

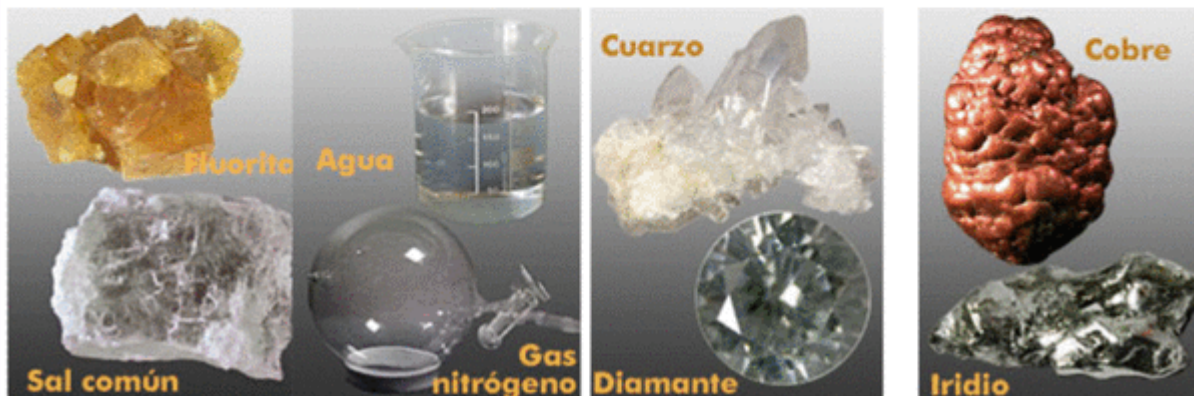
Esta obra está licenciada bajo una Licencia Creative Commons



Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 España  
Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported  
CC BY-NC-ND 3.0

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/>

# Las fases condensadas



- \* Huheey, J. E., Keiter, R. L., Keiter, E. A., “*Inorganic Chemistry: Principles of Structure and Reactivity*”, 4ª Ed., Harper Collins, 1993. **Capítulo 4 y 7.**
- \* Casabó i Gispert, J, “*Estructura Atómica y Enlace Químico*”, Reverté, 1999. **Capítulo 12 y 13.**
- \* Rodgers, G. E., “*Introduction to Coordination, Solid-state and Descriptive Inorganic Chemistry*”, McGraw-Hill, 1994. Traducción española: “*Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva*”, McGraw-Hill, 1995. **Capítulo 7.**
- \* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., “*Inorganic Chemistry*”, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, **Capítulo 6.** Traducción española de la 2ª Ed. “*Química Inorgánica*”, Pearson Prentice Hall, 2006. **Capítulo 5.**

- \* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., “*Concepts and Models of Inorganic Chemistry*”, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994. **Capítulo 5.**
- \* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., “*Problems for Concepts and Models of Inorganic Chemistry*”, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994. **Capítulo 5.**
- \* Casabó i Gispert, J, “*Estructura Atómica y Enlace Químico*”, Reverté, 1999. **Capítulo 17.**
- \* Paraira, M.; Pérez González, J. J., “*Cálculos básicos en estructura atómica y molecular*”, Ed. Vicens-Vives, 1988. **Capítulo 9.**
- \* Moeller, T., “*Inorganic Chemistry. A Modern Introduction*”, John Wiley & Sons, 1994. Traducción española: “*Química Inorgánica*”, Reverté, 1994. **Capítulo 4.**
- \* Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M.; Armstrong, F., (Shriver-Atkins) “*Inorganic Chemistry*”, 4ª Ed., Oxford University Press, 2006. Traducción española de la 4ª Ed. “*Química Inorgánica*”, McGraw-Hill Interamericana, 2008. **Capítulo 3.**

## Las fases condensadas

Hasta ahora hemos estudiado las moléculas independientes de todo influjo externo.

Gases: He, Ne, Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HCl, SO<sub>2</sub>, ...

Líquidos: Br<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, EtOH, ...

Sólidos: I<sub>2</sub>, S<sub>8</sub>, azúcar, ...

} Fases condensadas

## Estado Líquido

Todo gas se puede licuar  $\Rightarrow$  existen fuerzas intermoleculares, **Tema 5.1**

\* Predominan las fuerzas atractivas (no dependen de T), las moléculas colapsan para formar la fase líquida o sólida.

\* Predominan las fuerzas dispersivas (dependen de T), permanece en estado gaseoso.

T $\uparrow$	Gas
T $\downarrow$	Líquido
T $\downarrow\downarrow\downarrow$	Sólido

Movimiento de traslación de las moléculas severamente limitado, Fuerzas intermoleculares.

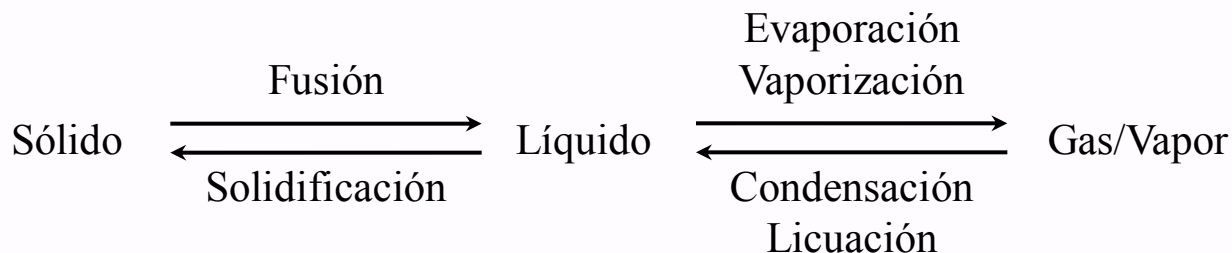
Movimiento de las moléculas en el seno del líquido  $\Rightarrow$  **Fluidez**, *adaptan su forma a la del recipiente que lo contiene.*

**Viscosidad**, depende de la calidad de las Fuerzas intermoleculares.

Presión de vapor

## Las fases condensadas

### Estado Sólido



Movimiento de traslación de las moléculas totalmente impedido, Fuerzas intermoleculares.

Movimiento de las moléculas se limita a rotación y vibración.

Forma rígida.

Condiciones normales de presión y temperatura:

- \* Líquidos y gases constituidos por átomos (He, Ne) o moléculas (H<sub>2</sub>O, CO, CO<sub>2</sub>)
- \* Sólidos constituidos por átomos (Au, Pb), iones (Na<sup>+</sup>Cl<sup>-</sup>) o moléculas (I<sub>2</sub>) con fuerzas de interacción muy fuertes: interatómicas, interiónicas, intermoleculares.

## **Tipos de Sólidos**

### **Sólidos Moleculares**

Formados por moléculas ( $I_2$ ), unidas por fuerzas intermoleculares, atractivas, **Tema 5.1**

### **Sólidos Iónicos**

Formados por iones ( $Na^+Cl^-$ ), unidas por interacciones de tipo electrostático, tanto atractivas como repulsivas, no direccionales, lo que llamaremos enlace iónico, **Tema 4.4**

Elementos con gran diferencia de electronegatividad.  
Traslación impedida, pero con vibración y rotación.

### **Sólidos Metálicos**

Formados por átomos (Au, Pb), unidos por interacciones de tipo atractivo, no direccionales, lo que llamaremos enlace metálico, **Tema 4.3**

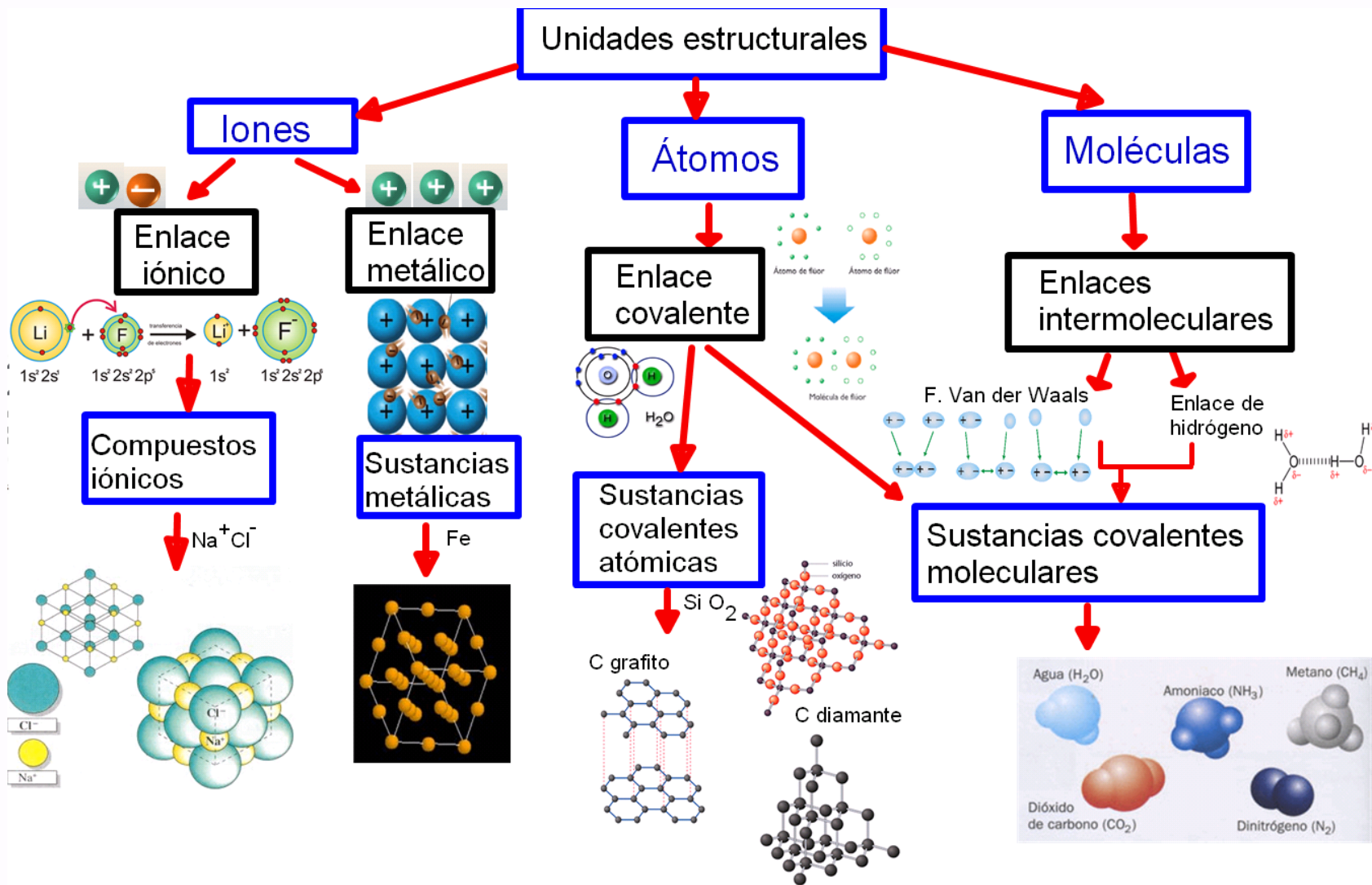
Elementos muy electropositivos.

### **Sólidos Covalentes**

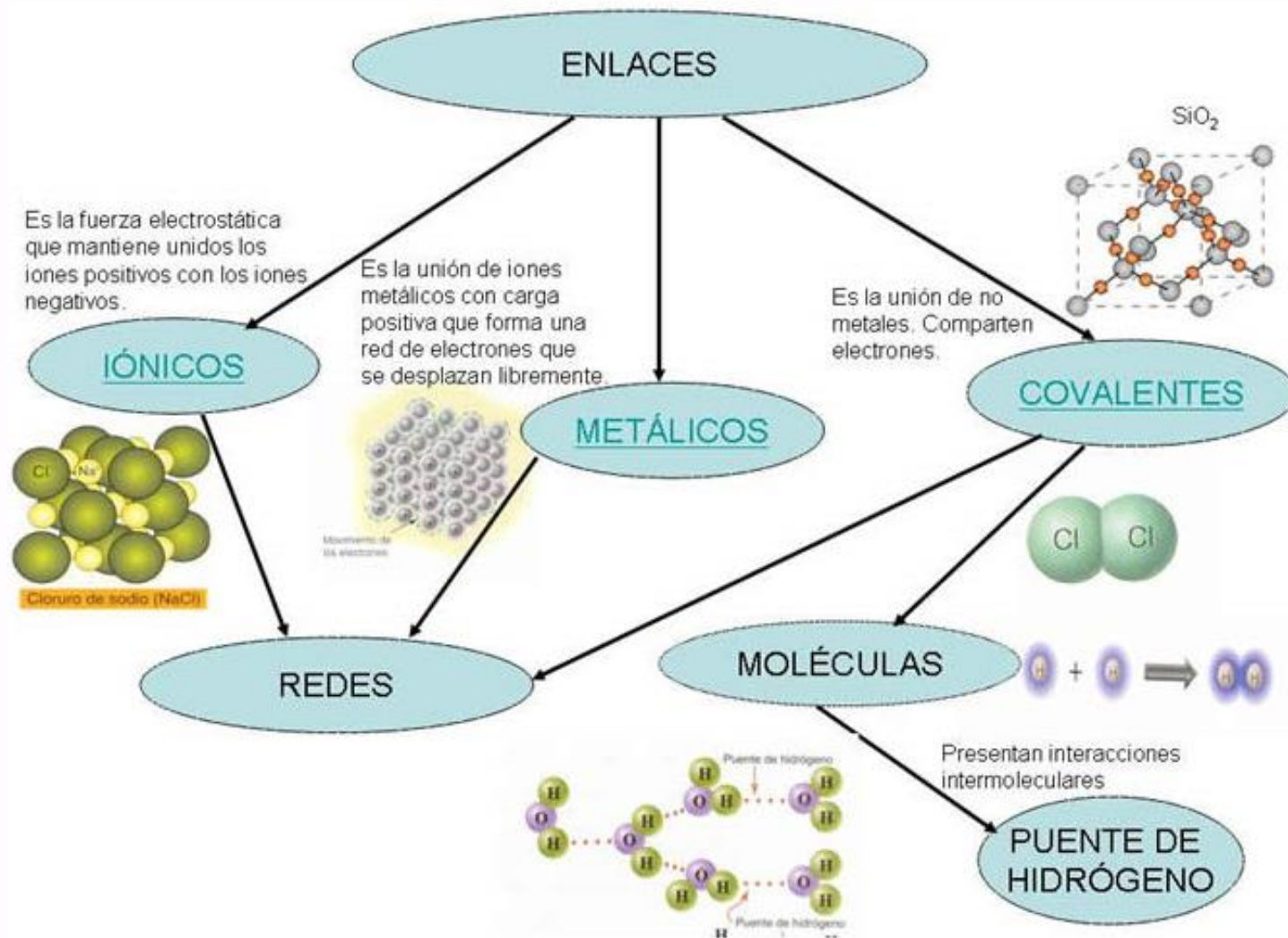
Formados por átomos (C), unidos por interacciones de enlace covalente, fuertemente direccionales, lo que llamaremos sólidos covalentes o sólidos tridimensionales, **Tema 4.2**

Elementos de electronegatividad similar, y relativamente elevada.

## Tipos de Sólidos



## Tipos de Sólidos



## Tipos de Sólidos

### Comparación entre los distintos tipos de sólidos

Fuerzas de cohesión iónicas, covalentes y metálicas son muy intensas.

Fuerzas intermoleculares son comparativamente muy débiles. Clasificación “*formal*”

- \* Puntos de fusión y ebullición altos para sólidos iónicos, covalentes y metálicos, (excep Hg)  
Puntos de fusión y ebullición bajos para sólidos moleculares, que suelen ser gases (excep H<sub>2</sub>O)
- \* Elementos con electronegatividad similar y elevada, frontera entre metal y no metal  $\Rightarrow$  sólidos covalentes  $\Rightarrow$  interacción muy fuerte, marcadamente direccional.
- \* Elementos con electronegatividad similar que forman unidades discretas  $\Rightarrow$  sólidos moleculares  $\Rightarrow$  interacción débil, habitualmente no direccional.
- \* Elementos con electronegatividad diferente  $\Rightarrow$  sólidos iónicos  $\Rightarrow$  interacción muy fuerte, no direccional.
- \* Elementos con electronegatividad similar y baja (electropositivos)  $\Rightarrow$  sólidos metálicos  $\Rightarrow$  interacción muy fuerte, no direccional.

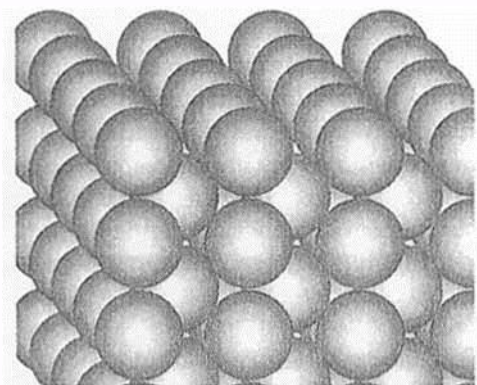


## Redes Cristalinas

### Qué es un sólido cristalino

Sólido cristalino, red cristalina, *disposición ordenada de las partículas que lo componen*, cada una tiene su posición.

Veamos que significa esto con un ejemplo:  $\alpha$ -hierro



Disposición ordenada de los átomos de Fe en un cristal de  $\alpha$ -Fe

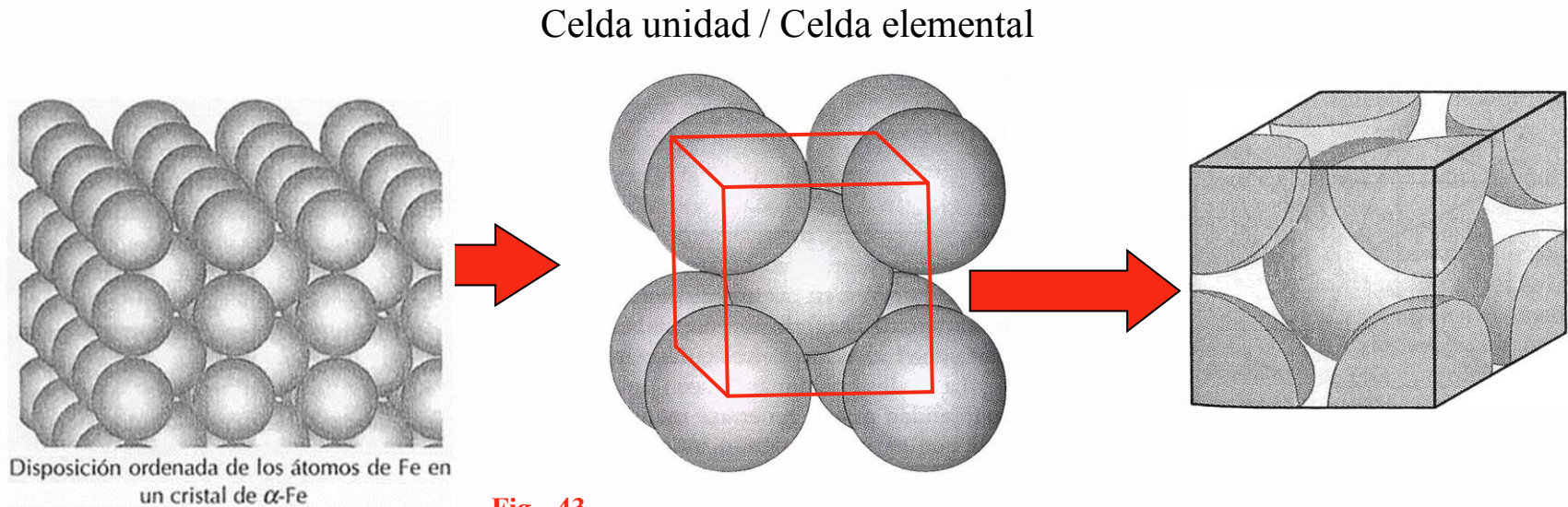
Fig - 43

Germen cristalino / Cristal  
Monocristal / Granos

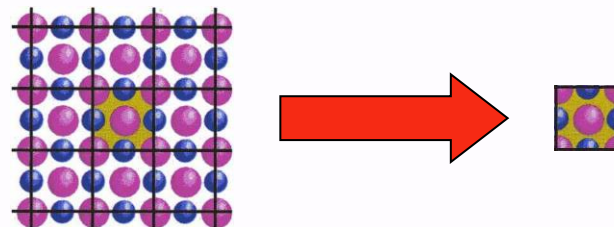
Casabó i Gispert, J, “*Estructura Atómica y Enlace Químico*”, Reverté, 1999, pp 262.

## Redes Cristalinas

### Celda unidad



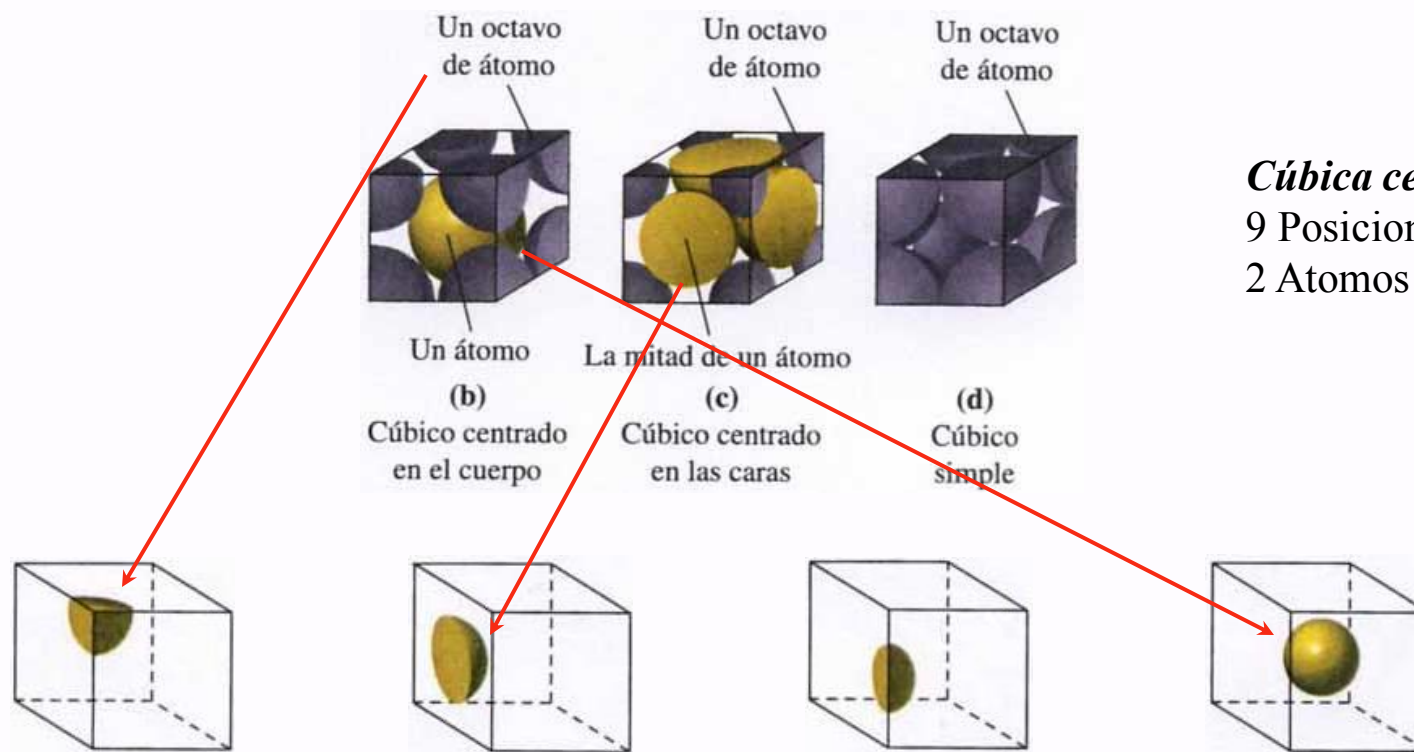
Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 262, 264 y 263.



**Celda unidad:** fragmento más pequeño del cristal, que contiene todos los elementos de simetría, y que repetido en las tres direcciones del espacio regenera el cristal original.

## Redes Cristalinas

### Celda unidad - N° de átomos en la celda unidad

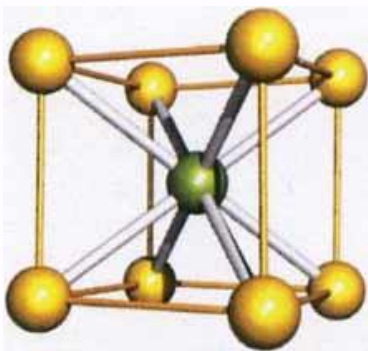


**Cúbica centrada**  
9 Posiciones ocupadas  
2 Átomos en la celda

Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G., "Química general", 8ª Ed., Prentice Hall, 2003, reimpresión 2006, pp 513.

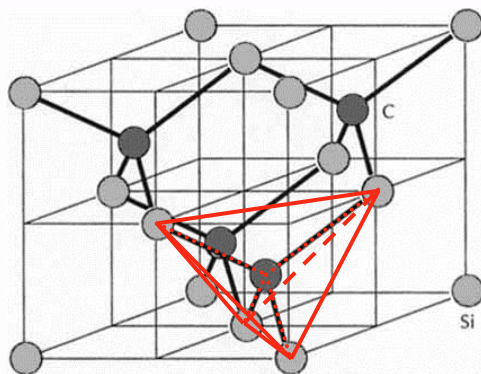
## Redes Cristalinas

### Celda unidad - N° de coordinación



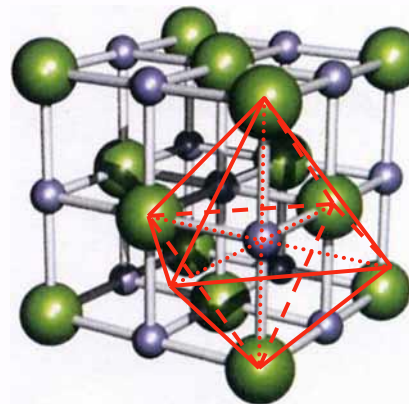
CsCl

Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., *"Inorganic Chemistry"*,  
3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 168.



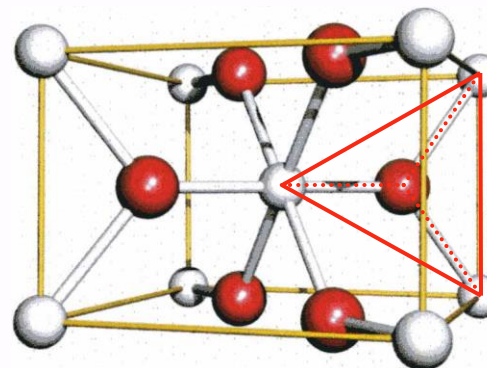
SiC

Casabó i Gispert, J., *"Estructura Atómica y Enlace Químico"*,  
Reverté, 1999, pp 338.



NaCl

Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., *"Inorganic Chemistry"*,  
3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 165.

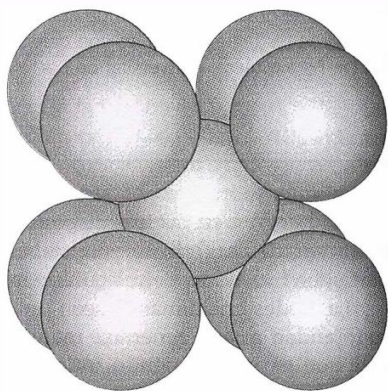


Rutilo

Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., *"Inorganic Chemistry"*,  
3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 170.

**Redes Cristalinas**

**Celda unidad - Factor de ocupación**

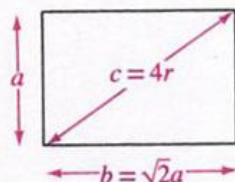
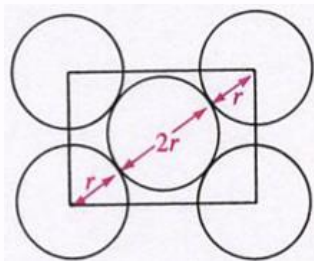


$$\text{Volumen ocupado} = 2 \cdot \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\text{Volumen total} = a^3$$

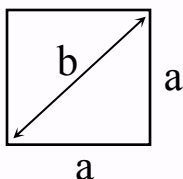
$$\text{Fracción ocupada} = \frac{\text{Volumen ocupado}}{\text{Volumen total}}$$

$$a = f(r)$$



$$(4r)^2 = a^2 + 2 a^2 = 3 a^2$$

$$a = \frac{4r}{\sqrt{3}}$$



$$(4r)^2 = a^2 + b^2$$

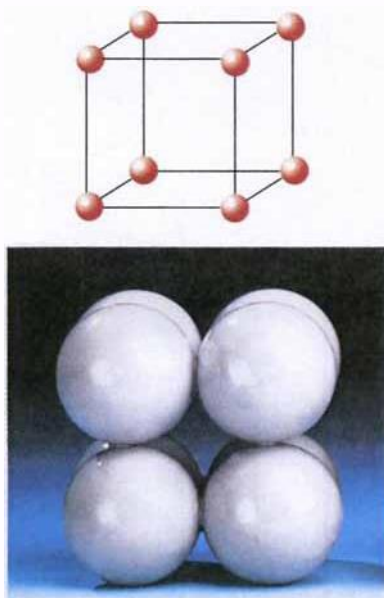
$$b^2 = a^2 + a^2 = 2 a^2$$

0,68

68 %

## Redes Cristalinas

### Cúbica Simple



Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G., "*Química general*", 8ª Ed., Prentice Hall, 2003, reimpresión 2006, pp 509.

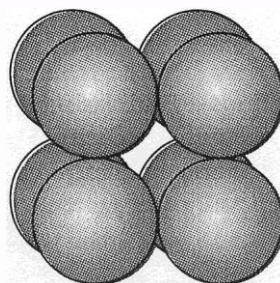


Fig - 42

Casabó i Gispert, J, "*Estructura Atómica y Enlace Químico*", Reverté, 1999, pp 270.



Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "*Inorganic Chemistry*", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 151.

8 posiciones ocupadas - los 8 vértices

1 átomo por celda

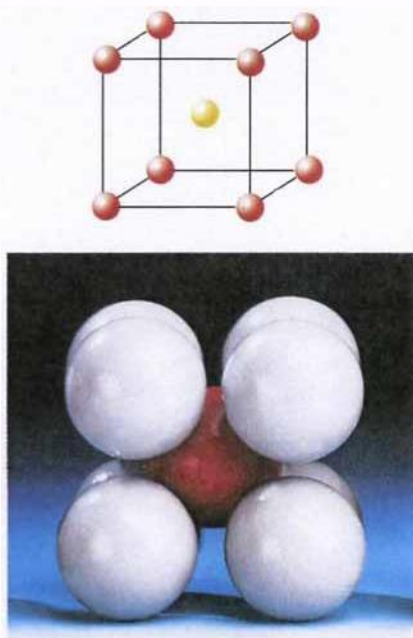
Tangencia en la arista

Nº Coordinación 6, octaédrica

Ocupación 52,3 %

## Redes Cristalinas

### Cúbica Centrada



Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G., "*Química general*", 8ª Ed., Prentice Hall, 2003, reimpresión 2006, pp 509.

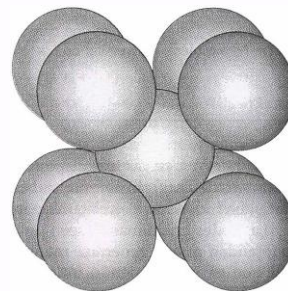


Fig - 43

Casabó i Gispert, J, "*Estructura Atómica y Enlace Químico*", Reverté, 1999, pp 264.



Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "*Inorganic Chemistry*", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 151.

9 posiciones ocupadas - los 8 vértices y el centro del cubo

2 átomo por celda

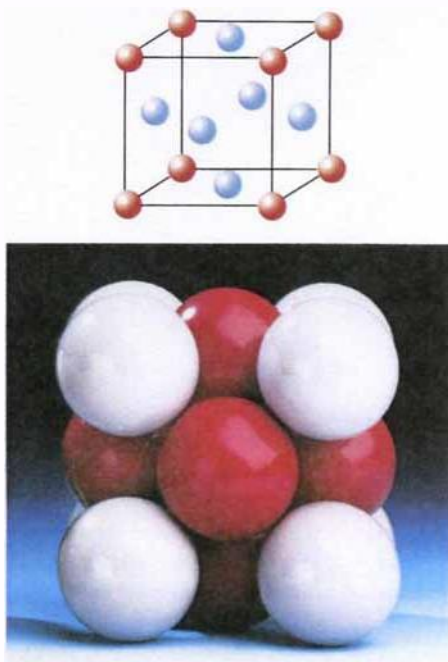
Tangencia con el centro del cubo

Nº Coordinación 8, cúbica

Ocupación 68 %

## Redes Cristalinas

### Cúbica Compacta



Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G., "Química general", 8ª Ed., Prentice Hall, 2003, reimpresión 2006, pp 509.

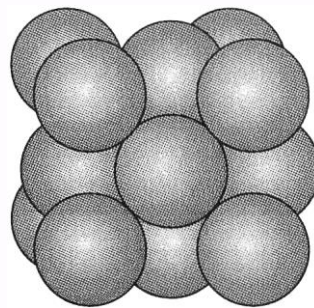


Fig - 44

Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 272.



Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 150.

14 posiciones ocupadas - los 8 vértices y los 6 centros de las caras

4 átomo por celda

Tangencia en la cara

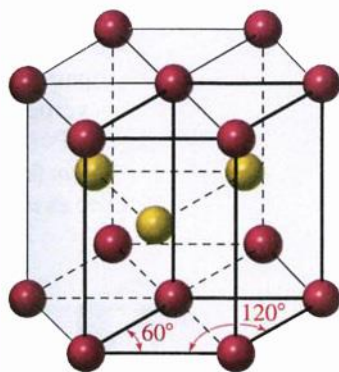
Nº Coordinación 12, compacta

Ocupación 74 %

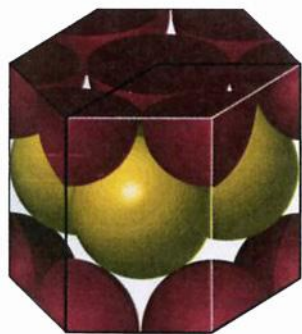


## Redes Cristalinas

### Hexagonal Compacta



(a)



(b)

Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G., "Química general", 8ª Ed., Prentice Hall, 2003, reimpresión 2006, pp 511.

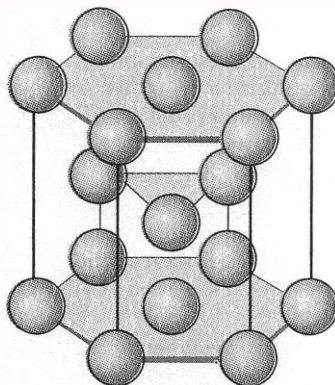


Fig - 45

Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 274.

Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 150.

17 posiciones ocupadas - los 12 vértices, los 2 centros de las caras hexagonales y 3 posiciones interiores

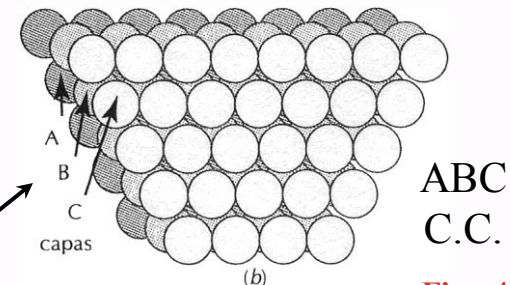
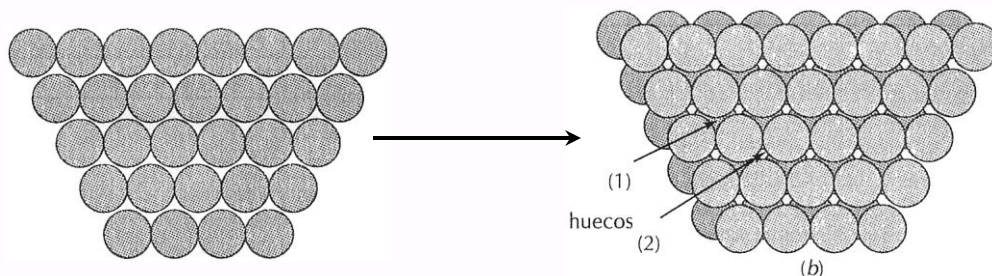
6 átomo por celda

Nº Coordinación 12, compacta

Ocupación 74 %

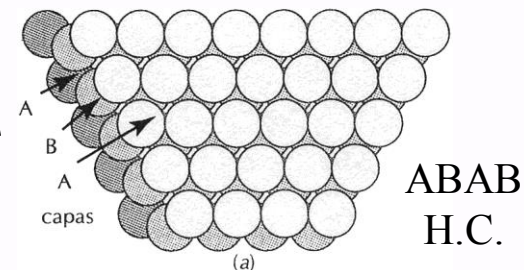
## Relación entre las estructuras cúbica y hexagonal compactas

Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 276-277.



ABC  
C.C.

Fig - 47



ABAB  
H.C.



\* Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 275.

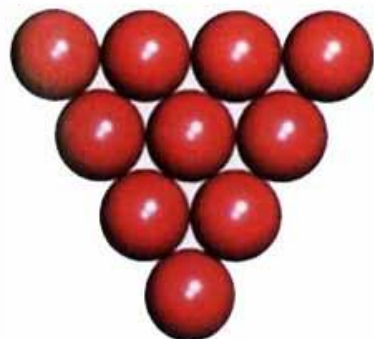
\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 148.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., "Concepts and Models of Inorganic Chemistry", 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 204.

\* Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M.; Armstrong, F., Traducción española de la 4ª Ed. "Química Inorgánica", McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp 74.

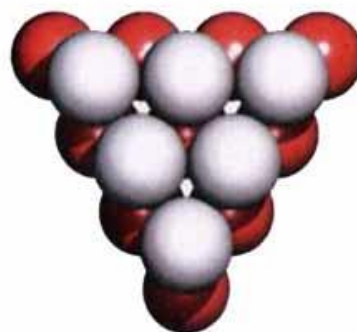
## Relación entre las estructuras cúbica y hexagonal compactas

Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3<sup>a</sup> Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 149.



Layer A

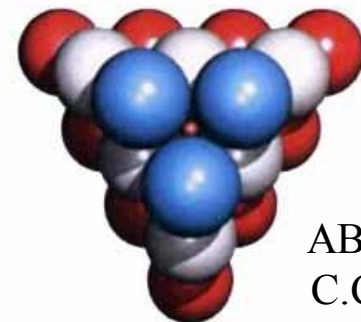
Place one sphere  
over every other  
hollow in layer A



Layer A (red spheres)  
Layer B (grey spheres)

Layer B contains two  
different types of  
hollow (see text)

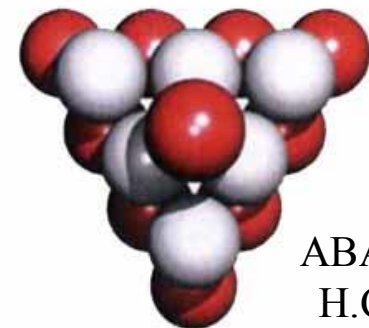
By placing spheres in  
one or other of these  
different hollows, two  
new layers of spheres  
can be produced.



ABC  
C.C.

Layer A (red spheres)  
Layer B (grey spheres)  
Layer C (blue spheres)

(c)



ABAB  
H.C.

Layer A (red spheres)  
Layer B (grey spheres)  
Layer A (red sphere)

\* Casabó i Gispert, J., "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 275.

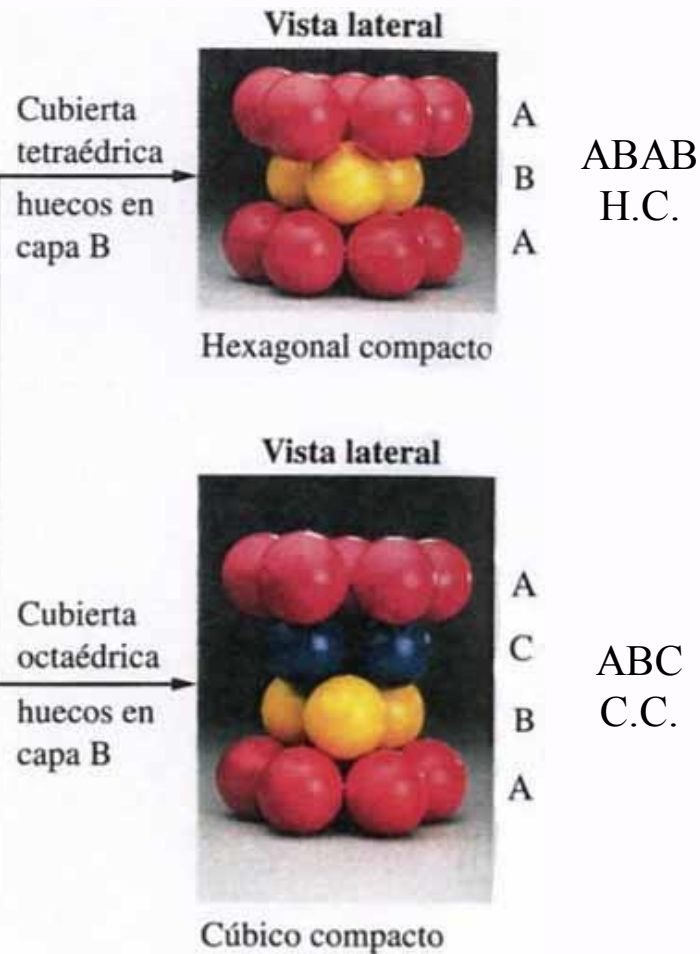
\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3<sup>a</sup> Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 148.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., "Concepts and Models of Inorganic Chemistry", 3<sup>a</sup> Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 204.

\* Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M.; Armstrong, F., Traducción española de la 4<sup>a</sup> Ed. "Química Inorgánica", McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp 74.

## Relación entre las estructuras cúbica y hexagonal compactas

Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G., "Química general", 8ª Ed., Prentice Hall, 2003, reimpresión 2006, pp 510.



\* Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 275.

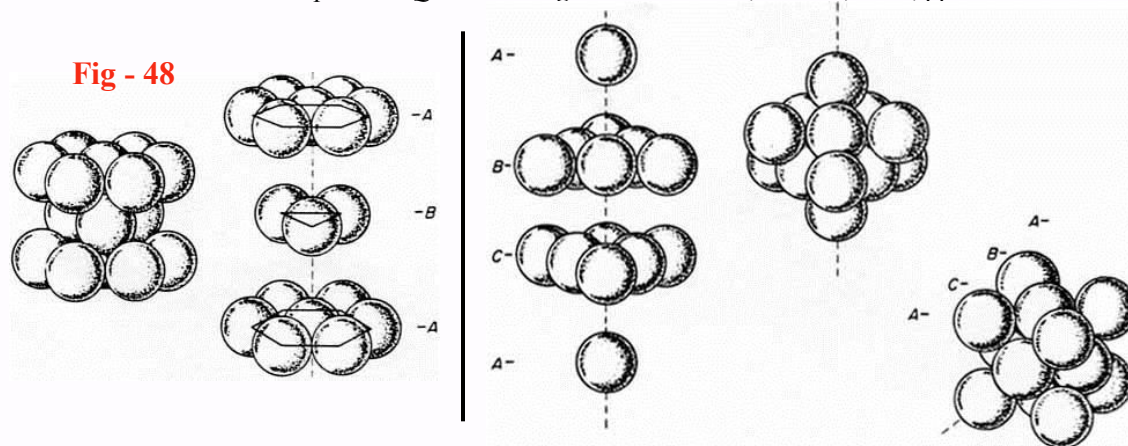
\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 148.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., "Concepts and Models of Inorganic Chemistry", 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 204.

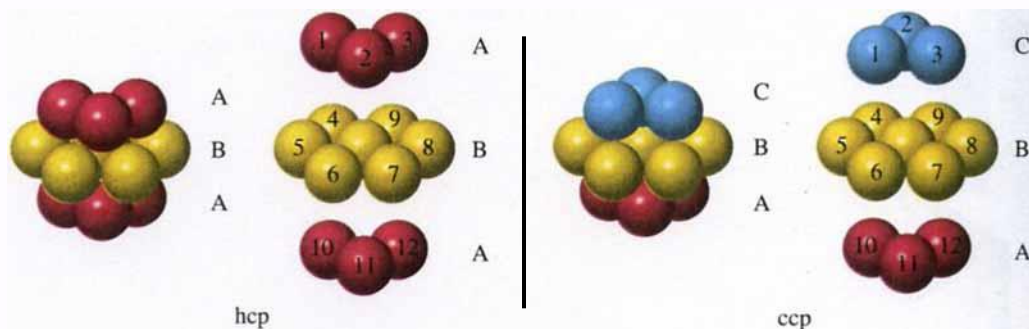
\* Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M.; Armstrong, F., Traducción española de la 4ª Ed. "Química Inorgánica", McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp 74.

## Relación entre las estructuras cúbica y hexagonal compactas

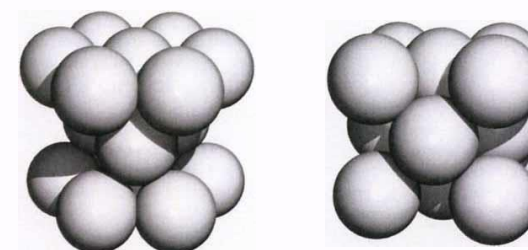
Lagowski, J. J., "Modern Inorganic Chemistry", Marcel Dekker Inc, 1973.  
Traducción española: "Química Inorgánica Moderna", Reverté, 1978, pp 72.



Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G., "Química general", 8ª Ed., Prentice Hall, 2003, reimpresión 2006, pp 512.



Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 150.



\* Casabó i Gispert, J., "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 275.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 148.

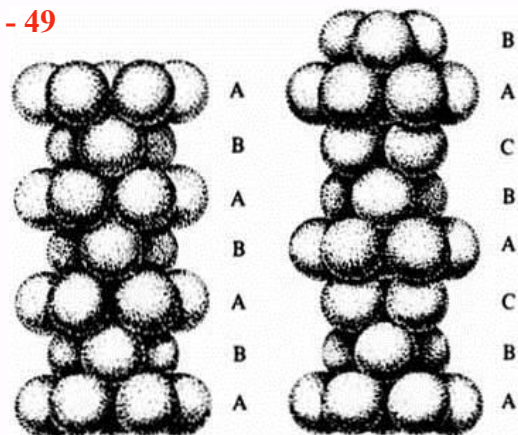
\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., "Concepts and Models of Inorganic Chemistry", 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 204.

\* Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M.; Armstrong, F., Traducción española de la 4ª Ed. "Química Inorgánica", McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp 74.

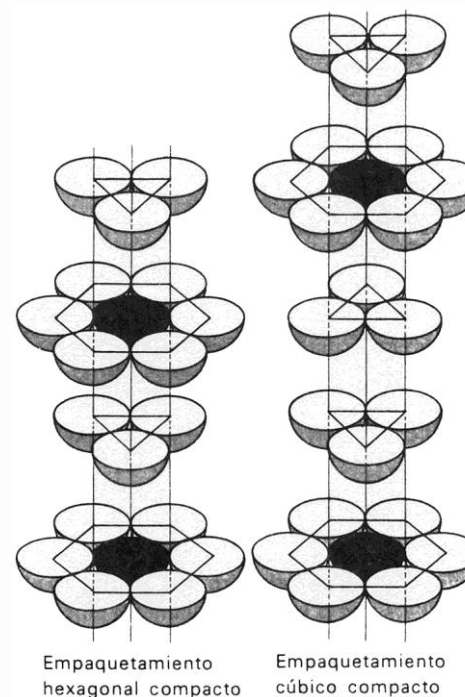
## Relación entre las estructuras cúbica y hexagonal compactas

Huheey, J. E., Keiter, R. L., Keiter, E. A., "Inorganic Chemistry: Principles of Structure and Reactivity", 4ª Ed., Harper Collins, 1993, pp 120.

Fig - 49



Moeller, T., "Inorganic Chemistry. A Modern Introduction", John Wiley & Sons, 1994. Traducción española: "Química Inorgánica", Reverté, 1994, pp 166.



\* Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 275.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 148.

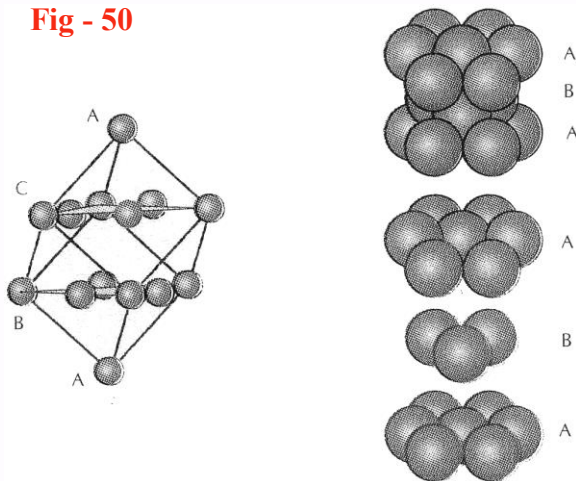
\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., "Concepts and Models of Inorganic Chemistry", 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 204.

\* Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M.; Armstrong, F., Traducción española de la 4ª Ed. "Química Inorgánica", McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp 74.

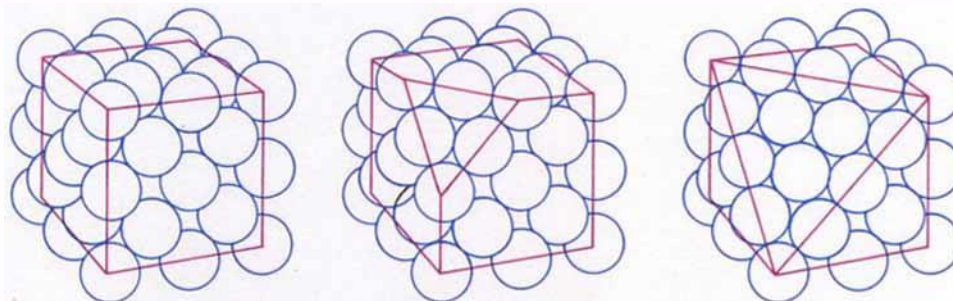
## Relación entre las estructuras cúbica y hexagonal compactas

Casabó i Gispert, J, “Estructura Atómica y Enlace Químico”,  
Reverté, 1999, pp 278.

Fig - 50

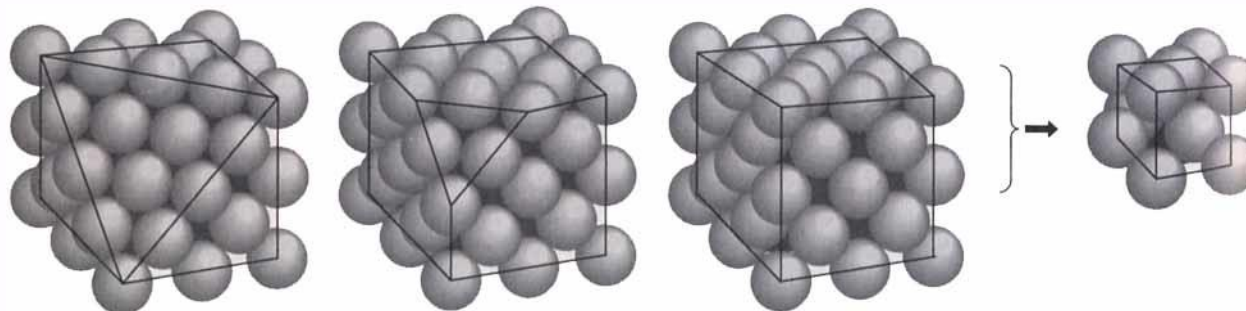


Gillespie, R. J.; Humphreys, D. A.; Baird, N. C.; Robinson, E. A.,  
“Química”, Vol I, Reverté, 1990, pp 456.



Huheey, J. E., Keiter, R. L., Keiter, E. A., “Inorganic Chemistry: Principles of  
Structure and Reactivity”, 4ª Ed., Harper Collins, 1993, pp 120.

Fig - 51-52



\* Casabó i Gispert, J, “Estructura Atómica y Enlace Químico”, Reverté, 1999, pp 275.

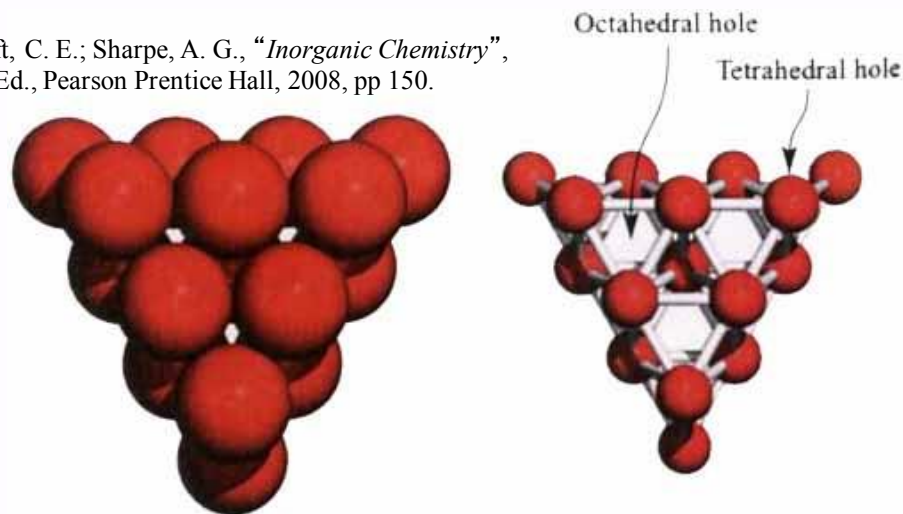
\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., “Inorganic Chemistry”, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 148.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., “Concepts and Models of Inorganic Chemistry”, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 204.

\* Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M.; Armstrong, F., Traducción española de la 4ª Ed. “Química Inorgánica”, McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp 74.

## Relación entre las estructuras cúbica y hexagonal compactas

Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., *"Inorganic Chemistry"*,  
3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 150.



Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., *"Concepts and Models of Inorganic Chemistry"*, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 206.

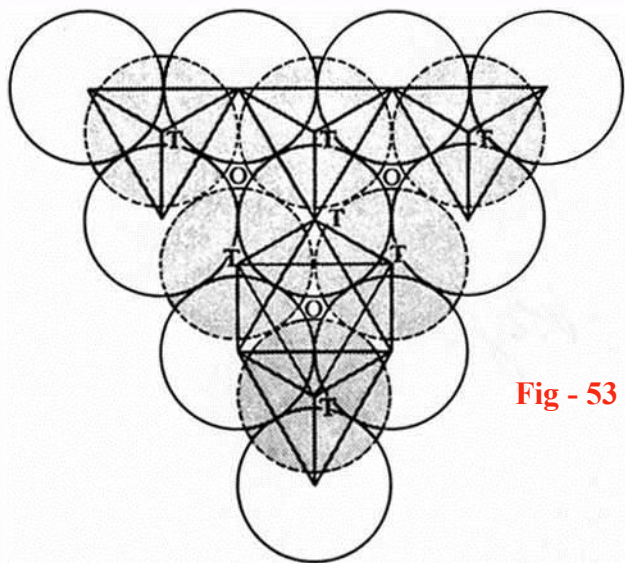


Fig - 53

\* Casabó i Gispert, J., *"Estructura Atómica y Enlace Químico"*, Reverté, 1999, pp 275.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., *"Inorganic Chemistry"*, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 148.

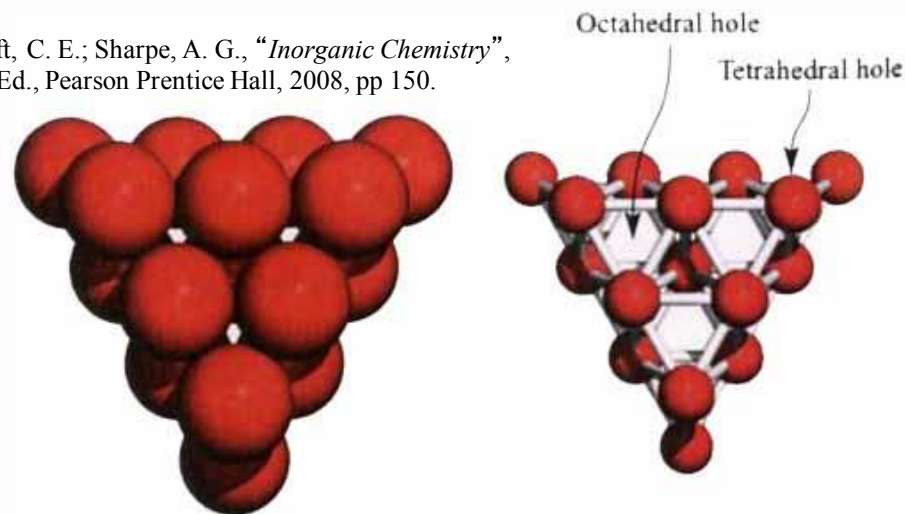
\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., *"Concepts and Models of Inorganic Chemistry"*, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 204.

\* Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M.; Armstrong, F., Traducción española de la 4ª Ed. *"Química Inorgánica"*, McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp 74.

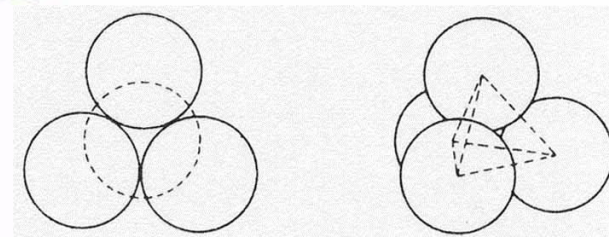
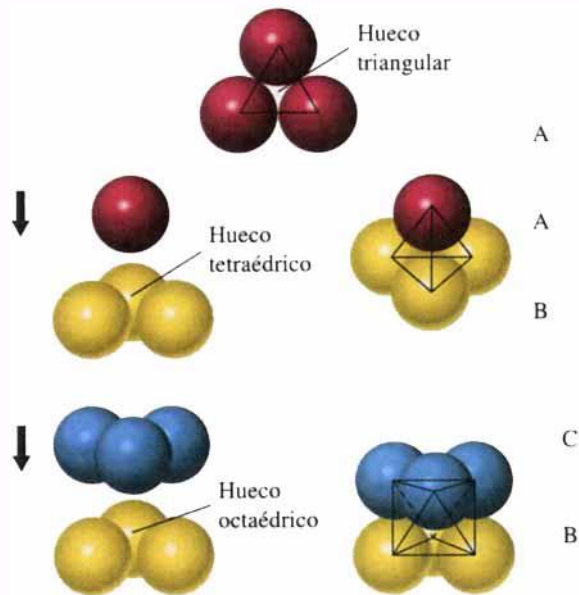


## Relación entre las estructuras cúbica y hexagonal compactas

Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., *"Inorganic Chemistry"*, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 150.

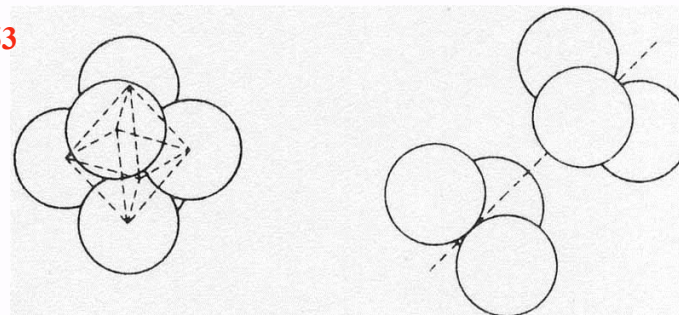


Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G., *"Química general"*, 8ª Ed., Prentice Hall, 2003, reimpression 2006, pp 510.



Moeller, T., *"Inorganic Chemistry. A Modern Introduction"*, John Wiley & Sons, 1994. Traducción española: *"Química Inorgánica"*, Reverté, 1994, pp 167.

**Fig - 53**



\* Casabó i Gispert, J., *"Estructura Atómica y Enlace Químico"*, Reverté, 1999, pp 275.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., *"Inorganic Chemistry"*, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 148.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., *"Concepts and Models of Inorganic Chemistry"*, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 204.

\* Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M.; Armstrong, F., Traducción española de la 4ª Ed. *"Química Inorgánica"*, McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp 74.

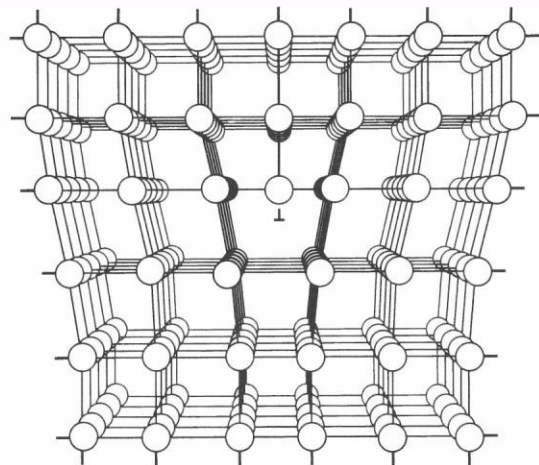
## Defectos Reticulares

Cristales reales, *Defectos Reticulares*

1 mol de átomos

$10^3$ – $10^6$  defectos

- \* Defectos Puntuales: Defectos distribuidos aleatoriamente en el cristal.
- \* Defectos Lineales: Defectos que afectan a puntos situados en una determinada dirección.
- \* Defectos Planos: Defectos que afectan a puntos situados en un mismo plano.



### Dislocaciones de arista

Rodgers, G. E. Traducción española: “*Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva*”, McGraw-Hill, 1995, pp 217.

\* Casabó i Gispert, J., “*Estructura Atómica y Enlace Químico*”, Reverté, 1999, pp 368.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., “*Inorganic Chemistry*”, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 177.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., “*Concepts and Models of Inorganic Chemistry*”, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 264.

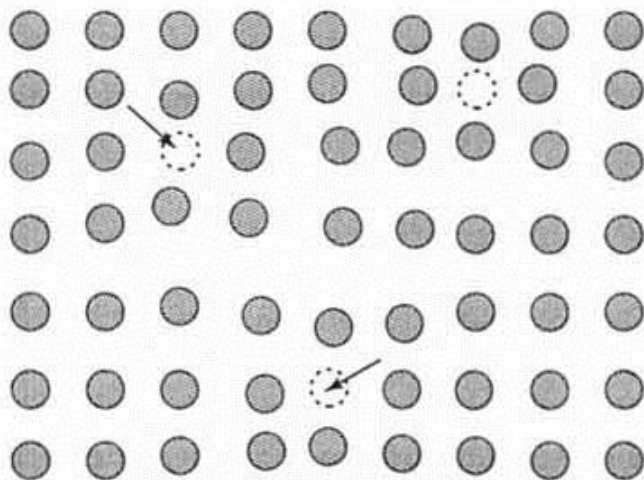
\* Rodgers, G. E. Traducción española: “*Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva*”, McGraw-Hill, 1995, pp 216.

Defectos Reticulares

Defectos Puntuales

Formación de Vacantes

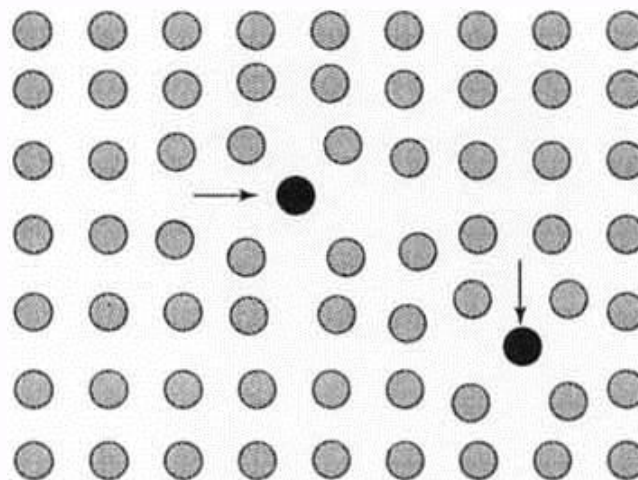
Fig - 54



Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 369.

Defectos Intersticiales

Fig - 55



Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 369.

\* Casabó i Gispert, J, "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 368.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 177.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., "Concepts and Models of Inorganic Chemistry", 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 264.

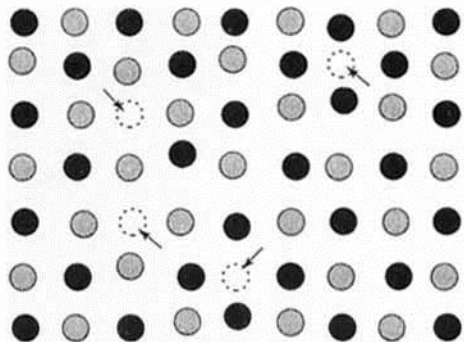
\* Rodgers, G. E. Traducción española: "Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva", McGraw-Hill, 1995, pp 216.

**Defectos Reticulares**

**Defectos Puntuales**

**Defectos Schottky**

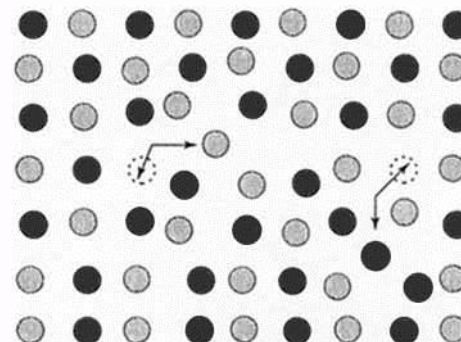
**Fig - 56**



Casabó i Gispert, J, “Estructura Atómica y Enlace Químico”, Reverté, 1999, pp 370.

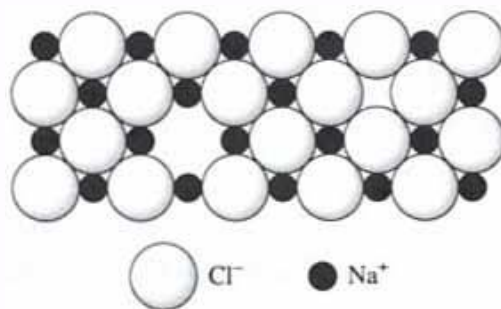
**Defectos Frenkel**

**Fig - 57**



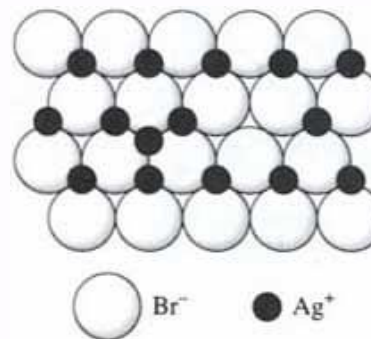
Casabó i Gispert, J, “Estructura Atómica y Enlace Químico”, Reverté, 1999, pp 371.

Electroneutralidad  
Vacante catiónica  
Vacante aniónica



Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., “Concepts and Models of Inorganic Chemistry”, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 265.

Electroneutralidad  
Intersticial catiónica  
Vacante catiónica



\* Casabó i Gispert, J, “Estructura Atómica y Enlace Químico”, Reverté, 1999, pp 368.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., “Inorganic Chemistry”, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 177.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., “Concepts and Models of Inorganic Chemistry”, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 264.

\* Rodgers, G. E. Traducción española: “Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva”, McGraw-Hill, 1995, pp 216.

## Defectos Reticulares      Sólidos Electrolitos

$\alpha$ -AgI      Empaquetamiento Cúbico Centrado de aniones I<sup>-</sup>

Celda unidad tiene 6 huecos octaédricos (centros de caras) y 12 huecos tetraédricos (aristas).  
Los cationes Ag<sup>+</sup> son pequeños y disponen de muchos huecos que ocupan *al azar*, disponen de gran movilidad, *conductividad*.

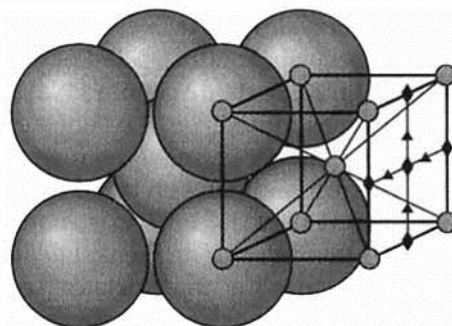


Fig - 58

Casabó i Gispert, J, “Estructura Atómica y Enlace Químico”,  
Reverté, 1999, pp 372.

\* Casabó i Gispert, J, “Estructura Atómica y Enlace Químico”, Reverté, 1999, pp 368.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., “Inorganic Chemistry”, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 177.

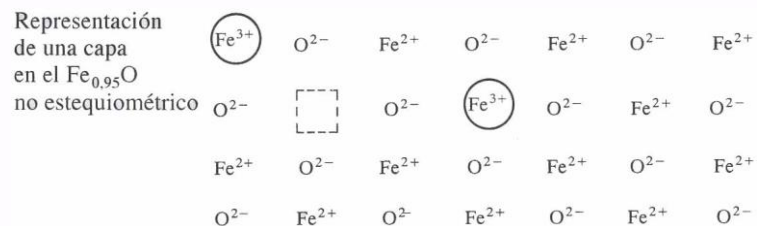
\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., “Concepts and Models of Inorganic Chemistry”, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 264.

\* Rodgers, G. E. Traducción española: “Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva”, McGraw-Hill, 1995, pp 216.

Defectos Reticulares      Compuestos no estequiométricos

FeO red tipo NaCl. Ocupadas el 95% de las posiciones Octaédricas ( $\text{Fe}_{0,95}\text{O}$ )

Rodgers, G. E. Traducción española: “*Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva*”, McGraw-Hill, 1995, pp 217.



NiO	preparado a 1100 K	$\text{Ni}_{1,0}\text{O}_{1,0}$	verde pálido	aislante
	preparado a 1500 K	$\text{Ni}_{0,97}\text{O}_{1,0}$	negro	semiconductor

ZnO pierde oxígeno por calentamiento dando  $\text{Zn}_{1+\delta}\text{O}$

NaCl reacciona con sodio metal dando  $\text{Na}_{1+\delta}\text{Cl}$

\* Casabó i Gispert, J. “*Estructura Atómica y Enlace Químico*”, Reverté, 1999, pp 368.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., “*Inorganic Chemistry*”, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 177.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., “*Concepts and Models of Inorganic Chemistry*”, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 264.

\* Rodgers, G. E. Traducción española: “*Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva*”, McGraw-Hill, 1995, pp 216.

Defectos Reticulares      Compuestos no estequiométricos

*Chemical & Engineering (Agosto 2004)*



SrTiO<sub>3</sub>



Provocando un leve defecto de oxígeno

\* Casabó i Gispert, J., "Estructura Atómica y Enlace Químico", Reverté, 1999, pp 368.

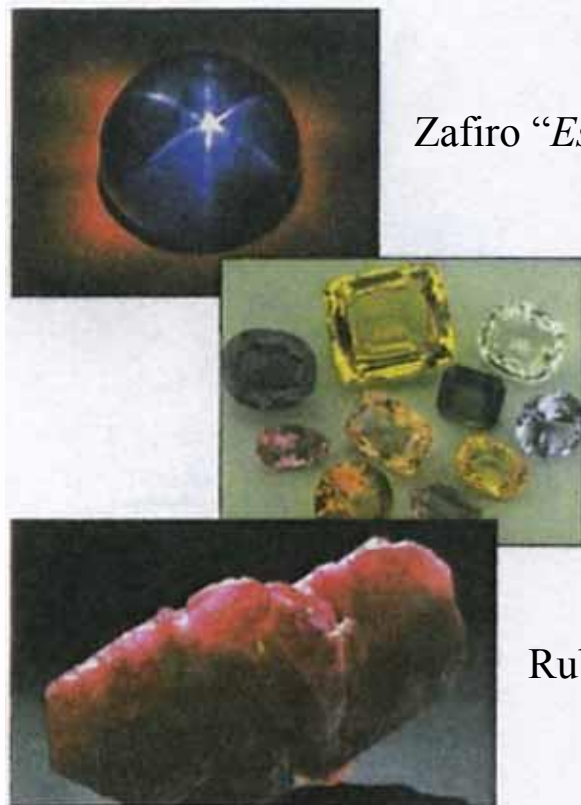
\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., "Inorganic Chemistry", 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 177.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., "Concepts and Models of Inorganic Chemistry", 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 264.

\* Rodgers, G. E. Traducción española: "Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva", McGraw-Hill, 1995, pp 216.

## Defectos Reticulares

Zafiros: “ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ” con algunos  $\text{Al}^{3+}$  reemplazados por  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , o  $\text{Ti}^{4+}$ .



Zafiro “*Estrella de Asia*”

Varios Zarifos

Rubí sin cortar

Kotz, J. C.; Treichel, P. M., “*Química y Reactividad Química*”, 5ª Ed., Thomson Paraninfo, 2003, pp 900.

Rubí  
“ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ” con trazas de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$



Kotz, J. C.; Treichel, P. M., “*Química y Reactividad Química*”, 5ª Ed., Thomson Paraninfo, 2003, pp 67.

\* Casabó i Gispert, J., “*Estructura Atómica y Enlace Químico*”, Reverté, 1999, pp 368.

\* Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G., “*Inorganic Chemistry*”, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall, 2008, pp 177.

\* Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J., “*Concepts and Models of Inorganic Chemistry*”, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1994, pp 264.

\* Rodgers, G. E. Traducción española: “*Química Inorgánica, Introducción a la Química de Coordinación, del Estado Sólido y Descriptiva*”, McGraw-Hill, 1995, pp 216.