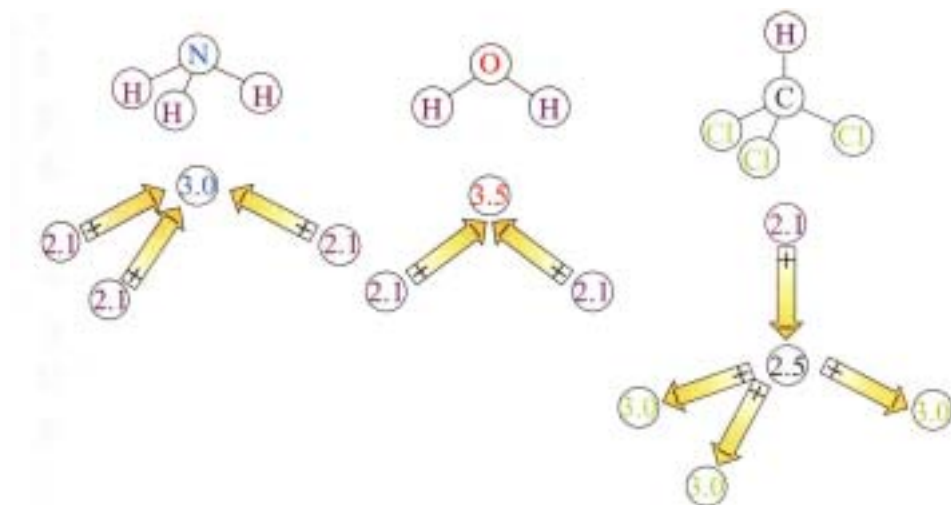
(2) 例如在 HCl 分子中， Cl 電負度大於 H ，部分的電子傾向從氫原子轉移到氯原子，而形成一種具有向量的電偶極。



(3) 共價鍵的極性：形成共價鍵的兩個原子之間電負度相差愈大，兩電荷間距離也愈大，電偶極愈大，共價鍵的極性也就愈大。

9. 分子的極性：由分子中各成分鍵極性的電偶極之向量和決定。

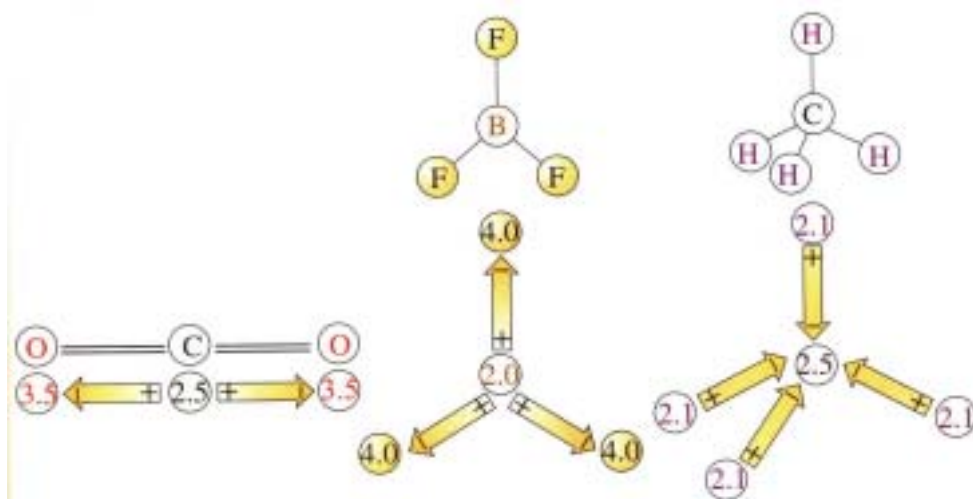
(1) 極性分子：分子中各共價鍵之電偶極向量總和不為零，則該分子為極性分子。例如： HCl 、 NH_3 、 H_2O 、 $CHCl_3$ 等多分子。



(2) 非極性分子：

(a) 分子中的各個共價鍵均為非極性共價鍵。例如 Cl_2 、 N_2 、 P_4 等分子。

(b) 分子中具有極性共價鍵，但因分子具有對稱的結構，使得各方向上的電偶極之極性完全抵消，向量和為零，例如 CO_2 、 BF_3 、 CH_4 等分子。



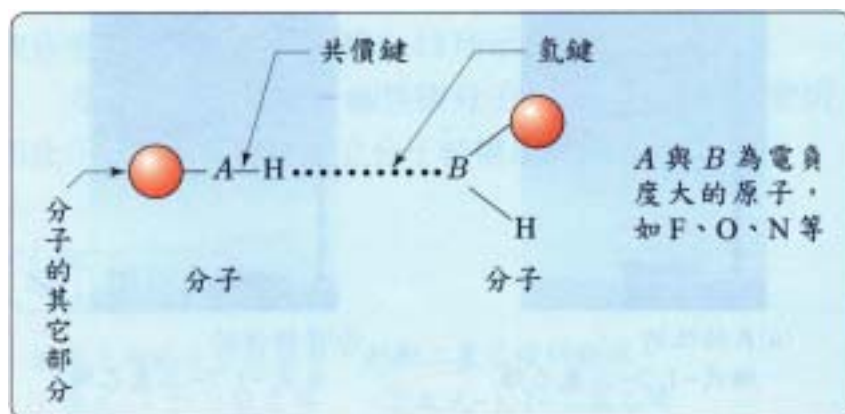
(3) 分子偶極矩大小的比較

- (a) 極性分子 > 非極性分子。例如： $\text{CHCl}_3 > \text{CCl}_4$ ； $\text{OF}_2 > \text{CO}_2$ ； $\text{NF}_3 > \text{SO}_3$
- (b) 結合原子間之電負相差愈小者，偶極矩愈小。例如： $\text{HF} > \text{HCl} > \text{HBr} > \text{HI}$
- (c) 分子鍵矩之夾角愈小者，分子偶極矩愈小。例如：鄰二氯苯 > 間二氯苯，因鄰二氯苯之兩個碳氯鍵夾角較大；順二氯乙烯 > 反二氯乙烯，因反二氯乙烯之向量和為 0。

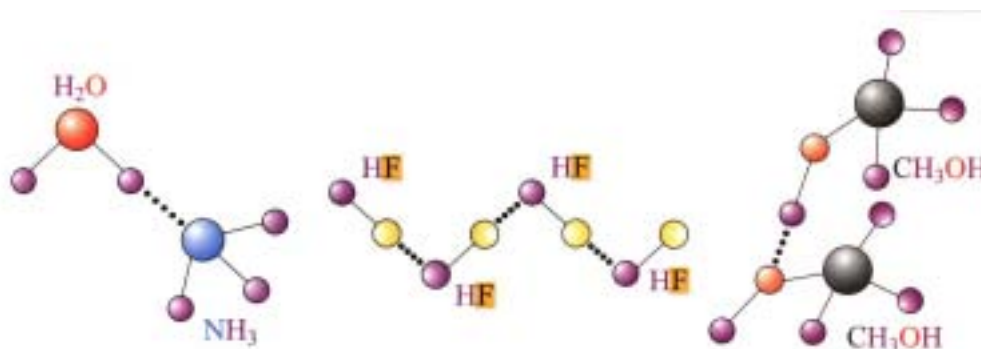
5-3 分子間的作用力

1. 氫鍵(hydrogen bonding)

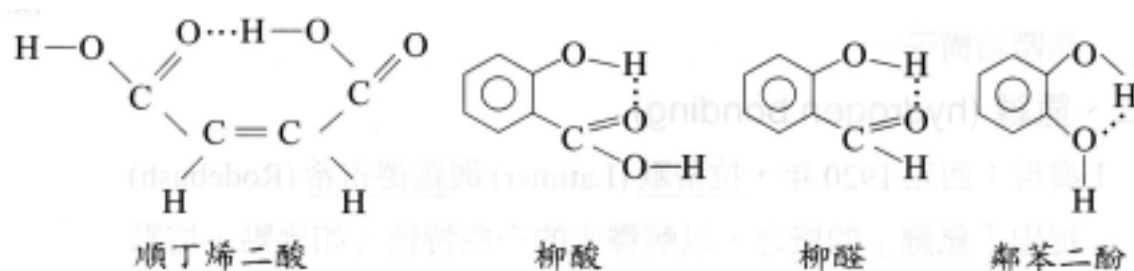
- (1) AD 1920，拉帝默(Latimer)與羅德布希(Rodebush)提出「氫鍵」的概念，解釋水的一些特性(如沸點、熔點等)。
- (2) 如圖，其中氫原子與 A 原子為共價鍵結，而 A 與 B 皆為電負度較大的原子(如 F、O 與 N)。氫鍵在 A-H-B 方向上，因此氫鍵具有方向性。



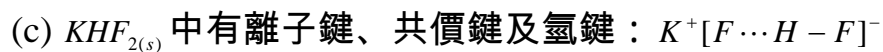
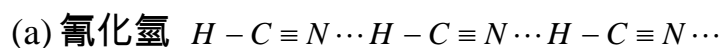
(3) 分子間氫鍵的例子：



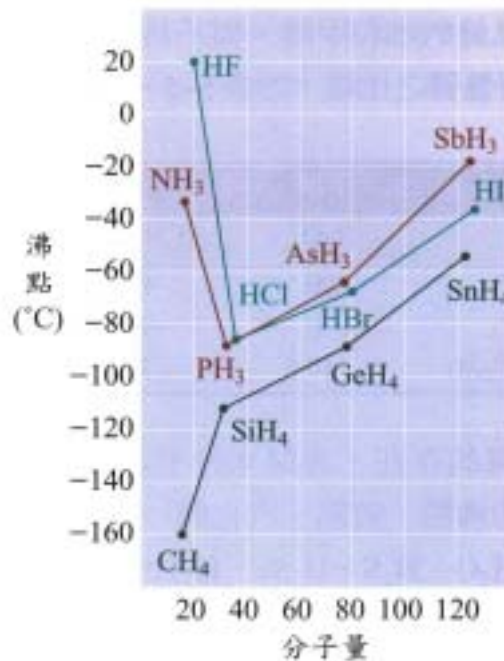
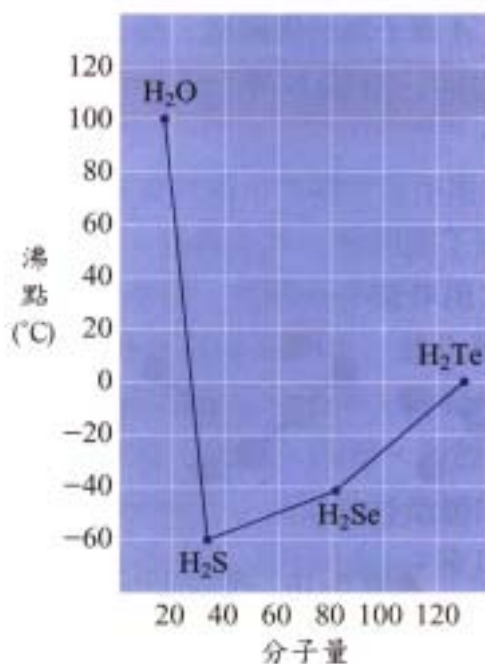
(4) 分子內氫鍵的例子：順丁烯二酸、柳酸、蛋白質、鄰苯二酚、鄰氟酚、鄰硝基酚。



(5) 特殊的氫鍵：例如：



2. 氫鍵對物質特性的影響



(1) 若分子間有氫鍵，則沸點及莫耳汽化熱較高。沸點大小比較：

(a) $HF > HI > HBr > HCl$

(b) $H_2O > H_2Te > H_2Se > H_2S$

(c) $NH_3 > PH_3$

(d) $H_2O > HF > NH_3 > CH_3$

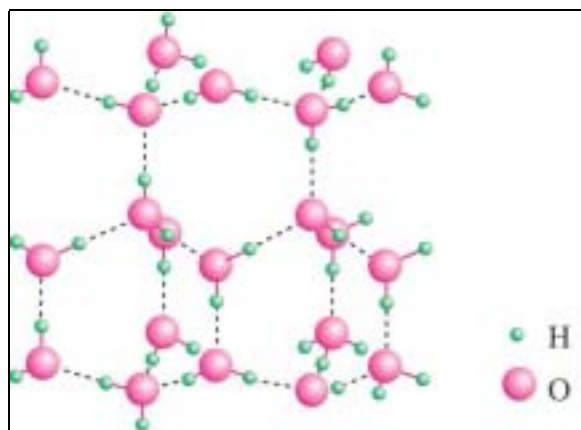
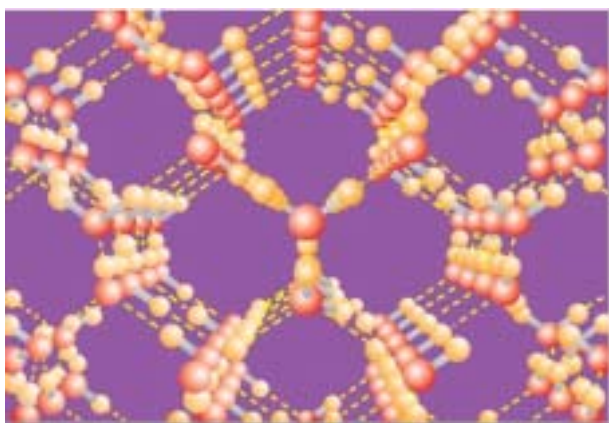
(2) 溶質與溶劑分子間有氫鍵，則溶解度較大。例如：甲醇、乙醇、丙醇、

乙二醇、甘油、甲酸、乙醛、丙酮可與水互溶。

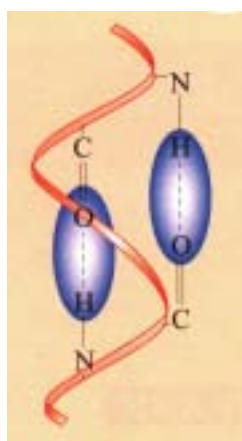
(3) 分子間之氫鍵愈多，則黏性愈大。例如：甘油(丙三醇)>乙二醇>乙醇。

(4) 氫鍵使水結冰後，相鄰的六個水分子架成一個類似蜂巢狀充滿空洞的結構，

使得體積變大，而密度變小。



(5) 蛋白質分子藉著氫鍵的作用，形成一單螺旋形的立體結構，再如遺傳分子 DNA(去氧核糖核酸, *deoxyribonucleic acid*) 也是藉著氫鍵的作用而形成雙螺旋的立體結構。而蛋白質一經加熱或加入酒精，氫鍵被打斷而破壞結構，因而發生凝固和膨脹現象。



▲ DNA 的結構——臺中科博館戶外展示的 DNA 模型

3. 凡得瓦力(*Van der Waals force*)

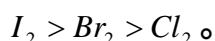
(1) 1873 荷蘭物理學家凡得瓦在研究氣體的壓力、體積、溫度等行為的實驗中，發現許多真實氣體並未完全符合理想氣體方程式，尤其在低溫、高壓時，此種偏差非常明顯。他認為這是因為氣體分子間存在著互相的吸引力，同時，分子本身佔有一定體積的緣故，而此種分子間的引力通稱為凡得瓦力。

(2) 凡得瓦力可分為：

- (a) 偶極-偶極力：存在於極性分子間。例如： $CHCl_3$ 、 HCl 、 SO_2
- (b) 偶極-誘導偶極力：存在於極性分子與非極性分子間。例如：氯仿 $CHCl_3$ 與苯 C_6H_6 分子之間。
- (c) 分散力：誘導偶極與誘導偶極間的引力，不論極性或非極性分子，任何分子間皆有分散力。

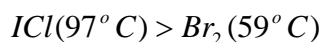
(3) 決定分散力的大小

- (a) 分子愈大，分子量愈大，其所含的電子數愈多，愈容易感應鄰近分子，使電荷分布不均，所造成的分散力也愈大，沸點就愈高，例如：



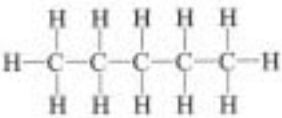
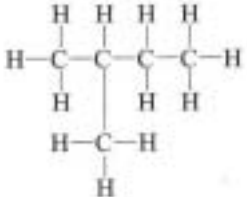
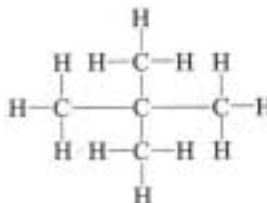
- (b) 若分子量相近時，極性物質因多了偶極-偶極力，沸點高於非極性物質。

例如： $CO(-192^\circ C) > N(-196^\circ C)$ ； $PH_3(-88^\circ C) > SiH_4(-112^\circ C)$ ；

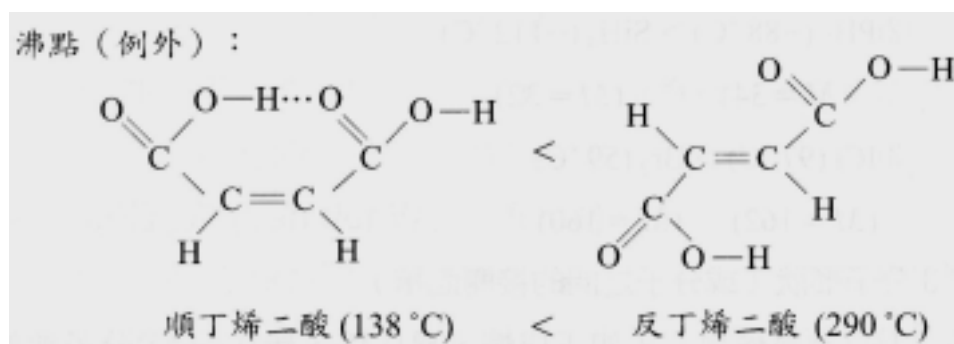
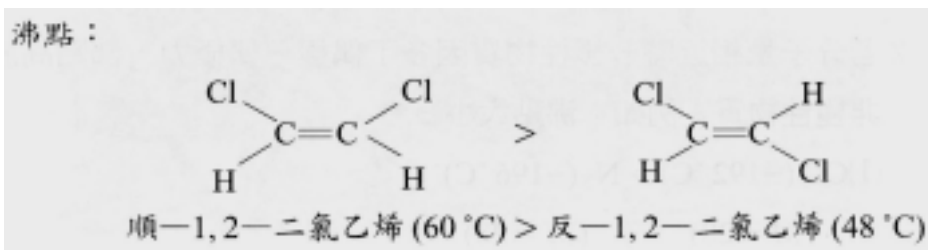


- (c) 分子形狀(或分子之間的接觸面積)

- (i) 同分異構物：(如正戊烷、異戊烷、新戊烷)分子愈伸長，接觸面積愈大，沸點愈高。但分子愈對稱，愈易堆積緊密，熔點愈高。

戊烷三種異構物的相關物理性質與沸點			
物質	正戊烷	異戊烷	新戊烷
分子式	C_5H_{12}	C_5H_{12}	C_5H_{12}
分子量	72	72	72
分子極性	非極性	弱極性	非極性
分子結構			
汽化熱 (kJ/mol)	25.8	24.7	22.8
沸點 (°C)	36	28	9.5

- (ii) 順反異構物：烯類若有順反異構物，通常順式分子具有偶極矩，分子極性較高，因此沸點較高。而反式分子結構較對稱，堆積較緊密，因此熔點較高。



(4) 分子間作用力的比較

作用力	強度(能量)	存在於
-----	--------	-----

氫鍵	$10\sim 40\text{kJ/mol}$	具有 O-H、N-H、F-H 鍵結的分子之間
偶極-偶極力	$5\sim 25\text{kJ/mol}$	極性分子之間
偶極-誘導偶極力	$2\sim 10\text{kJ/mol}$	極性分子與非極性分子之間
分散力	$0.05\sim 40\text{kJ/mol}$	所有分子之間

課後練習：

5-1 元素的特性

一. 單一選擇題

1、() 某原子的游離能如下所示：

產生的離子	游離能(kJ/mol)
$A \rightarrow A^+$	1030
$A^+ \rightarrow A^{2+}$	2251
$A^{2+} \rightarrow A^{3+}$	3361
$A^{3+} \rightarrow A^{4+}$	4564
$A^{4+} \rightarrow A^{5+}$	26806
$A^{5+} \rightarrow A^{6+}$	31570
$A^{6+} \rightarrow A^{7+}$	35878
$A^{7+} \rightarrow A^{8+}$	38012

此原子是 (A)F (B)Si (C)N (D)C

2、() 預測下列元素之第一游離能，依照大小次序排列： ${}_6\text{C}$ 、 ${}_7\text{N}$ 、 ${}_8\text{O}$ 、 ${}_9\text{F}$ (A)F > O > N > C (B)C > N > O > F (C)F > N > C > O (D)F > N > O > C

3、() 下列哪一原子有最大的第二游離能？(A) ${}_{16}\text{S}$ (B) ${}_{19}\text{K}$ (C) ${}_{20}\text{Ca}$ (D) ${}_{38}\text{Sr}$

4、() 下列哪一個離子形成時，需要吸收最大的能量？(A) K^+ (B) Ca^{3+} (C) Al^{3+} (D) F^- (E) O^{2-}

5、() 下列哪一項因素不會影響原子的游離能大小？(A)原子量 (B)原子電荷數 (C)原子大小 (D)電子移除時的主要能階

6、() NH_3 、 HNO_3 與 NO_2 中氮的氧化數依序分別是 (A)-3，-5，+4 (B)+3，

+5, +4 (C) -3, +5, -4 (D) -3, +5, +4

- 7、() 游離能低的金屬元素和電負度大的元素相結合時, 通常化學鍵的種類為 (A) 離子鍵 (B) 共價鍵 (C) 金屬鍵 (D) 氫鍵
- 8、() 下列何者是依數值的增加而排列? (A) 第一游離能: O, F, Ne (B) 半徑: H^- , H, H^+ (C) 電負度: Cl, Br, I (D) 沸點: I_2 , Br_2 , Cl_2
- 9、() 銦(Sr)是原子序 38, 位於週期表第 2 族的元素, 下列關於銦的敘述何者有誤? (A) 其第一游離能比鈣(Ca)小 (B) 其最外層能階有二個電子 (C) 其原子半徑小於鎂(Mg) (D) 其氯化物的化學式為 SrCl_2
- 10、() 已知氫原子的游離能為 A 焦耳/個, 則氫原子光譜中電子由 $n = 2$ 回到 $n = 1$, 所放出的光波, 每光子的能量為若干焦耳 / 個 (A) $A/2$ (B) $A/4$ (C) $3A/4$ (D) $4A/3$

二. 多重選擇題

- 11、() 下列何種原子的電子親和力(仟焦 / 莫耳)為負值(即原子獲得一個電子時, 可放出能量)? (A) H (B) He (C) Be (D) C (E) N
- 12、() 下列有關元素週期性質, 何者正確? (A) 鹼土元素的第二游離能, 遠大於鹼族元素的第二游離能 (B) 鹵素元素具有最大之電子親和力, 即捕獲一個電子放出的能量最大 (C) 元素中, 第一游離能最大者為氫 (D) 過渡元素都是金屬, 典型元素都是非金屬 (E) 電負度最大之元素為氟
- 13、() 下列有關原子的敘述, 何者正確? (A) 碳原子在基態時的電子組態, 有四個未配對電子 (B) 鉀原子的第一游離能比鈣原子的第一游離能低 (C) 硫的原子半徑比鋁的原子半徑小 (D) 氯原子的電負度比氟原子的電負度大 (E) 錳原子的 d 軌域中有五個電子

三. 計算題

- 14、鈉金屬之汽化熱為 107 仟焦 / 莫耳, 第一游離能為 490 仟焦 / 莫耳。氣態氯原子之生成熱為 121 仟焦 / 莫耳, 電子親和力為 -350 仟焦 / 莫耳, 而氯化鈉之晶體格子能為 -860 仟焦 / 莫耳。試問氯化鈉晶體之莫耳生成熱為若干?

四. 題組題

◎下表是原子序號連續的四個元素的游離能(MJ)：

元素	游離能				
	第一	第二	第三	第四	第五
甲	1.17	2.11	3.51	4.57	5.77
乙	1.36	2.38	3.58	5.07	6.25
丙	0.41	2.64	3.89	5.08	6.86
丁	0.56	1.07	4.21	5.50	6.92

試根據上表，回答下列問題：

- 15() 哪一個元素最像鈍氣？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁
- 16() 哪一個元素最像鹼金屬？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁
- 17() 丁元素有幾個價電子？ (A)1 (B)2 (C)7 (D)8
- 18() 設乙、丙符號分別為 A、B，則由乙和丙所形成的化合物，其化學式可寫成 (A)AB (B)AB₂ (C)AB₃ (D)A₂B₃

5-2 分子結構

一. 單一選擇題

- 1、() 烯類分子雙鍵中的碳原子是以何種軌域與另一個碳原子及兩個氫原子相結合？ (A)s 軌域 (B)p 軌域 (C)sp 混成軌域 (D)sp² 混成軌域 (E)sp³ 混成軌域
- 2、() 下列分子結構中，各原子最外電子層不能都滿足 8 電子結構的是 (A)BrCl (B)PCl₃ (C)CCl₄ (D)NO₂
- 3、() 某共價化合物中含 C、H、N 三種元素，分子內有四個 N 原子，且四個 N 原子排列成內空的四面體，每兩個 N 原子間都有一個 C 原子，又知分子內無 C - C 和 C = C 鍵，則該化合物的分子式為 (A)C₄H₈N₄ (B)C₆H₁₂N₄ (C)C₆H₁₀N₄ (D)C₄H₁₂N₄
- 4、() 下列物質中，分子結構呈直線形的是 (A)C₂H₆ (B)C₂H₂ (C)C₂H₄

(D) CCl_4

5、() d^2sp^3 之混成其幾何形狀為 (A)正四面體 (B)平面四方形 (C)正八面體 (D)平面三角形

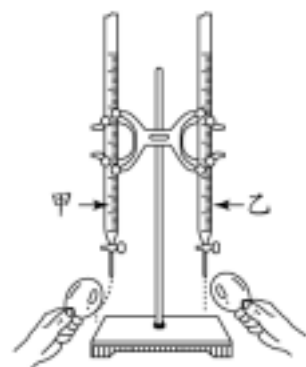
6、() NH_3 分子的形狀是 (A)平面三角形 (B)三角錐 (C)T 字形 (D)平行四邊形 (E)L 形

二. 題組題

◎、試以(A)~(H)的選項，回答下列各題：

(A) CaCl_2 (B) NaOH (C) CH_4 (D) H_2
(E) H_2O (F) H_2O_2 (G) Na_2O_2 (H) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

1. 只含有離子鍵的是_____。
2. 只含有極性鍵的是_____。
3. 只含有非極性鍵的是_____。
4. 既含離子鍵又含有非極性鍵的是_____。
5. 同時含有離子鍵，共價鍵和配位鍵的是_____。
6. 只以極性鍵結合的極性分子是_____。
7. 既含極性鍵又含非極性鍵的極性分子是_____。
8. 屬於離子晶體的是_____。



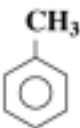
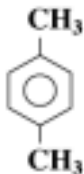
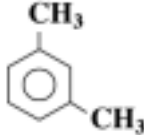
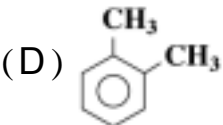
◎、如圖所示，鐵架上的二滴定管中分別盛入四氯化碳與蒸餾水，然後取二只帶電的塑料汽球靠近液流。試回答下列題目：

9. () 本實驗可用以區別下列何者？ (A)極性分子與非極性分子 (B)離子化合物與分子化合物 (C)電解質溶液與非電解質溶液 (D)同分異構物與同位素
10. 如圖，甲滴定管中的溶液為 (A)蒸餾水 (B)四氯化碳
11. () 下列有關本實驗的敘述何者有誤？ (A)液流要細而連續 (B)氣候潮濕時作實驗效果較好 (C)實驗時靜電場不宜太強 (D)將充空氣的塑料汽球在頭髮上摩擦，可使其帶電

5-3 分子間的作用力

一. 單一選擇題

- 1、() 下列哪一個分子可以形成氫鍵？(A)CH₄ (B)H₂S (C)H₂O (D)H₂
(E)NaH
- 2、() 下列分子間作用力，對分子沸點的影響力何者最大？(A)氫鍵 (B)
分散力 (C)偶極-偶極力 (D)偶極-誘導偶極力
- 3、() 造成鹵化氫中 HF 之沸點高於 HCl, HBr 及 HI 的原因是因為 (A)分子
量低 (B)共價鍵 (C)氫鍵效應 (D)凡得瓦力 (E)靜電力
- 4、() 氫分子是由氫原子以何種鍵鍵結而成？(A)共價鍵 (B)金屬鍵 (C)
離子鍵 (D)氫鍵
- 5、() 下列固體中，只具有凡得瓦力的是 (A)水 (B)CO₂ (C)KCl (D)鈉
(E)金
- 6、() 存在於 H₂O 液體分子間的作用力有哪些？(A)氫鍵 (B)偶極-偶極
力 (C)凡得瓦力 (D)以上皆是
- 7、() 有關鹵化氫的下列敘述何者正確？(A)分子極性隨鹵素原子量的增
加而變大 (B)鍵能隨鹵素原子量之增加而變小 (C)沸點隨鹵素原子量
之增加而變大 (D)水溶液的酸性隨鹵素原子量增加而減弱
- 8、() 下列各項性質遞變規律錯誤的是 (A)沸點：HF < HCl < HBr < HI (B)
酸性：HI > HCl > HBr > HF (C)穩定性：HF > HCl > HBr > HI (D)還原
性：HI > HBr > HCl > HF
- 9、() 下列何種化學鍵的鍵能最強？(A)離子鍵 (B)金屬鍵 (C)氫鍵 (D)
偶極力 (E)凡得瓦力
- 10、() 將蛋白質置於酒精中，則蛋白原來透明膠狀的性質消失，這是因為蛋
白分子內何種鍵結被破壞？(A)共價鍵 (B)離子鍵 (C)氫鍵 (D)雙
硫鍵

- 11、() 下列脂芳烴何者之熔點最高？(A)  (B)  (C) 
(D) 

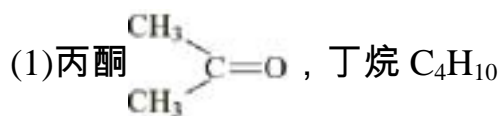
- 12、() 下列有關酚、苯及甲苯沸點高低的排序何者正確？(A) 酚 > 苯 > 甲
苯 (B) 甲苯 > 苯 > 酚 (C) 苯 > 酚 > 甲苯 (D) 酚 > 甲苯 > 苯

二. 問答題

13、寫出下列各組化合物由高至低的沸點：

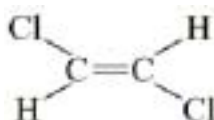
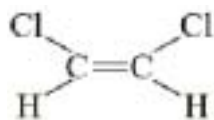
- ① C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10}
- ② H_2O 、 H_2S 、 H_2Se 、 H_2Te
- ③ HF 、 HCl 、 HBr 、 HI
- ④ NH_3 、 PH_3 、 AsH_3 、 SbH_3

14、試比較下列物質的沸點高低，並解釋原因。

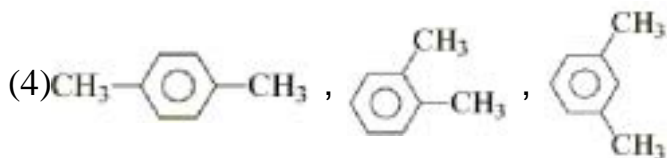


(2)

順式 - 1, 2 - 二氯乙烯， 反式 - 1, 2 - 二氯乙烯



(3) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$ ， $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ ， $(\text{CH}_3)_3\text{CH}$



(5) CH_4 ， SiH_4 ， GeH_4 ， SnH_4

答案

5-1 元素的特性

一. 單一選擇題

1、(B) 2、(D) 3、(B) 4、(B) 5、(A) 6、(D) 7、(A) 8、(A) 9、(C) 10、(C)

二. 多重選擇題

11、(AD) 12、(BCE) 13、(BCE)

三. 計算題

14、 $H = -492$ 千焦 / 莫耳

四. 題組題

(15)A (16)C (17)B (18)A

5-2 分子結構

一. 單一選擇題

1、(D) 2、(D) 3、(B) 4、(B) 5、(C) 6、(B)

二. 題組題

(1)A (2)C、E (3)D (4)G (5)H (6)E (7)F (8)A、B、G、H
(9)A (10)A (11)B

5-3 分子間的作用力

一. 單一選擇題

1、(C) 2、(A) 3、(C) 4、(A) 5、(B) 6、(D) 7、(B) 8、(A) 9、
(A) 10、(C) 11、(B) 12、(D)

二. 問答題

13、 ① $\text{C}_2\text{H}_6 < \text{C}_3\text{H}_8 < \text{C}_4\text{H}_{10}$ ② $\text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{Se} < \text{H}_2\text{Te} < \text{H}_2\text{O}$ ③ $\text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI} < \text{HF}$

④ $\text{PH}_3 < \text{AsH}_3 < \text{NH}_3 < \text{SbH}_3$

14、(1)丙酮 > 丁烷 兩者分子量相近 (皆為 58)，但丙酮分子極性較大，故沸點較高。

(2)順式 > 反式 兩者分子量皆同，但順式分子極性較大，故沸點較高。

(3) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3 > \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ (正丁烷) > $(\text{CH}_3)_3\text{CH}$ (異丁烷)

因為 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$ 的分子量最大，故沸點最高。

正丁烷與異丁烷的分子量相同，但正丁烷為線性結構、異丁烷為支鏈結構，前者比後者具有較大的接觸面積，故沸點以正丁烷較高。

(4)鄰二甲苯 > 間二甲苯 > 對二甲苯

三者的分子量皆同，但極性的大小是：鄰位 > 間位 > 對位，所以其沸點以鄰位較高，對位較低。

(5) $\text{SnH}_4 > \text{GeH}_4 > \text{SiH}_4 > \text{CH}_4$

分子量較大者，凡得瓦力較強，故沸點較高。