

選修化學(下)

第六章 晶體

6-1 晶體的結構

1. 分子晶體的結構

(1) 定義：分子與分子之間以氫鍵或凡得瓦力結合形成的晶體。

(2) 特性：

(a) 分子間作用力小、沸點低、熔解熱、汽化熱均小。

(b) 硬度小、不具延展性、易碎。

(c) 不易導電與導熱。

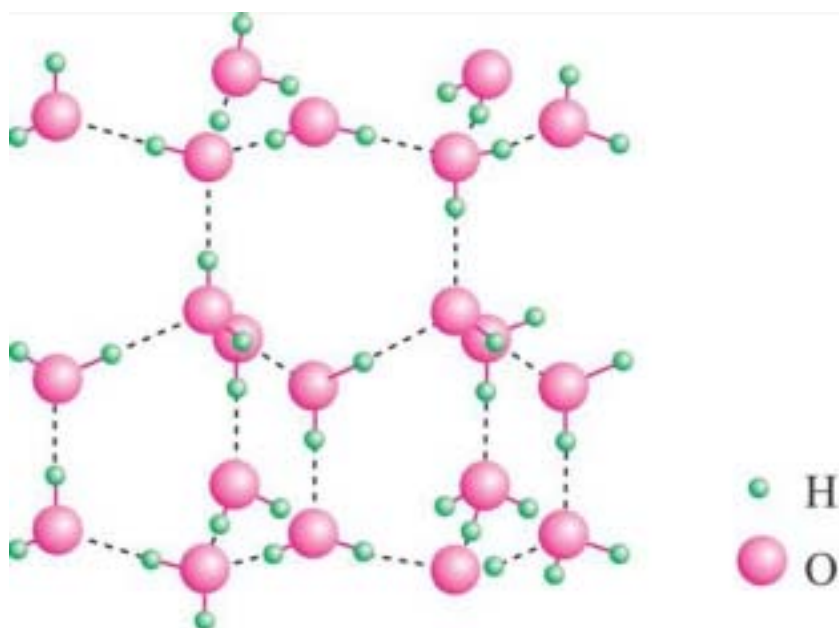
(d) 容易汽化。

2. 分子晶體的沸點與熔點

性質	效應	實例
沸點	分子間引力愈大，沸點愈高。 分子間引力大小：氫鍵>較大分子>極性分子>非極性分子	$H_2O > Cl_2 > HCl > Ar$ 鄰二甲苯>間二甲苯>對二甲苯
	分子的接觸面積愈大，分散力愈大，沸點愈高。	正戊烷>異戊烷>新戊烷
熔點	分子形狀較對稱者，堆積愈緊密，熔點愈高	新戊烷>正戊烷>異戊烷 對二甲苯>鄰二甲苯>間二甲苯
	分子間引力愈大者，熔點愈高。	$H_2O > H_2Te > H_2Se > H_2S$

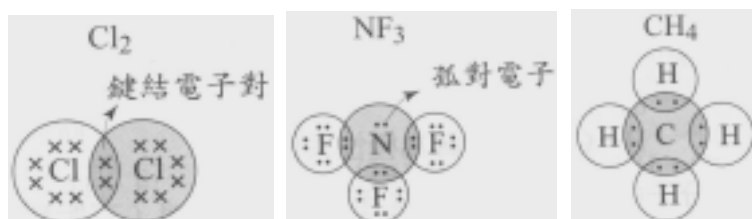
3. 分子晶體的結構(以冰為例)

- (1) 當溫度下降至零度以下時，水分子因分子間的引力，會固定於特定位置而無法自由移動，液態的水凝固為固態的冰。
- (2) 水分子中的氧除了與兩個氫原子間以共價鍵結合外，並與其他兩個 H_2O 分子的氫以氫鍵互相吸引，形成類似金剛石的結構。
- (3) 水分子中兩個氫亦藉氫鍵與其他水分子的氧結合。
- (4) 冰的結構因氫鍵作用，使水分子具四面體結構，使得晶體中具較大的空洞，當冰熔化時，晶體結構破壞，氫鍵重組，水分子較能緊密結合在一起，因而水的密度大於冰。



4. 共價鍵網狀晶體結構

- (1) 共價鍵：兩原子之間以共用電子對的方式所形成的化學鍵。如



(2) 非金屬元素不易失去電子，因此非金屬之間通常以共價鍵結合成共價分子。

(3) 非金屬元素之間的共價鍵結若為連續性，則稱為共價網狀固體，如石英(SiO_2)、金剛石(C)、碳化矽(SiC)、氮化硼(BN)、矽(Si)等不以單獨分子存在(以簡式表示分子式)，因結構為連續延伸的網狀，熔化時須使共價鍵斷裂，故具有極高的熔點及沸點。

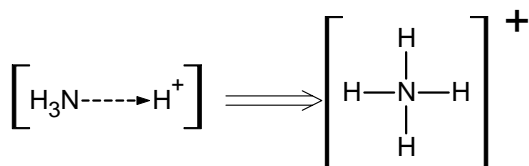
5. 共價鍵的鍵型：依共用電子對提供的方式可分為一般共價鍵、配位共價鍵。

(1) 一般共價鍵：結合的兩原子各提供一個電子而形成共用電子對的化學鍵，



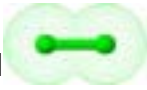

例如： Cl_2 分子。

(2) 結合的兩原子之間的共用電子對完全由單一方的原子所提供，而另一方原子則必須提供一空軌域，此方式所形的共價鍵稱為配位共價鍵，例如：

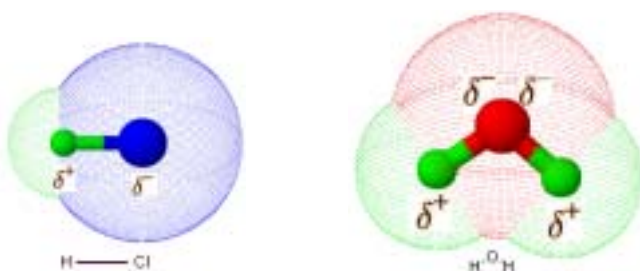


6. 共價鍵的鍵型：以鍵的極性分為非極性共價鍵及極性共價鍵。

(1) 非極性共價鍵：兩個相同原子結合時共用電子對被相同的原子核均等地共

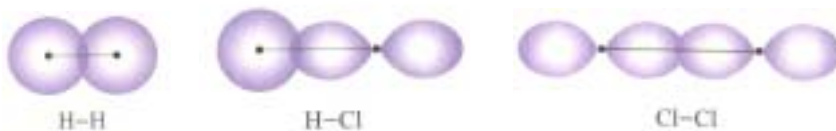
用，稱為非極性共價鍵，例如 $\text{H}-\text{H}$  , $\text{Cl}-\text{Cl}$  等。

- (2) 兩種不同原子結合時，由於吸引共用電子對之相對能力不同(電負度)，造成共價鍵的電子雲分布不均，使原子分別帶有 δ^+ 及 δ^- ，這種帶有 δ^+ 及 δ^- 的共價鍵稱為極性共價鍵。例如



7. 共價鍵的鍵型：以軌域重疊情況分為 σ 鍵及 π 鍵。

- (1) 兩個結合原子的軌域沿著同一軸以頭碰頭的方式重疊所形成的鍵結，軸周圍的電子雲密度呈圓筒形對稱分布，稱為 σ 鍵。 σ 鍵繞軸旋轉時不影響軌域重疊程度，故 σ 鍵可旋轉。例如

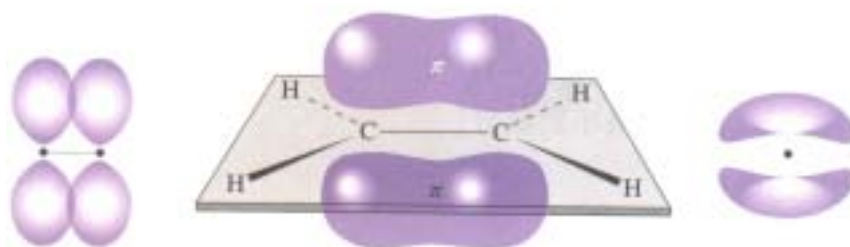


(2) π 鍵

- (a) 兩個結合原子的 p 軌域互相平行，以側邊對側邊的方式重疊形成的鍵結，電子雲分布在兩原子核間軸的上方及下方，所以在核間軸上且垂直 π 軌域面上的電子密度為零。
- (b) π 鍵的軌域重疊程度較 σ 鍵小，因此鍵結程度小於 σ 鍵。
- (c) π 鍵無法繞軸旋轉，一旋轉則原來平行的兩個軌域就不再平行，原來重

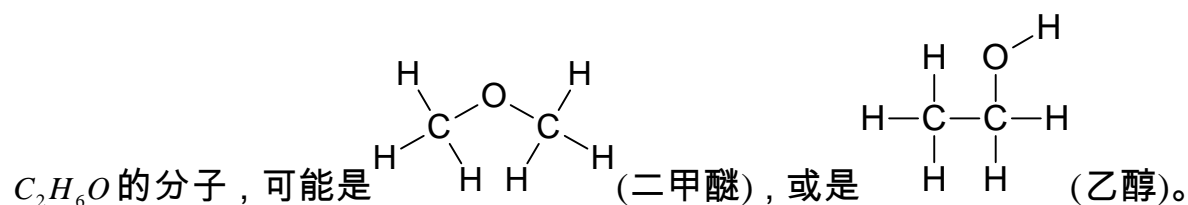
疊的部分就被改變， π 鍵就被破壞。

- (d) π 鍵必伴隨有 σ 鍵出現在多重鍵中，如雙鍵中含有 $1\sigma+1\pi$ ，叁鍵含有 $1\sigma+2\pi$ 。

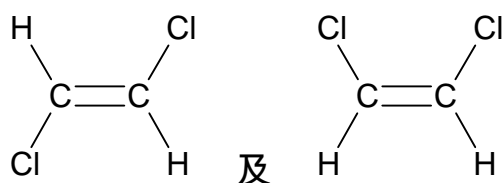


8. 同分異構物的分類

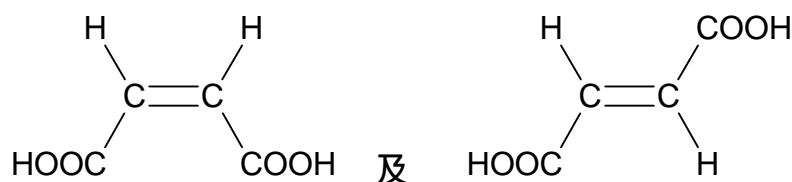
- (1) 結構異構物：分子式相同，但原子之間連接方式不同的異構物，例如同為



- (2) 幾何異構物：分子式相同，但原子與原子在空間的排列方式不同的異構物。例如：二氯乙烯 $C_2H_2Cl_2$ 的幾何異構物有



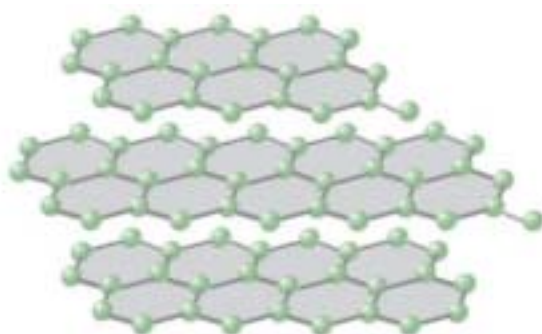
丁烯二酸 $C_4H_4O_4$ 的幾何異構物有



9. 碳的同分異形體

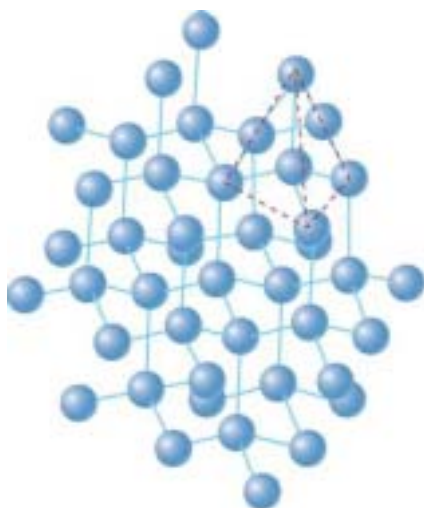
- (1) 石墨

- (a) 碳原子以 sp^2 混成與鄰近三個碳原子之間形成共價鍵。
- (b) 每個碳原子之間利用未混成的 p 軌域形成 π 鍵。利用 π 電子的移動，具導電性。
- (c) 具共振現象。
- (d) 平面層狀結構，平均碳-碳鍵級為 $\frac{4}{3}$ 鍵。



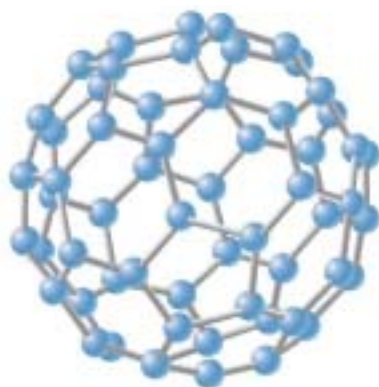
(2) 金剛石

- (a) 碳原子以 sp^3 混成與鄰近四個碳原子形成共價鍵。
- (b) 為無限延伸的四面體，三度空間的網狀立體結構。
- (c) 具高硬度、高熔點(3700°C)。
- (d) 不導電、難導熱。



(3) 碳 60(富勒烯 fullerene ; Bucky-ball)

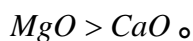
- (a) AD 1985 Smalley 首度以鐳射激發石墨產生。
- (b) 形狀似足球，共 20 個六角形，12 個五角形。
- (c) 鍵結與石墨相同，為 sp^2 混成。
- (d) 每二個碳原子之間具一個 π 鍵，60 個碳共 30 個 π 鍵，90 個 σ 鍵。



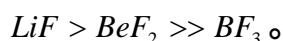
10. 離子晶體的結構

- (1) 原子發生電子轉移，形成陰離子和陽離子，彼此以庫侖靜電力互相吸引產生化學鍵結。稱為離子鍵。
- (2) 兩元素之電負度差相差愈大者，結合的化學鍵愈接近離子鍵，一般而言，電負度差 1.8 以上時，則有 50% 以上的離子鍵特性。
- (3) 離子鍵的強弱(補充教材)
 - (a) 離子鍵的強度與陰陽離子電荷乘積成正比，與陰陽離子的距離(半徑和)成反比，即鍵能 $\propto \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r}$ 。
 - (b) 電荷因素：當陰陽離子的半徑和相近時，離子所帶電荷愈大時，離子鍵愈強，熔點愈高，例如： $Mg^{(2+)}O^{(2-)} > Na^{(+)}Cl^{(-)}$ ； $Ca^{(2+)}CO_3^{(2-)} > K^{(+)}NO_3^{(-)}$ 。

(c) 離子半徑和因素：電荷數相等者，陰陽離子的半徑和愈小者，則離子鍵愈強，熔點愈高(適用於IA 鹵化物及IIA 氧化物)。例如： $LiF > NaCl$ ；



(d) 離子性因素：離子鍵中含有之離子性愈明顯，則離子鍵強度愈大，熔點愈高。例如： $BaCl_2 > SrCl_2 > CaCl_2 > MgCl_2 > BeCl_2$ ； $NaCl > MgCl_2 \gg Al_2Cl_6$ ；



(e) 極化因素(法楊原則)：

(i) 針對同種陰離子，高價陽離子吸引電子對，使鍵的共價性增大而離子性變小，熔點較低。例如： $SnCl_2 > SnCl_4$ ； $SbCl_3 > SbCl_5$ ； $FeCl_2 > FeCl_3$ 。

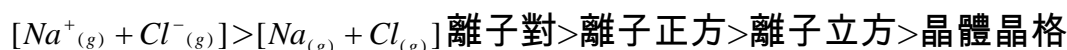
(ii) 針對同種陽離子，高價陰離子電子對易被吸引，使鍵的共價性增大而離子性變小，熔點較低。例如： $KCl > K_2S$ 。

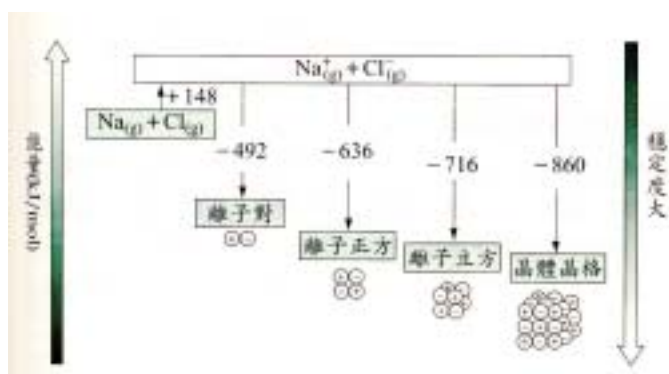
(iii) 過渡金屬比非過渡金屬離子有較強的極化能力，共價性增大，離子鍵較弱，熔點較低。例如： $MgCl_2 > CuCl_2$ 。

11. 形成離子晶格的能量變化：

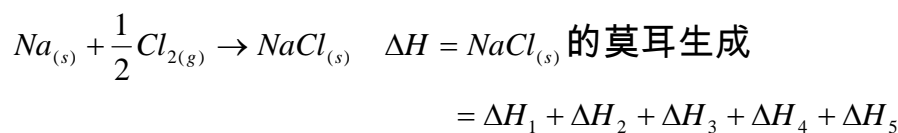
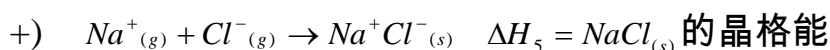
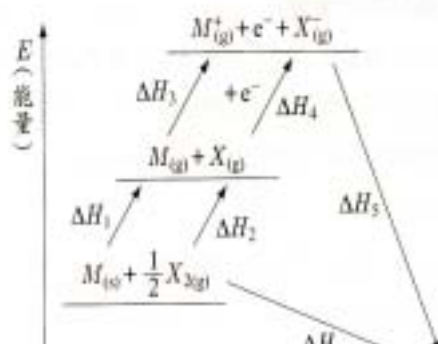
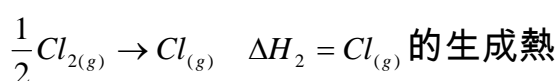
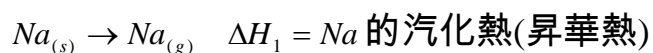
(1) 晶體格子能：當多個離子形成固體晶格時，能量降低，此降低的能量稱為離子晶體的格子能(晶格能)，例如： $Na^+_{(g)} + Cl^-_{(g)} \rightarrow NaCl_{(s)} \quad \Delta H = -860 kJ/mol$

(2) 離子存在的狀態的能量大小順序：





12. 波恩-哈柏循環：以 $\text{NaCl}_{(s)}$ 生成為例：

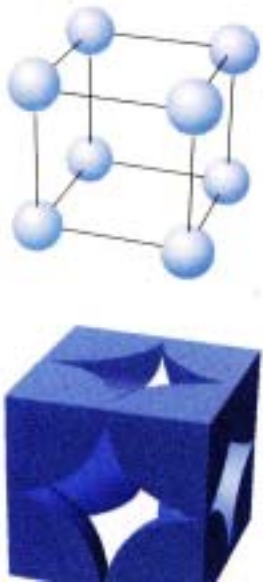
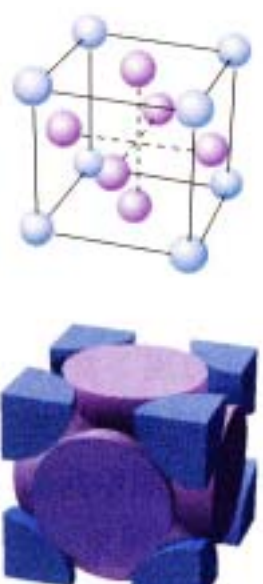



13. 離子晶體的堆積

(1) 配位數：晶體中離子被不同電荷之離子所緊鄰接觸，圍繞於陽離子的陰離子數目稱為陽離子的配位數，而圍繞陰離子的陽離子數目，則稱為陰離子的配位數。

(2) 配位數與幾何形狀：陽離子與陰離子半徑比($\frac{r_+}{r_-}$)值愈大，則配位數愈大。

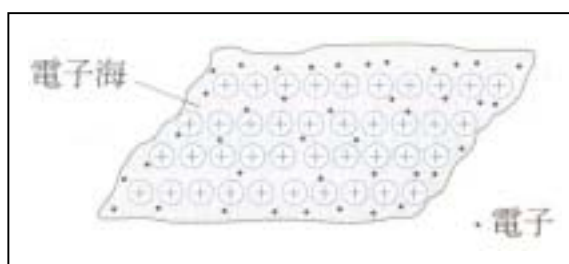
$\frac{r_+}{r_-}$	0.225~0.414	0.414~0.732	0.732~1.0
配位數	4	6	8
幾何形狀	四面體	八面體(面心)	立方體(體心立方)

陰陽離子排方式	每個 Zn^{2+} 被 4 個 S^{2-} 以四面體方式緊密包圍	每個 Na^+ 被 6 個 Cl^- 以八面體方式緊密包圍	每個 Cs^+ 被 8 個 Cl^- 以正立方體方式緊密包圍
單位晶體所含離子對數	4	4	1
單位晶格			
實例	ZnS 、 BeO	$NaCl$ 、 MgO 、 LiF	$CsCl$ 、 $CsBr$ 、 CsI
離子半徑(r_+ , r_-)與晶格邊長(l)及相同離子最近距離(a)的關係	$r_+ + r_- = \frac{\sqrt{3}}{4}l$	$r_+ + r_- = \frac{l}{2}$ $r_+ + r_- = \frac{a}{\sqrt{2}}$	$r_+ + r_- = \frac{\sqrt{3}}{2}l$

14. 金屬晶體的結構

(1) 金屬鍵：金屬陽離子淹沒於自由電子所形成的電子海內，金屬陽子與自由電子之間庫侖力，使金屬原子結合在一起的作用力。

(2) 形成條件：



- (a) 低游離能及低電負度的原子。
- (b) 具空價軌域的原子。
- (3) 強度：金屬陽離子的電荷密度愈大，則金屬鍵愈強。

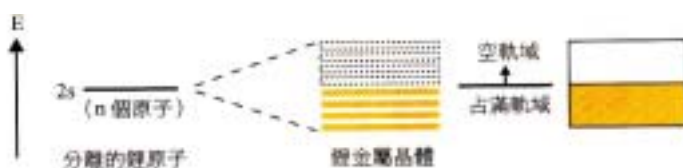
性質	同列元素	同族元素
離子半徑大小	$Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$	$Li^+ < Na^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+$
電荷密度大小	$Al^{3+} > Mg^{2+} > Na^+$	$Li^+ > Na^+ > K^+ > Rb^+ > Cs^+$
金屬鍵強弱	$Al > Mg > Na$	$Li > Na > K > Rb > Cs$
熔點	$Al > Mg > Na$	$Li > Na > K > Rb > Cs$

(4) 導電性

- (a) 溫度升高時，因自由電子運動速率加快，運動更為凌亂，且晶格中的陽離子振動大，形成更高的電阻，因而導電度下降。
- (b) 含雜質時，晶格規則性被破壞，電阻變大，導電度下降。

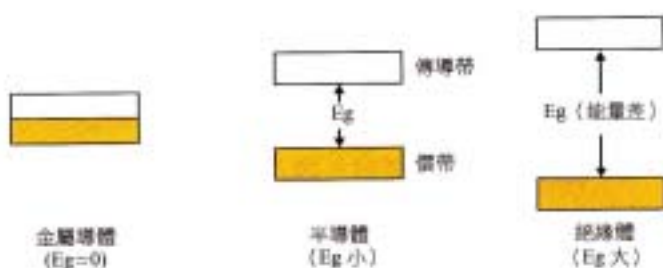
15. 能量帶理論

- (1) 價帶：價電子所佔有的軌域稱為價帶。
- (2) 傳導帶：未被價電子所佔滿的較高能量的軌域稱為傳導帶，傳導帶的電子才會受電場作用而移動導電。



- (3) 價帶與傳導帶的能量差愈小的物質，其導電度愈高。

(4) E_g (能量差)：金屬<類金屬(半導體)<絕緣體





(5) 導電度：金屬>類金屬(半導體)>絕緣體

(6) 半導體因溫度升高時，價電子得到能量躍遷至傳導帶，導電度上升。


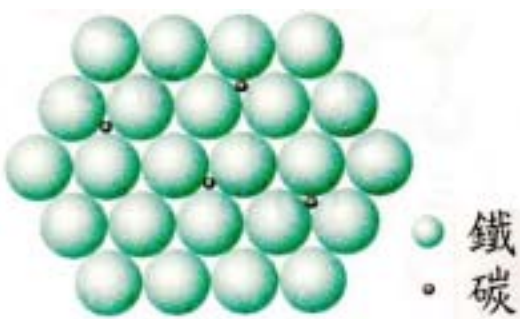
(7) 半導體加入雜質時，電子結構變得更不穩定，導電度上升。

16. 金屬晶體的堆積

(1) 金屬堆積形式

堆積形式	單位晶格	配位數、原子數、 l 與 r 的關係
體心立方堆積	 	<p>(a) 層狀排列：4,1,4,1,4,...</p> <p>(b) 配位數：8</p> <p>(c) 單位晶格含有原子數：$\frac{1}{8} \times 8 + 1 = 2$</p> <p>(d) 單位晶格邊長 l 與原子半徑 r 之關係：$r = \frac{\sqrt{3}}{4} l$</p> <p>(e) 原子量 $(M) = \frac{l^3 \times D}{2} \times N_0$</p>

17.合金：金屬的結構中，常因含有其他種元素而增強硬度，含有其他元素的金屬物質，稱為合金(alloy).

合金	取代型合金	間隙型合金
定義	某些金屬原子被其他大小相似的原子取代，例如黃銅即是有 $\frac{1}{3}$ 的銅原子被鋅原子取代。	金屬的最密堆積結構中，一些空隙被其他小原子所佔據，例如鋼鐵。
結構		

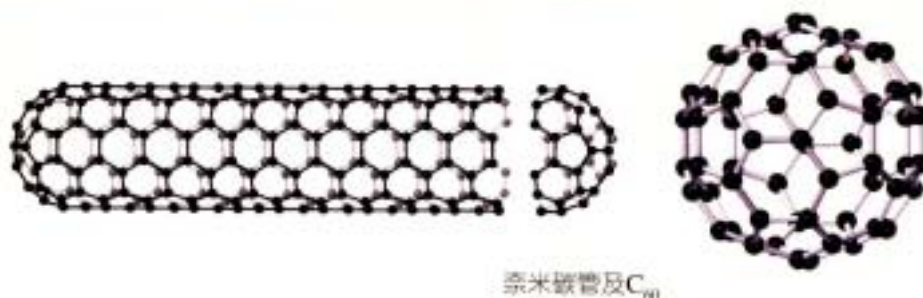
18.補充資料：

奈米碳管(carbon nanotubes)

C_{60} 和奈米碳管都是碳的同素異形體。1985年英國的科羅特(Sir H. W. Kroto)及美國的柯爾(R. F. Curl)和史摩力(R. E. Smalley)發現六十個碳原子組成的足球狀分子，取名碳六十，又名富勒烯(fullerene)。1996年合得諾貝爾化學獎。

1991年飯島澄男(Sumio Iijima)利用碳棒電弧放電法合成碳六十，而發現了碳原子構成的中空碳管，直徑約為數奈米至數十奈米，長度可達數微米，稱作奈米碳管。奈米碳管的每一個碳原子皆為 sp^2 混成鍵結，主要是由一層或多層的石墨層捲成，石墨層之構造與碳六十相似。

奈米碳管管徑約1~100 nm之間，只有髮絲的萬分之一粗細，長度從0.1到數百毫米不等，但其導電率可達銅的1萬倍，強度是鋼的100倍，重量只有鋼的1/6，具有很好的彈性。奈米碳管的性質因管徑不同，可改變導電性及機電性質。管內經過充填後，可製作奈米線或發光材料；管外添加金屬，具超導性，添加磁性材料，則為磁奈米管，應用潛力無窮，如光電、電子元件、生化醫學、能源材料或人造鑽石等，是先進科學研究及科技、工業與商業的新焦點。



6-2 晶體成長及其應用

1. 晶種：晶體在結晶過程中常必需依賴晶種(seed)形成晶核，以利晶體的生成，例如：

碘化銀(AgI)因與冰晶的結構非常類似，用於製造人造雨時作為晶種使用。

- (1) 地面造雨法：利用地面造雨器燃燒碘化銀溶液，使碘化銀煙粒隨熱氣飄升達高空以充當冰晶核。當碘化銀煙粒上達雲內過冷水滴層，可使過冷水滴凝固為冰晶，經由冰晶成長過程，終至掉落成雨。
- (2) 空中造雨法：利用飛機在雲中撒播碘化銀或乾冰雲種，由於撒播之雲種可精確被送達足夠低溫之雲中，故一般造雨效果比地面造雨法為佳。
- (3) 冷雲由冰晶組成及過冷水滴組成。促使冰晶成長降水的方法，常用是撒播

乾冰(dry ice , $CO_{2(s)}$) 和碘化銀(silver iodine , AgI)。

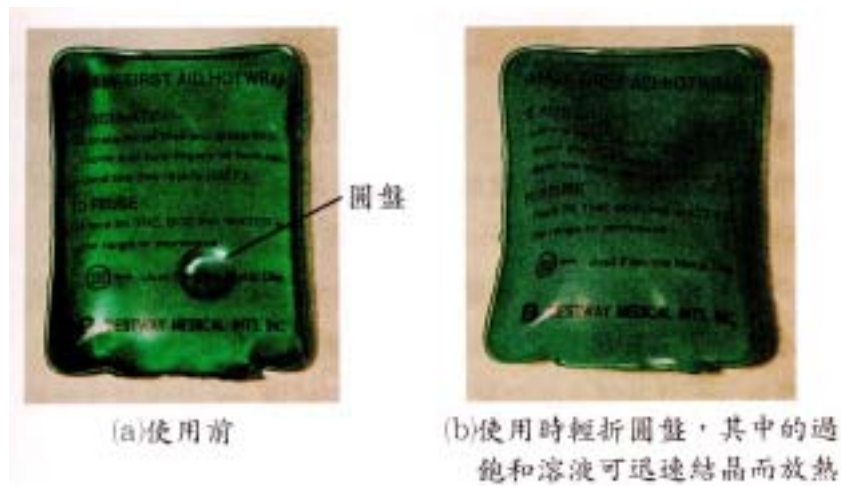
- (4) 暖雲是由大小不同的水滴組成的，環境溫度都在 $0^{\circ}C$ 以上。促使水滴加快合併長大，常用的方法是撒播鹽水。鹽是很好的凝結核，吸濕性很強，故能迅速變成大水滴；再經過碰撞過程，不斷吞併其他水滴，最後成為雨滴掉下地面為降雨。

2. 寶石顏色：

- (1) 晶體析出的形狀或顏色，主要與溫度、生成速率以及是否含有雜質有關。
- (2) 例如：氧化鋁(Al_2O_3)的純晶體為白色，但如果摻入微量的氧化鐵，則變成深紅色的紅寶石(ruby)；如果含有微量的氧化鈦(TiO_2)，則變成深藍色的藍寶石(sapphire)。

3. 熱包：過飽和溶液結晶的應用

- (1) 過飽和溶液在一個缺乏晶種的潔靜環境中，無法形成晶體，一旦出現晶種，它就會迅速結晶而釋出大量熱能。
- (2) 例如：市售的一種熱包，袋中充填過飽和的醋酸鈉(CH_3COONa)溶液。使用時須輕折袋內的圓盤，圓盤內有粗糙的凹痕，提供作為晶種的效果，因此溶液迅速結晶硬化，同時放出熱量。



(3) 使用後，將熱包置於熱水中浸煮，可溶解析出的晶體，冷卻至室溫後，再次成為過飽和溶液，即可重複使用。

4. 液晶：一般的液體分子是無秩序的混亂排列，但是，液晶(*liquid crystals*)卻有類似固體的特性。當光線照射後，液晶顯示器(*Liquid Crystal Display, LCD*)即呈現可讀的訊息或數字，常應用於液晶螢幕、計算機、相機、行動電話等的顯示器面板。

課後練習：

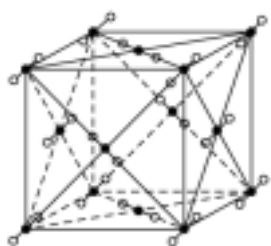
6-1 晶體的結構

一. 單一選擇題

- () 下列何者為石英之主成分？ (A) MgO (B) B_2O_3 (C) SiO_2 (D) Al_2O_3 (E) CuO
- () 布拉格父子曾以下列何種射線測定了 NaCl 、 KCl 、石墨和金剛石的結構？ (A) X 射線 (B) 射線 (C) 射線 (D) 射線
- () CH_4 分子是以碳原子為中心的正四面體結構，而不是正方形的平面結構，理由是 (A) CH_3Cl 不存在同分異構體 (B) CH_2Cl_2 不存在同分異構體

(C) CHCl_3 不存在同分異構體 (D) CH_4 分子中四個價鍵的鍵長鍵角都相等

- 4、() 以下哪種晶體裡沒有共價鍵？(A)鈉 (B)冰 (C)硫酸鈉 (D)石墨
- 5、() 存在於 H_2O 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
- 6、() 人們常用金剛石來割玻璃，主要是利用金剛石的什麼特性？(A)解理發達 (B)有稜有角 (C)晶形完美 (D)硬度最大 (E)具有條痕 【87 推甄】
- 7、() 下列何種元素無同素異形體存在？(A)碳 (B)硫 (C)氧 (D)磷 (E)氯
- 8、() 石墨及鑽石均由碳所組成，是屬於 (A)合金 (B)同位素 (C)同素異性體 (D)化合物
- 9、() 下列有關石墨和鑽石的敘述，何者不正確？(A)二者組成成分不同 (B)二者立體結構不同 (C)二者硬度不同 (D)二者皆為共價鍵結
- 10、() 網狀固體原子間的結合力為 (A)共價鍵 (B)凡得瓦引力 (C)離子鍵 (D)氫鍵 (E)金屬鍵
- 11、() 鉀明礬、鈉明礬、銨明礬、鐵明礬與鉻明礬等都是八面體晶體，稱為 (A)同分異構物 (B)同素異形體 (C)異質同形體 (D)以上皆非
- 12、() 下列何者為二度空間網狀固體？(A)金剛石 (B)石棉 (C)石墨 (D)玻璃
- 13、() 下列物質中屬於同素異形體的是 (A)活性碳、金剛石 (B)冰、乾冰 (C)水、重水 (D)一氧化碳、二氧化碳 (E)碘、碘蒸氣
- 14、() 固態二氧化碳 (即乾冰) 的晶體結構如圖所示：

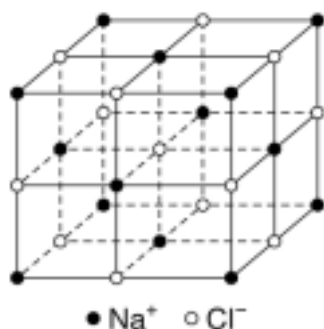


代表一個 CO_2 分子

每個 CO_2 分子周圍距離相等且最近的 CO_2 分子數目為 (A)6 (B)8 (C)10

(D)12

- 15、() 石墨是一種層狀晶體，每一層由無數個正六邊形構成，則平均每個正六邊形所占有的碳原子數為 (A)6 (B)4 (C)3 (D)2
- 16、() 家用電冰箱由於長期盛放食物常有一股特殊氣味，下列可用於消除冰箱中氣味的物質是 (A)乾冰 (B)活性碳 (C)石英 (D)螢石
- 17、() 下列何者為三度空間網狀固體？(A)石墨 (B)石棉 (C)玻璃 (D)金剛石
- 18、() 下列何者不是離子化合物的特性？(A)沸點、熔點高 (B)固態及熔化態均導電 (C)易溶於水 (D)不易溶於有機溶劑
- 19、() 下列物質的性質中，何者可以證明某化合物分子內一定存在離子鍵？(A)可溶於水，不溶於苯 (B)具有較高的熔點 (C)水溶液能導電 (D)熔融狀態能導電
- 20、() 是氯化鈉的晶體結構如圖所示，它是從氯化鈉晶體中劃分出來的一個平行六面體結構單元—晶胞。完美的氯化鈉晶體可看作是無限多個晶胞在三維方向作無限週期性排列而成。據此判斷在氯化鈉晶體中平均每個晶胞中含有 (A)4 個 Cl^- 離子和 4 個 Na^+ 離子 (B)6 個 Cl^- 離子和 6 個 Na^+ 離子 (C)1 個 Cl^- 離子和 1 個 Na^+ 離子 (D)8 個 Cl^- 離子和 8 個 Na^+ 離子



- 21、() 金屬具有電和熱的良導體特性，因金屬有 (A)共價鍵 (B)自由電子 (C)氫鍵 (D)離子鍵
- 22、() 下列晶體中金屬鍵最強的是 (A)鈉 (B)鎂 (C)鋁 (D)矽
- 23、() 某物質熔融狀態可導電，固態可導電，將其投入水中後水溶液也可導電，則可推斷該物質可能是 (A)金屬 (B)非金屬 (C)可溶性鹽 (D)可溶性鹼

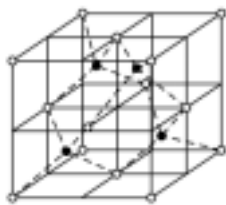
- 24、() 下列敘述何者正確？(A)乾冰晶體中， CO_2 分子間以共價鍵相連 (B) 氯化鈉晶體熔化時，化學鍵會被破壞 (C)離子化合物屬於強電解質，一定都溶於水 (D)原子晶體中不可能存在極性共價鍵
- 25、() 下列哪一組物質，按熔點由高到低的順序排列？(A) NaCl 、 SiO_2 、 CO_2 、 Na (B) SiO_2 、 NaCl 、 Na 、 CO_2 (C) Na 、 NaCl 、 CO_2 、 SiO_2 (D) CO_2 、 Na 、 NaCl 、 SiO_2
- 26、() 下列說法，何者正確？(A)離子晶體一定無共價鍵 (B)分子晶體中一定無離子鍵 (C)非極性分子中一定無極性鍵 (D)全部由極性鍵構成的分子一定為極性分子
- 27、() 關於晶體的下列說法，何者正確？(A)在晶體中只要有陰離子就一定有陽離子 (B)在晶體中只要有陽離子就一定有陰離子 (C)原子晶體的熔點一定比金屬晶體的高 (D)分子晶體的熔點一定比金屬晶體的低
- 28、() 下列各組物質，晶體的類型相同，但其中化學鍵的類型不完全相同的是 (A) NaCl 、 H_2O (B) H_2 、 Br_2 (C) NH_4Cl 、 KCl (D) CO_2 、 SiO_2
- 29、() 下表中給出幾種氯化物的熔點和沸點：

	NaCl	MgCl_2	AlCl_3	SiCl_4
熔點($^{\circ}\text{C}$)	801	714	190	-70
沸點($^{\circ}\text{C}$)	1413	1412	180	57.57

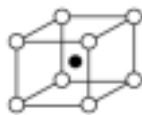
有關表中所列四種氯化物的性質，有以下敘述：a.氯化鋁在加熱時能昇華，b.四氯化矽在晶態時屬於分子晶體，c.氯化鈉晶體中微粒之間凡得瓦力結合，d.氯化鋁晶體是典型的離子晶體，其中與表中數據一致的是 (A) 只有 a、b (B) b (C) 只有 a、b、c (D) 只有 b、d

- 30、() 下列各組物質中，按熔點由低到高順序排列正確的是 (A) Na 、 K 、 Rb (B) CO_2 、 KCl 、 SiO_2 (C) O_2 、 I_2 、 Hg (D) SiC 、 NaCl 、 SO_2
- 31、() 某化合物具有極低的熔點，質軟且不導電，則其最可能是下列何者？(A)離子化合物 (B)極性共價化合物 (C)非極性共價化合物 (D)網狀固體
- 32、() 何者的晶格能(lattice energy)最大？(A) NaF (B) KCl (C) MgO (D) CaS
- 33、() 有關 $\text{NaCl}_{(s)}$ (其堆積方式為下列三種圖形中之某一種) 之敘述，下列

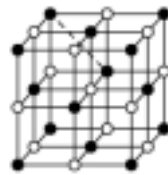
何者不正確？(A) 每個 Na^+ 之配位數為 6 (B) 每個 Cl^- 之配位數為 6
 (C) 若 Na^+ 、 Cl^- 之半徑各為 $a\text{\AA}$ 、 $b\text{\AA}$ ，則 $0.414 < \frac{a}{b} < 0.732$ (D) NaCl 之水
 溶液可導電而熔融狀態則否



(a)



(b)



(c)

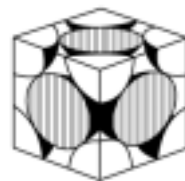
- 34、() 下圖為 $\text{Ca}_{(\text{s})}$ 的晶體堆積方式，則下列敘述，何者為真？(A) 該堆積方式稱之「體心立方堆積」(B) 此單位晶格中共有 14 個 Ca 原子 (C) 每個 Ca 原子的配位數為 8 (D) 若 Ca 的原子半徑為 $a\text{\AA}$ ，則該單位晶格之邊長 $= \frac{4a}{\sqrt{2}}$

二. 多重選擇題

- 1、() 經研究發現，有一種磷分子具有鏈狀結構，其組成可以表示為，有關它的敘述，何者正確？(A) 它易溶於水 (B) 它與白磷互為同素異形體 (C) 它的分子量是白磷的 8 倍 (D) 其分子中具有不飽和鍵 (E) 在其分子中每個磷原子以非極性鍵與另外三個磷原子結合



- 2、() 下列哪些是金屬的特性？(A) 質硬且易脆 (B) 延展性 (C) 有光澤 (D) 可以導電 (E) 溶於水會產生離子



- 3、() 有關金屬結構與性質間關係之下列敘述何者正確？
 (A) 金屬晶體中具有可自由移動的價電子，故容易導電
 (B) 金屬原子之價帶與傳導體間之能量差極小，故容易導電 (C) 溫度升高時，導電度增大 (D) 金屬結晶中之金屬原子層面可以滑動，故具有延展性 (E) 金屬晶體中，如果滲混其他元素或合金會使硬度加大
- 4、() 下面有關晶體的敘述中，哪些是正確的？(A) 金剛石網狀結構中，由共價鍵所形成的最小環上有 6 個碳原子 (B) 氯化鈉晶體中，每個鈉離子周圍緊連著 6 個氯離子 (C) 碘化鉀晶體內存在的作用力是離子鍵

(D)乾冰晶體內存在的作用力為氫鍵 (E)碘晶體昇華時,必須吸熱以克服凡得瓦力

三. 填充題

1、BGO 是一種閃爍晶體材料，曾用於諾貝爾獎獲得者丁肇中著名實驗，它是鉕酸鉍的簡稱。若知： \leftarrow BGO 中，鉕處於其最高價態， \uparrow 在 BGO 中，鉍的價態與鉍跟氯形成某種共價氯化物時所呈的價態相同，在此氯化物中鉍具有最外層 8 電子穩定結構， \rightarrow BGO 可看成是由鉕和鉍兩種元素的氧化物所形成的複雜氧化物，且在 BGO 晶體的化學式中，這兩種氧化物所含氧的總質量相同。請填空：

- (1)鉕和鉍的元素符號分別是_____和_____。
- (2)BGO 晶體的化學式是_____。
- (3)BGO 晶體中所含鉍氧化物的化學式是_____。

2、參考下表中的熔點，回答有關問題：

物質	NaF	NaCl	NaBr	NaI	NaCl	KCl	RbCl	CsCl
熔點 $^{\circ}\text{C}$	995	801	755	651	801	776	715	646
物質	SiF ₄	SiCl ₄	SiBr ₄	SiI ₄	SiCl ₄	GeCl ₄	SnCl ₄	PbCl ₄
熔點 $^{\circ}\text{C}$	-90.2	-70.4	5.2	120.5	-70.4	-49.5	-36.2	-15.0

- (1)鈉的鹵化物及鹼金屬的氯化物的熔點與_____有關，隨_____增大_____減小，故熔點依次降低。
- (2)矽的鹵化物及矽、鉕、錫、銅的氯化物的熔點與_____有關，隨_____增大_____增大，故熔點依次升高。
- (3)鈉的鹵化物的熔點比相應的矽的鹵化物的熔點高得多，這與_____有關，因為_____，故前者熔點遠遠高於後者。

3、下圖甲、乙二種晶體中○表 A 粒子，●表 B 粒子。



- (1)甲之化學式是 _____
- (2)乙之化學式是 _____

(3)甲的堆積方式稱之 _____

(4)若 A 、 B 之半徑各為 $a\text{\AA}$ 、 $b\text{\AA}$ ，則乙晶格邊長 ℓ 為 _____ (用 a ， b 表示之)

四. 計算題

1、在氯化鈉晶體中，若鈉離子與氯離子接觸，以面心立方堆積(氯離子的半徑為 1.81\AA ，而鈉離子的半徑為 0.98\AA)，回答下列問題：

- (1)氯化鈉晶體單位晶格含氯離子和鈉離子各為多少個？
- (2)氯化鈉晶體中兩個鈉離子最近之距離為多少 \AA ？
- (3)氯化鈉晶體的密度為多少 g/cm^3 ？

五. 問答題

1、各種物質的物理性質主要取決於其粒子間的引力類型。

- (a)鑽石、氯化鈉和四氯甲烷的熔點分別為 3750°C 、 800°C 和 -23°C 。試解釋這些物質的熔點差異。
- (b)解釋為什麼在固態時，鈉能導電，但氯化鈉不能。
- (c)解釋為什麼氯化鈉只能在熔融狀態或溶液中時才可導電。
- (d)解釋為什麼石英和鑽石均是非常堅硬，但氯化鈉和石蠟卻很易斷裂。
- (e)解釋為什麼四氯甲烷在液態時不能導電。

6-2 晶體成長及其應用

一. 單一選擇題

- 1、() 含結晶水醋酸鈉($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)熔融後，逐漸冷卻至室溫維持在過冷的液態；結晶生成時該化合物所呈現的現象是 (A)放熱 (B)吸熱 (C)顏色變深 (D)溫度不變
- 2、() 結晶體置於空氣中會漸漸放出結晶水的現象稱為 (A)風化 (B)水解 (C)還原 (D)以上皆非
- 3、() 天然寶石中，剛玉、紅寶石的主要成分是 (A)二氧化錳 (B)氧化鋁 (C)二氧化矽 (D)矽酸鋁
- 4、() 人造雨最常用的晶種是何種化學物質？(A)碘化銀 (B)氯化鈉 (C)碘 (D)乾冰
- 5、() 有些固體如碘、乾冰等物質，其晶格表面上的分子被束縛得較鬆，一受熱就震斷了晶格的拘束而逸出晶格外，直接汽化成氣體，這種現象稱為 (A)熔化 (B)汽化 (C)蒸發 (D)昇華
- 6、() 採用何種結晶法，方可獲得溶解度甚大的物質（如硝酸鈉、氯化鈣）之晶體？(A)冷卻法 (B)恆溫蒸發法 (C)絕熱蒸發法 (D)增溫法

二. 多重選擇題

- 1、() 工業上生產 KClO_3 晶體的方法之一，是在一定溫度下，向 NaClO_3 的濃溶液中投入 KCl 粉末並攪拌，可析出 KClO_3 晶體，有關敘述，何者正確？(A)該溫度時， KClO_3 的溶解度小於 NaClO_3 (B)該溫度時， KClO_3 的電離度稍小於 NaClO_3 (C)該溫度時， KCl 在溶液中所能達到的莫耳濃度較 KClO_3 大 (D)該溫度時， KClO_3 難溶於水
- 2、() 下列有關水的敘述何者正確？(A)用碘化銀進行人造雨，是因為其結構與冰的晶體相似 (B)在 0°C 時，固態的密度較液態的低，是因為氫鍵的關係 (C)離子交換樹脂可用於海水淡化 (D)含有鉀離子及鈉離子的水稱為暫時硬水 (E)一般雨水的 pH 值為 7

三. 問答題

- 1、日常生活中有哪些和晶體有關的例子呢？



答案：

6-1 晶體的結構

一. 單一選擇題

1、(C) 2、(A) 3、(B) 4、(A) 5、(D) 6、(D) 7、(E) 8、(C) 9、(A) 10、
(A) 11、(C) 12、(A) 13、(A) 14、(D) 15、(D) 16、(B) 17、(D) 18、(B) 19、(D) 20、
(A) 21、(B) 22、(C) 23、(A) 24、(B) 25、(B) 26、(B) 27、(A) 28、(C) 29、(A) 30、
(B) 31、(C) 32、(C) 33、(D) 34、(D)

二. 多重選擇題

1、(BCE) 2、(BCD) 3、(ABDE) 4、(ABCE)

三. 填充題

- 1、 (1)Ge、Bi
(2) $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ 或 $2\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{GeO}_2$ 或 $\text{Bi}_4(\text{GeO}_4)_3$
(3) Bi_2O_3

- 2、 (1)離子半徑、離子半徑、靜電引力(離子鍵鍵能)
(2)分子量、分子量、凡得瓦力
(3)晶體類型，離子鍵能一般比凡得瓦力大得多
- 3、 (1) AB (2) AB_3 (3)體心立方堆積 (4) $\sqrt{2}(a+b)$

四. 計算題

- 1、 (1)各為 4 個 (2) $3.95 \times 10^{-10} \text{ m}$ (3) 2.24 g/cm^3

五. 問答題

- 1、 (a)鑽石的熔點最高，這是因為每個碳原子均通過強共價鍵與其他 4 個碳原子相鍵合。
(b)鈉原子通過金屬鍵結合在一起，並擁有自由電子。但是在氯化鈉晶體中則沒有自由電子或離子。
(c)當氯化鈉溶於水或處於熔融狀態時，離子可自由運動，因而導電。
(d)石英和鑽石均是巨型共價晶體，這種晶體非常堅硬。氯化鈉晶體很脆弱，這是由於相同電荷的離子互相排斥。石蠟分子間存在著微弱的凡得瓦引力。
(e)因為液態的四氯甲烷仍缺乏自由電子或離子。

6-2 晶體成長及其應用

一. 單一選擇題

- 1、 (A) 2、 (A) 3、 (B) 4、 (A) 5、 (D) 6、 (C)

二. 多重選擇題

- 1、 (AC) 2、 (ABD)

三. 問答題

- 1、陶瓷的冶燒 (與礦物晶體有關)，計算機、相機及行動電話等使用液晶顯示的日常用品。
此外，還有利用過飽和溶液結晶原理所製成的熱包。