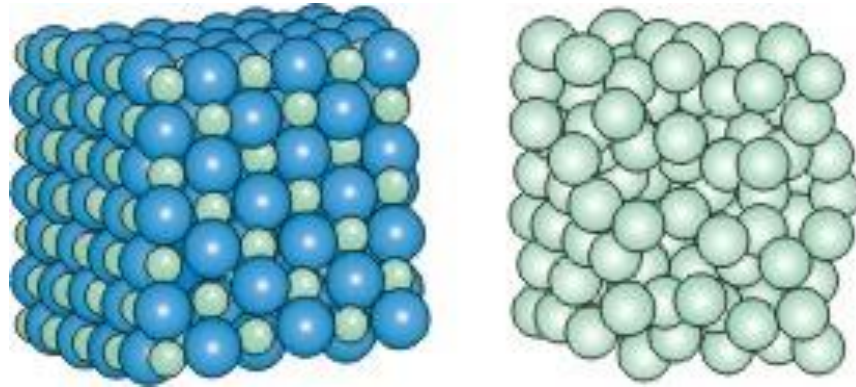


# Enlace metálico

Química Inorgánica I

# ¿Cómo se encuentran los átomos en un sólido?

- Es un conjunto de átomos cercanos los cuáles forman una red, la cuál puede ser ordenada o desordenada.



# Materiales



Cualquier sólido con alguna utilidad

- Metales

Átomos que se mantienen juntos con los electrones deslocalizados.  
(Materiales puros o aleaciones)

- Polímeros

Moléculas grandes formadas por enlaces covalentes que generalmente forman cadenas.

- Cerámicos

Átomos que se mantienen juntos formando una red, la cuál no tiene características de compuesto orgánico ni de metal.

- Compositos

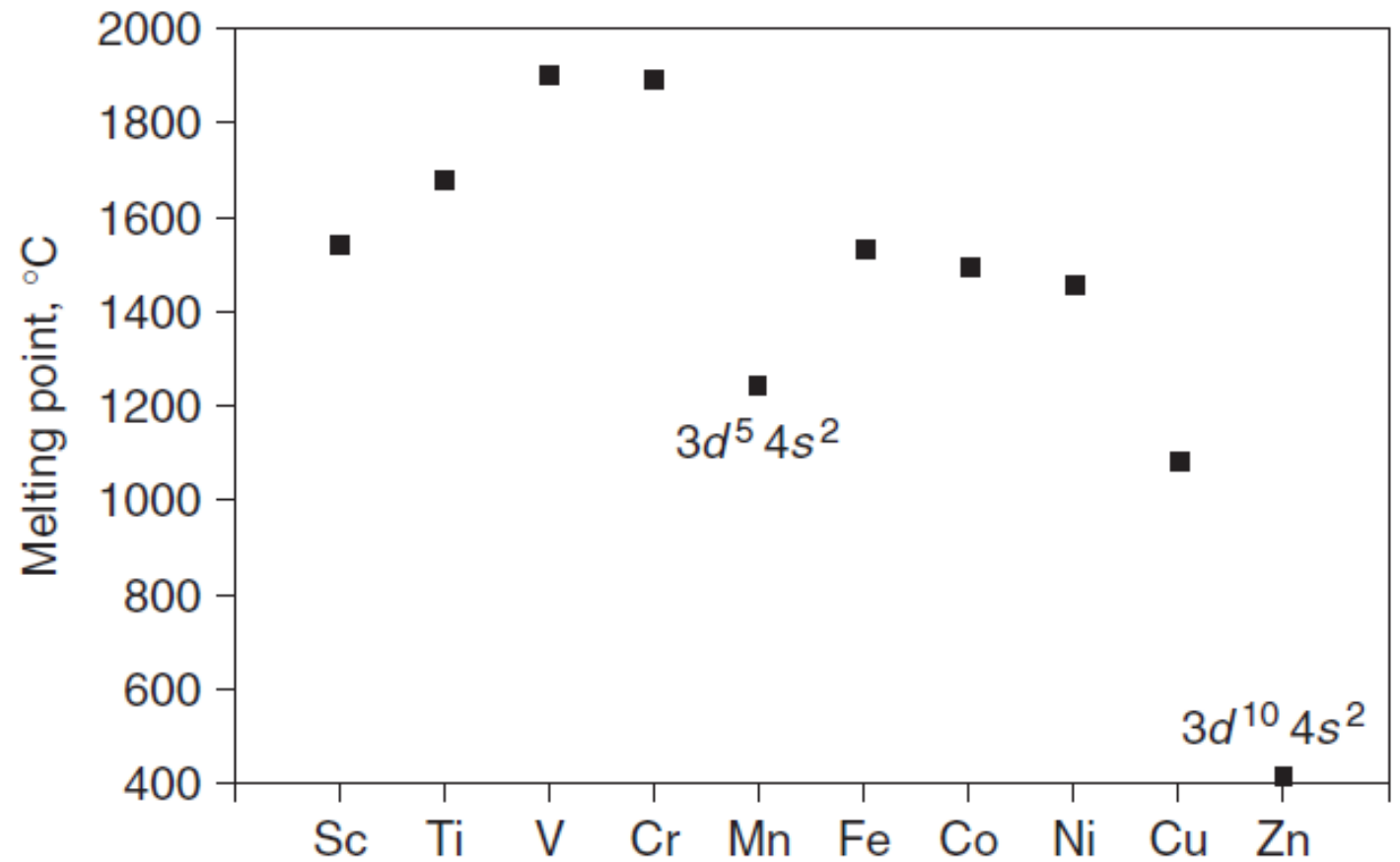
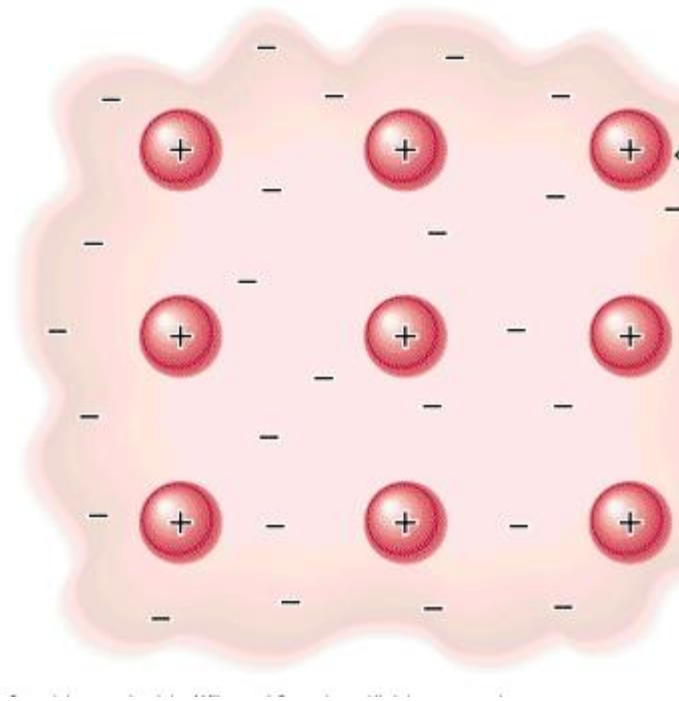
Sólidos compuestos por una combinación de dos o mas materiales o fases.

# Materiales

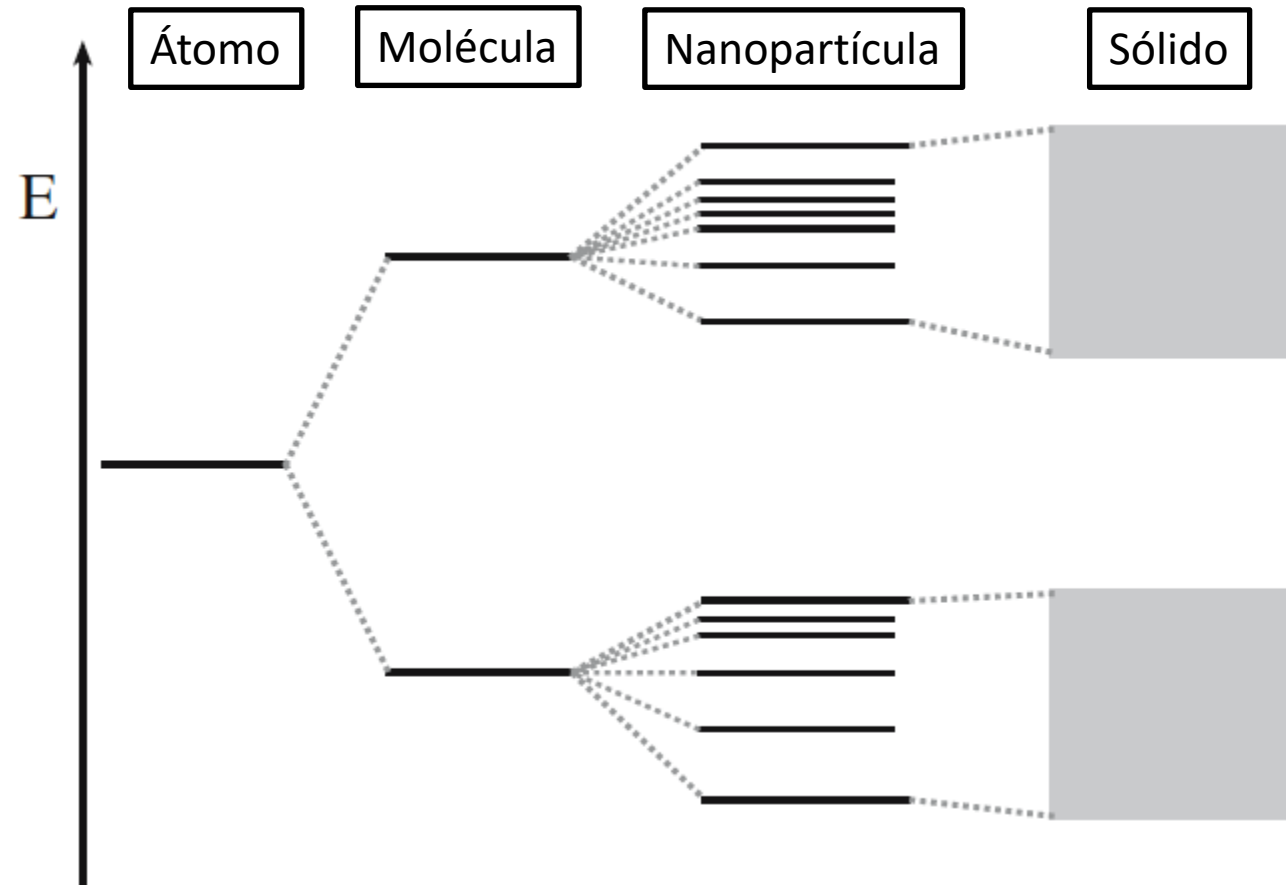
- Conductores
- Semiconductores
- Aislantes

**ENLACE METÁLICO**

# Enlace metálico

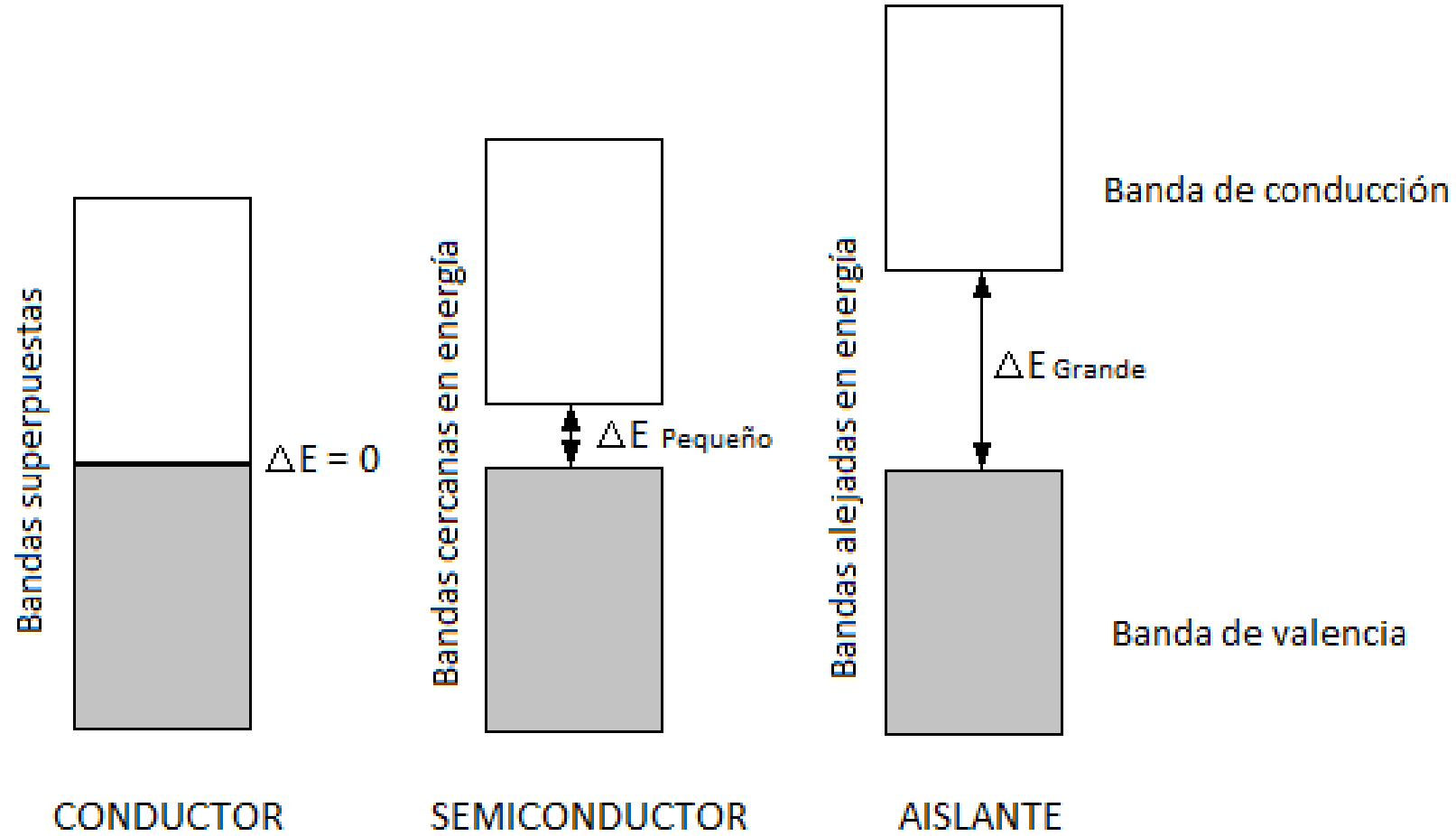


# Orbitales moleculares



Nota: Al combinar dos átomos se generan dos posibles estados energéticos donde se pueden acomodar los electrones; una de menor energía (estable) y otra de mayor energía (estados excitados).

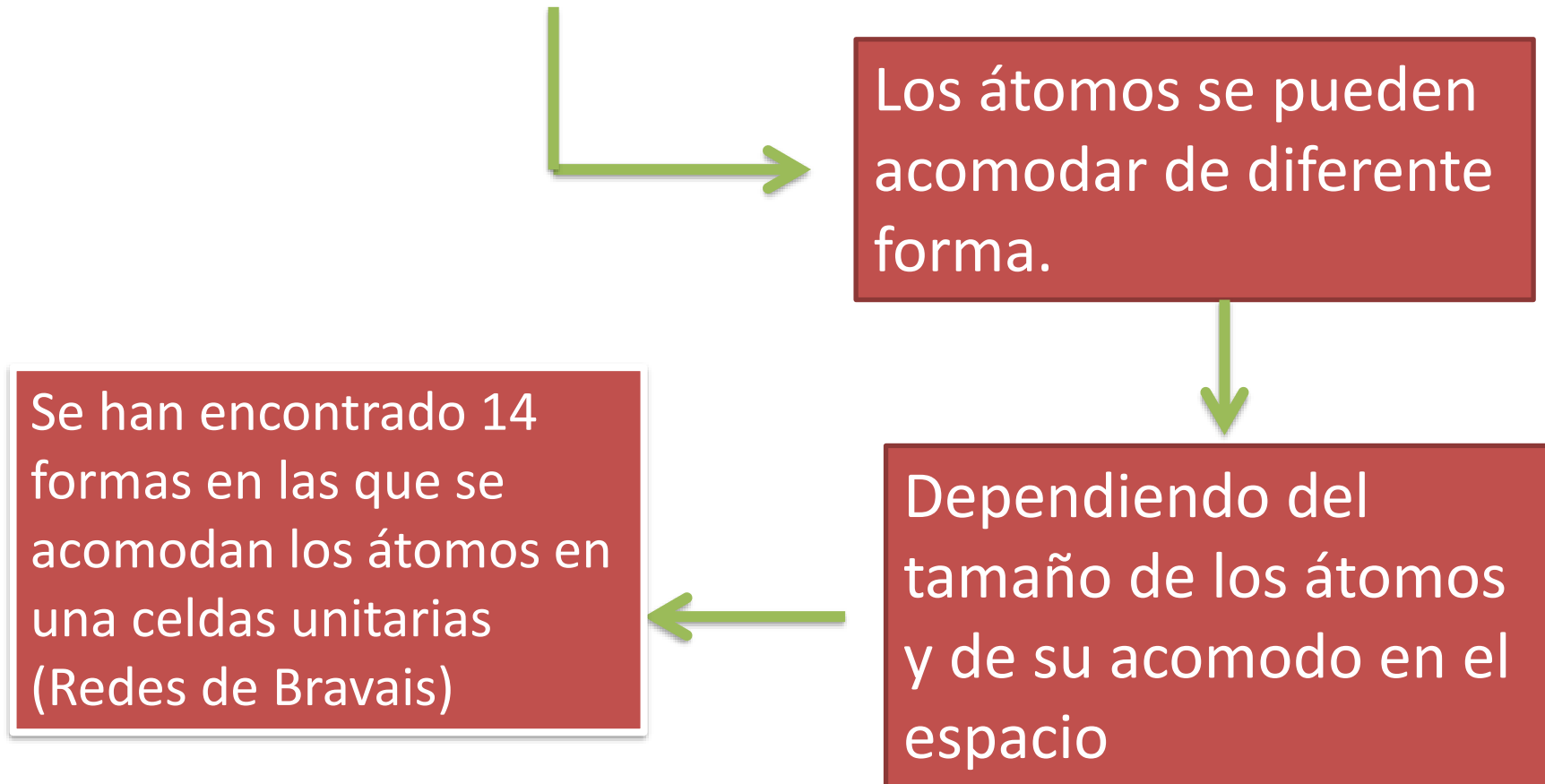
# Teoría de bandas





# Cristales metálicos

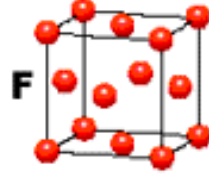
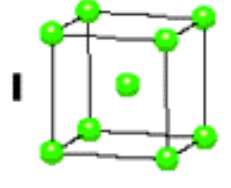
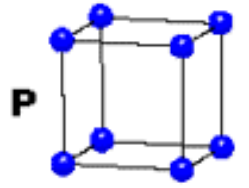
- Los cristales metálicos están compuestos por la repetición de un elemento en una red el cuál está unido por enlaces metálicos.



# Redes de Bravais

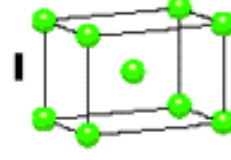
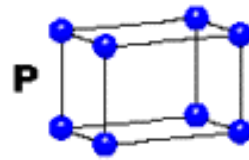
## CÚBICO

$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



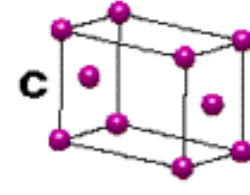
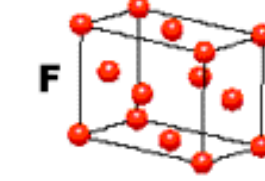
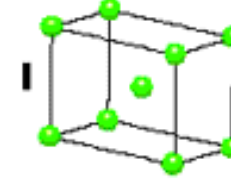
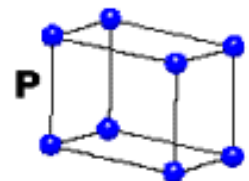
## TETRAGONAL

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



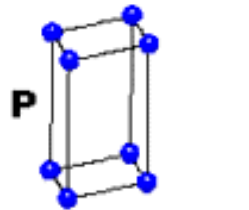
## ORTORÓMBICO

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



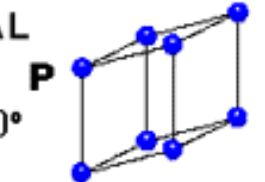
## HEXAGONAL

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = 90^\circ$$
$$\gamma = 120^\circ$$



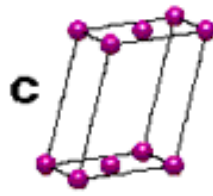
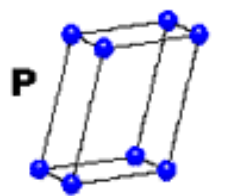
## TRIGONAL

$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$



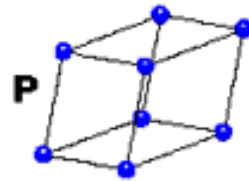
## MONOCLÍNICO

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \gamma = 90^\circ$$
$$\beta \neq 120^\circ$$



## TRICLÍNICO

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



Tipos de celdas:

P = Primitiva

I = Centrada en interior

F = Centrada en todas las caras

C = Centrada en dos caras

14 redes de Bravais

# ¿Qué es una celda unitaria?

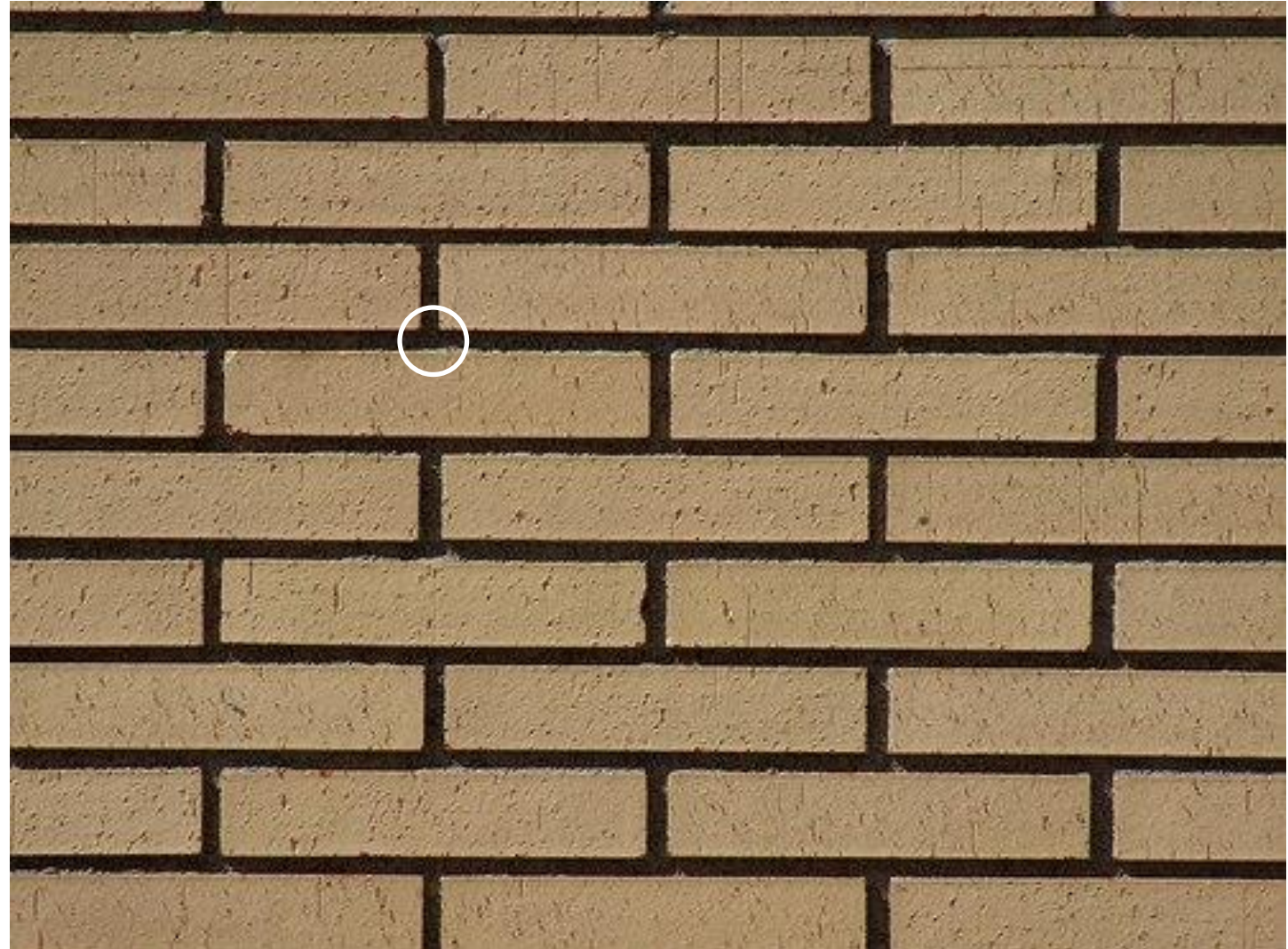
Es el patrón más sencillo encontrado en una red tridimensional que se repite de forma indefinida en un cristal.





# ¿Qué es una celda unitaria?

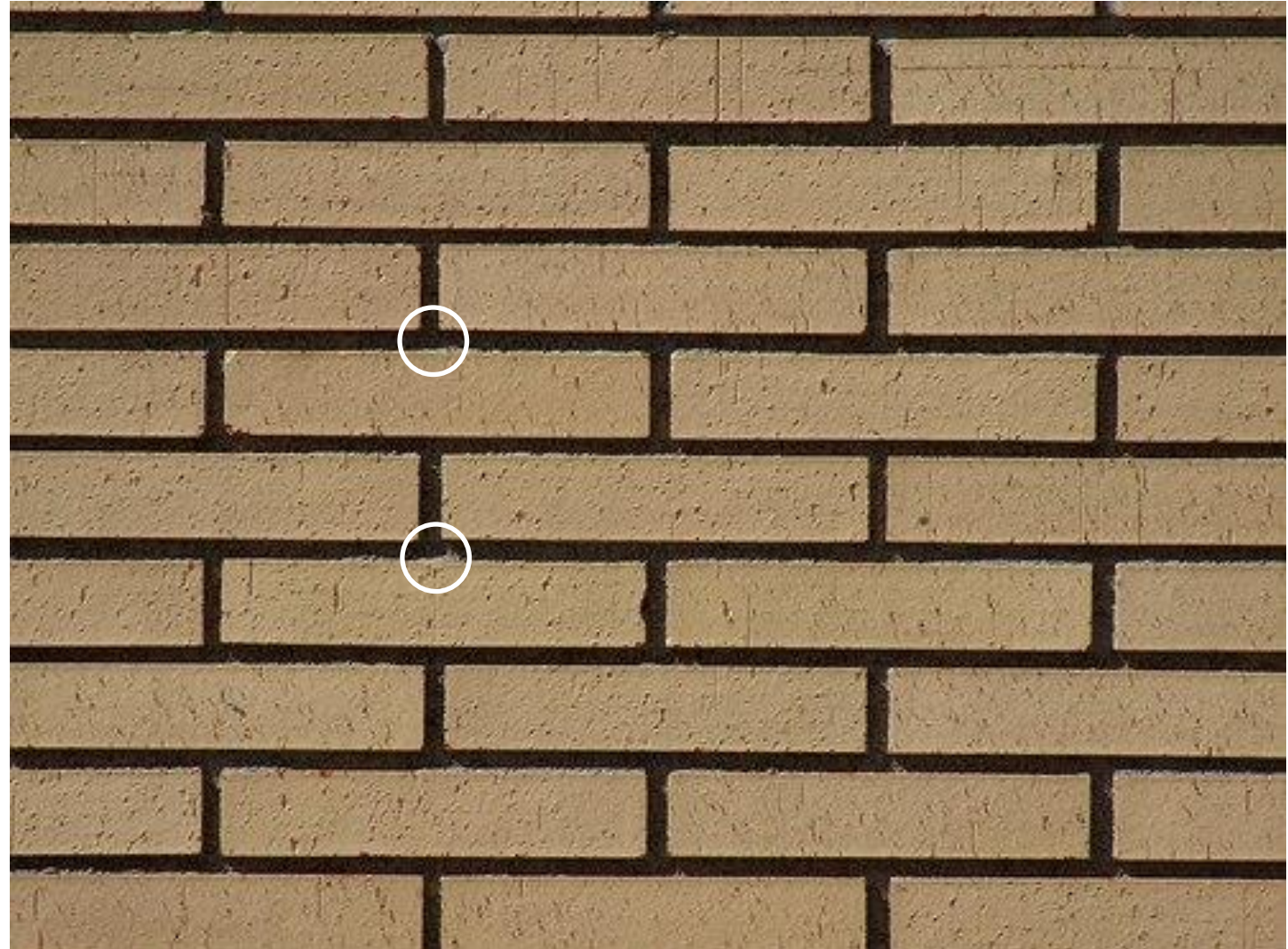
Es el patrón más sencillo encontrado en una red tridimensional que se repite de forma indefinida en un cristal.





# ¿Qué es una celda unitaria?

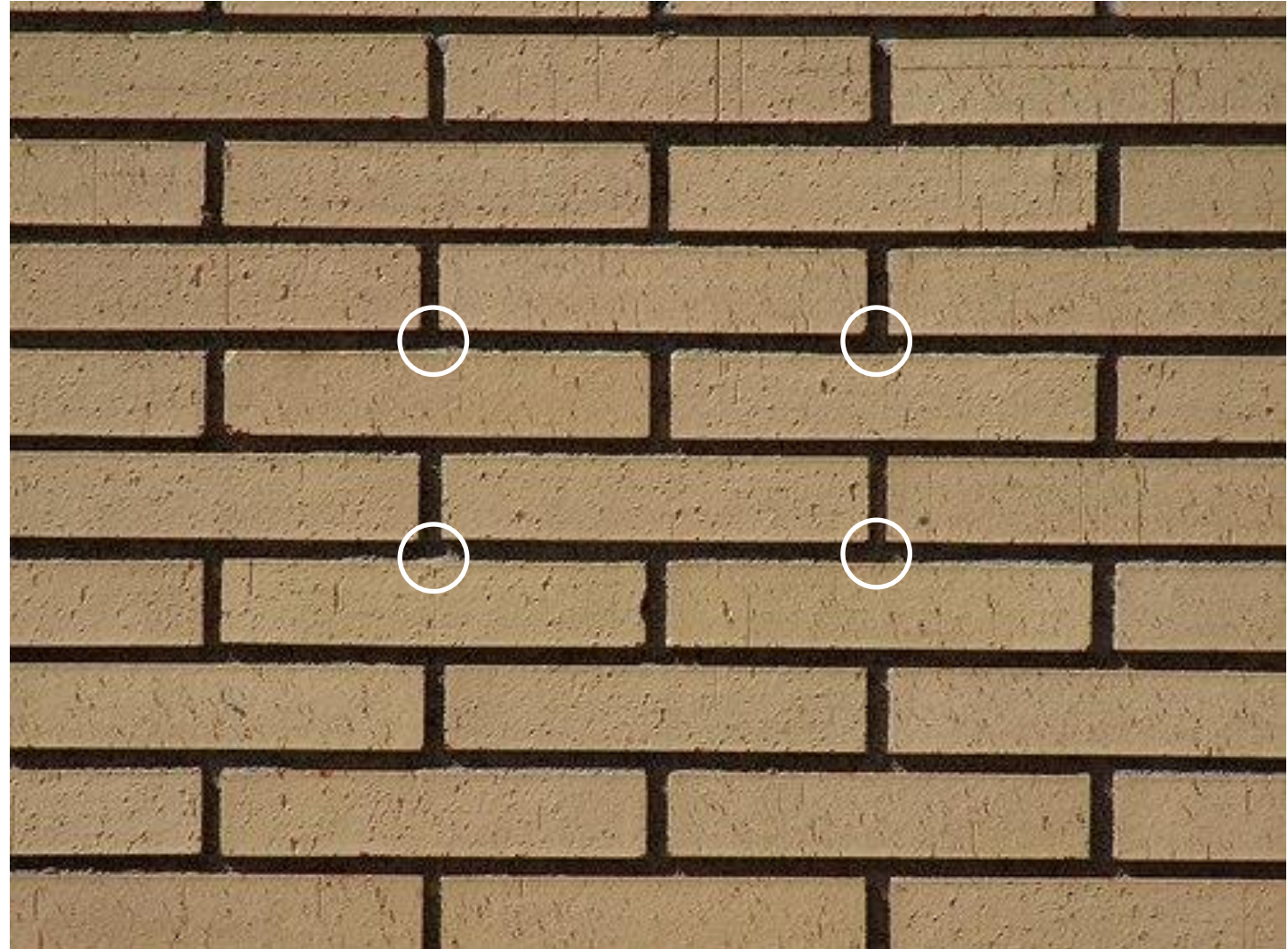
Es el patrón más sencillo encontrado en una red tridimensional que se repite de forma indefinida en un cristal.





# ¿Qué es una celda unitaria?

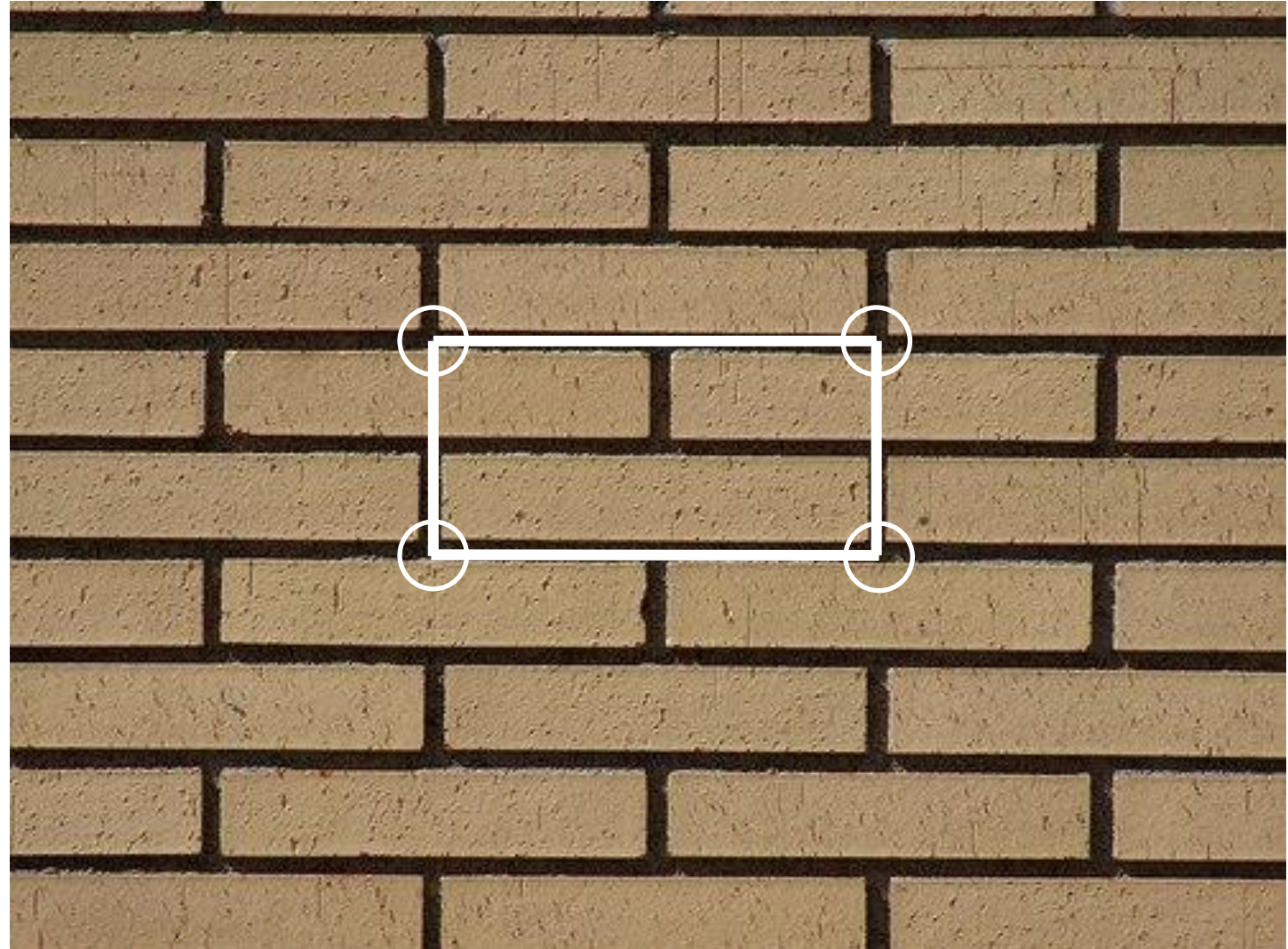
Es el patrón más sencillo encontrado en una red tridimensional que se repite de forma indefinida en un cristal.





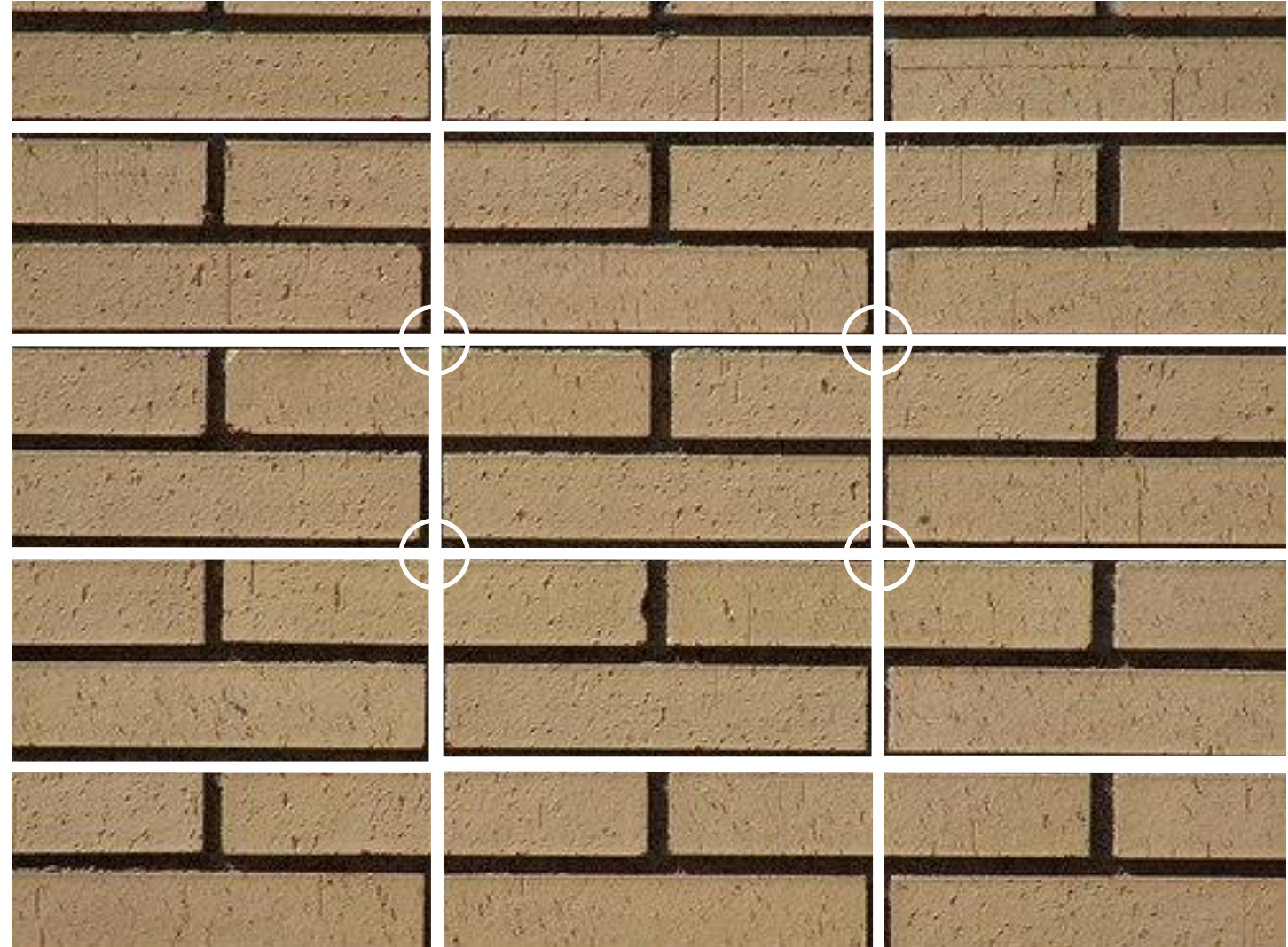
# ¿Qué es una celda unitaria?

Es el patrón más sencillo encontrado en una red tridimensional que se repite de forma indefinida en un cristal.



# ¿Qué es una celda unitaria?

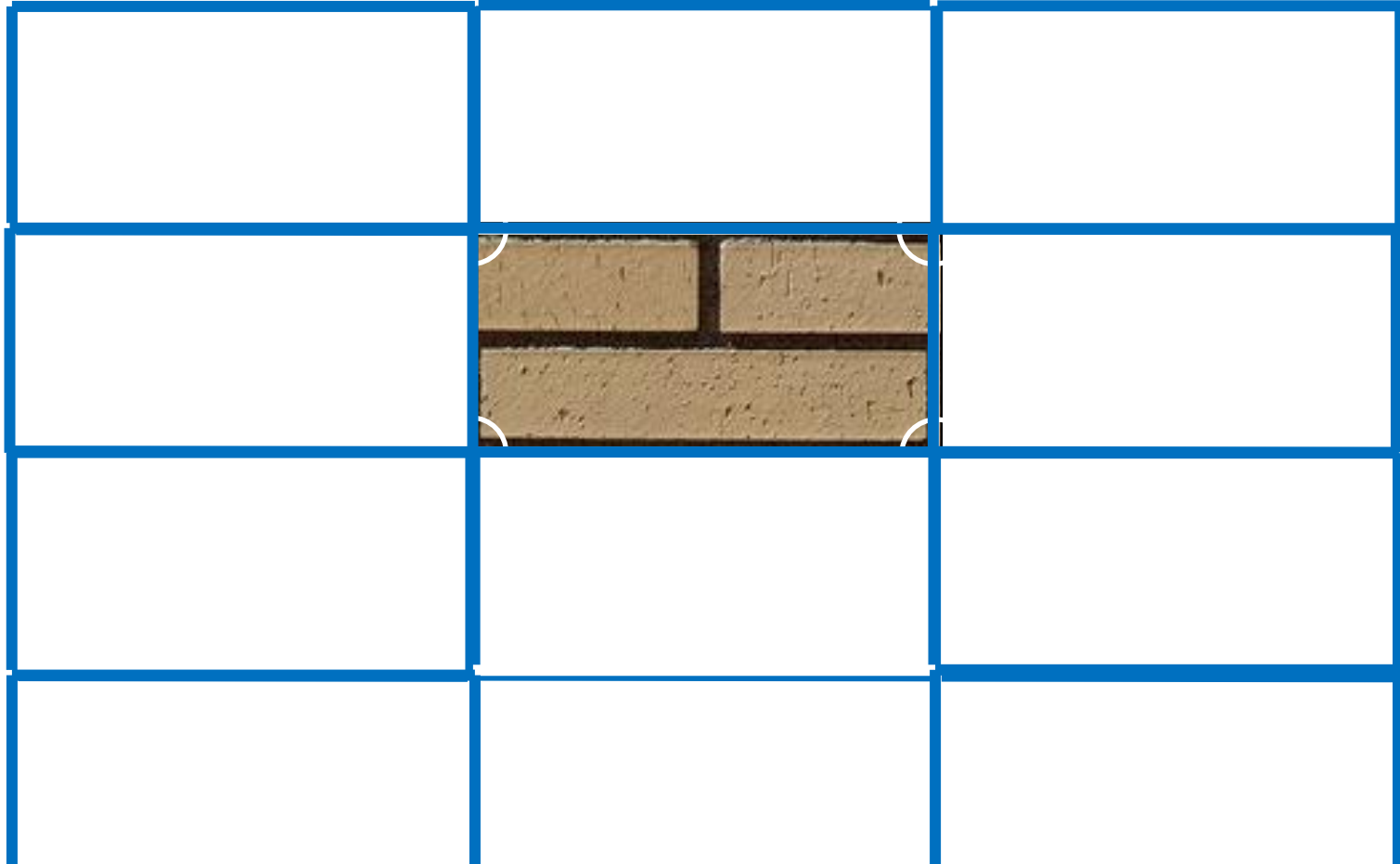
Es el patrón más sencillo encontrado en una red tridimensional que se repite de forma indefinida en un cristal.





# ¿Qué es una celda unitaria?

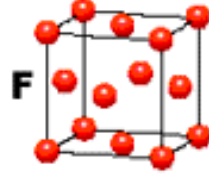
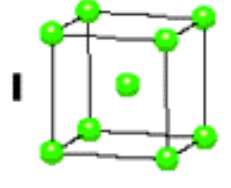
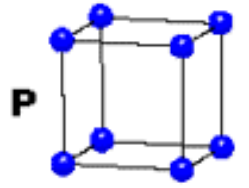
Es el patrón más sencillo encontrado en una red tridimensional que se repite de forma indefinida en un cristal.



# Redes de Bravais

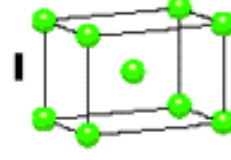
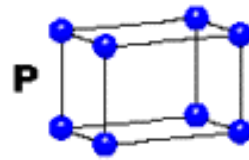
## CÚBICO

$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



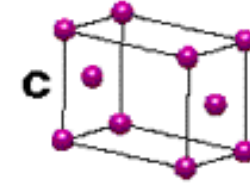
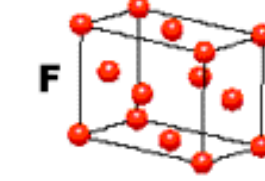
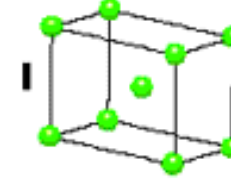
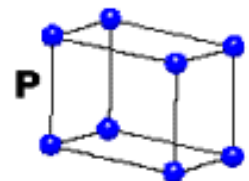
## TETRAGONAL

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



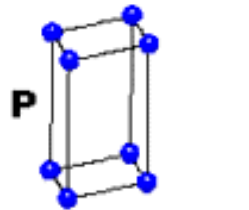
## ORTORÓMBICO

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



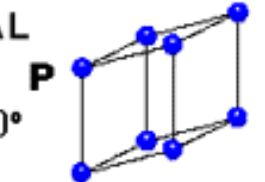
## HEXAGONAL

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = 90^\circ$$
$$\gamma = 120^\circ$$



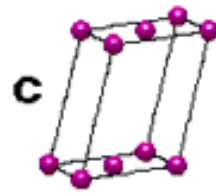
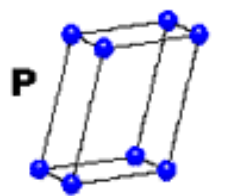
## TRIGONAL

$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$



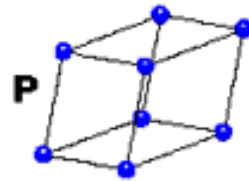
## MONOCLÍNICO

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \gamma = 90^\circ$$
$$\beta \neq 120^\circ$$



## TRICLÍNICO

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



Tipos de celdas:

P = Primitiva

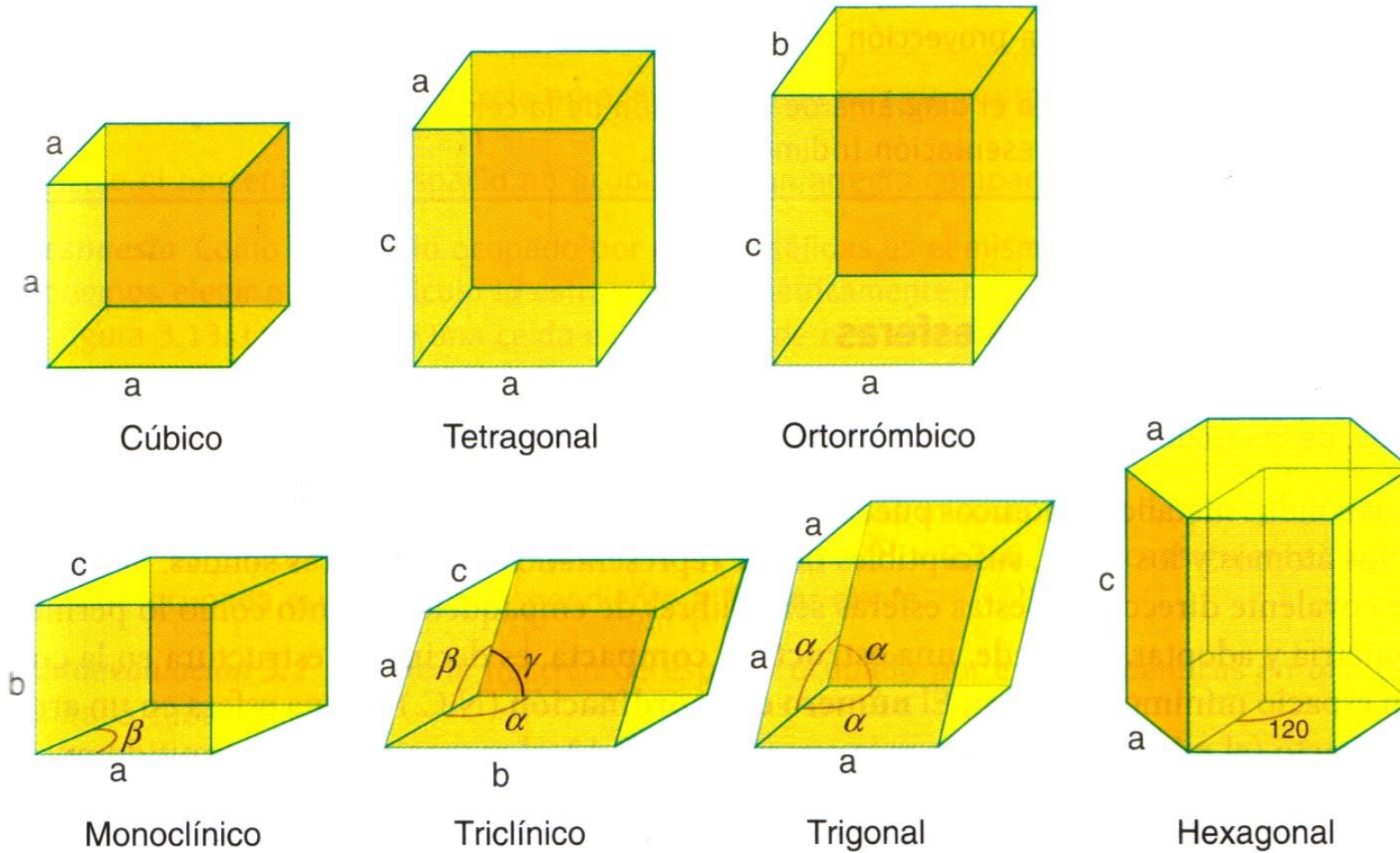
I = Centrada en interior

F = Centrada en todas las caras

C = Centrada en dos caras

14 redes de Bravais

# Los 7 Sistemas Cristalinos



**Figura 3.2** Los siete sistemas cristalinos.

# Los 7 Sistemas Cristalinos

**Tabla 3.1** Los siete sistemas cristalinos

Sistema	Relaciones entre parámetros de red	Celda unitaria definida por	Simetrías esenciales
Triclínico	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	$a$ $b$ $c$ $\alpha\beta\gamma$	Ninguna
Monoclínico	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \gamma \neq 90^\circ$ $\beta = 90^\circ$	$a$ $b$ $c$ $\beta$	Un eje de rotación doble o un plano especular
Ortorrómbico	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a$ $b$ $c$	Tres ejes dobles perpendiculares o tres planos especulares
Romboédrico	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$		Un eje de rotación triple
Tetragonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a$ $c$	Un eje de rotación cuádruple
Hexagonal	$a = b \neq c$ $\gamma = 120^\circ$	$a$ $c$	Un eje de rotación séxtuple
Cúbico	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a$	Cuatro ejes de rotación triples en disposición tetraédrica

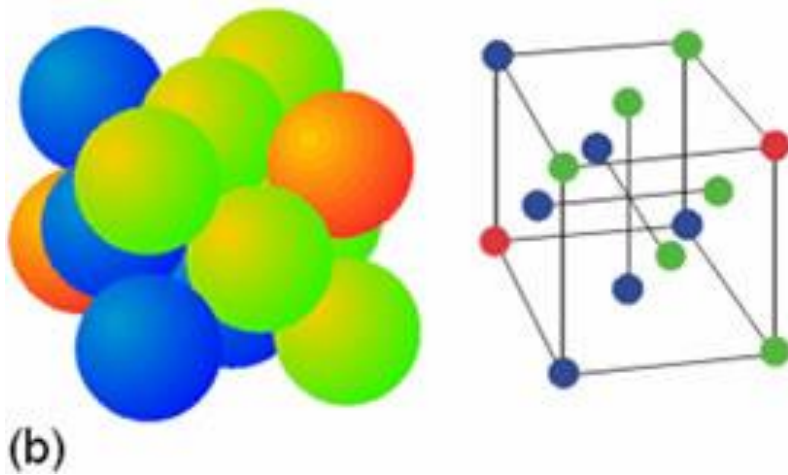
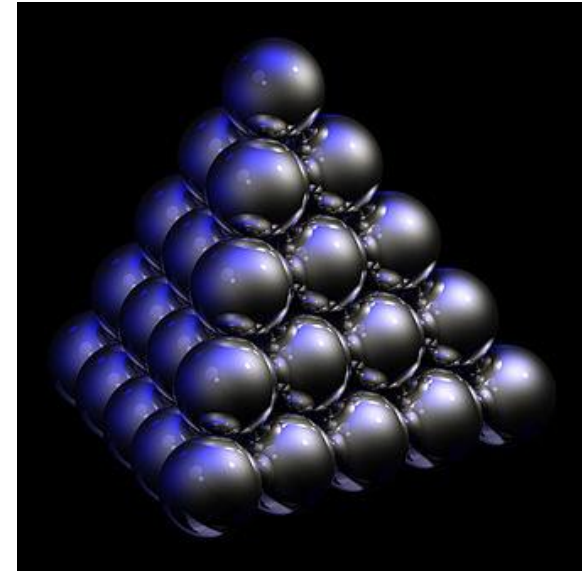
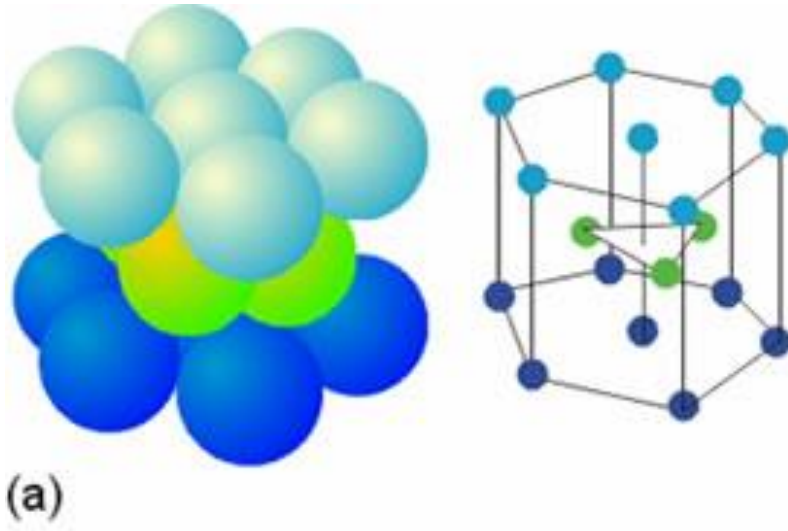
# Celdas representativas

- Primitiva (P)– Ej. Cúbico simple; [Hexagonal compacto]
- Centradas en el cuerpo (I) – Ej. Cúbico centrada en el cuerpo (bcc)
- Centrado en las caras (F) – Ej. Cúbico centrado en las caras (fcc)  
[Cúbico compacto]
- Centrado en dos caras (C) – Ej. Ortorrómbico centrado en dos caras

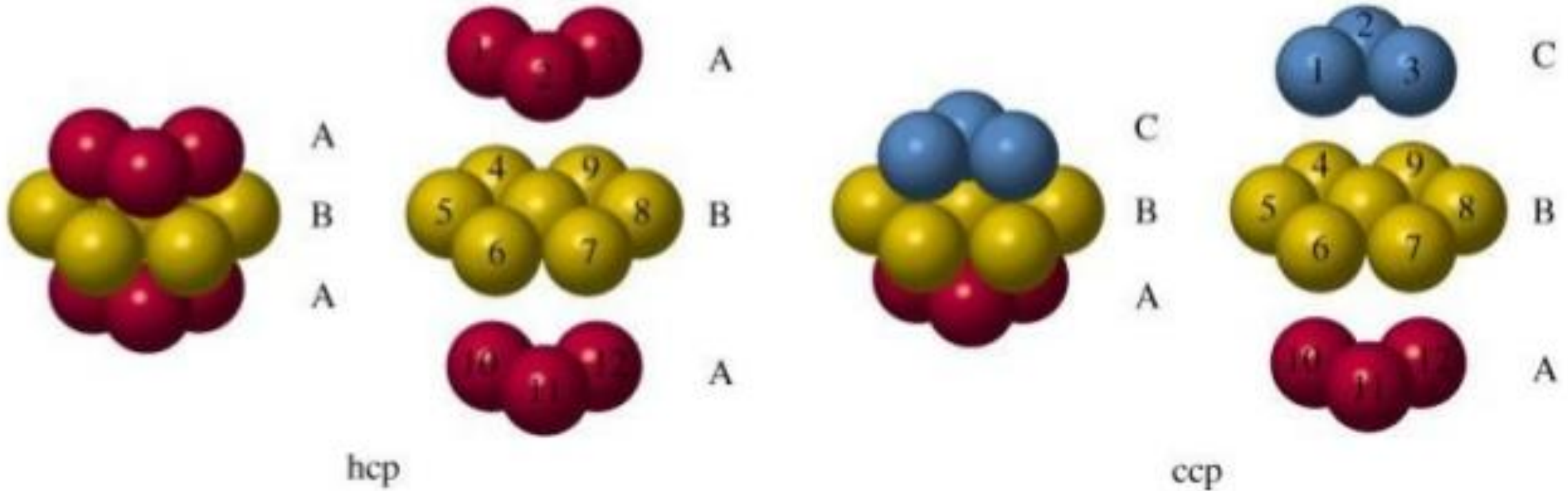
Z = número de átomos por celda unitaria



# Empaquetamiento compacto

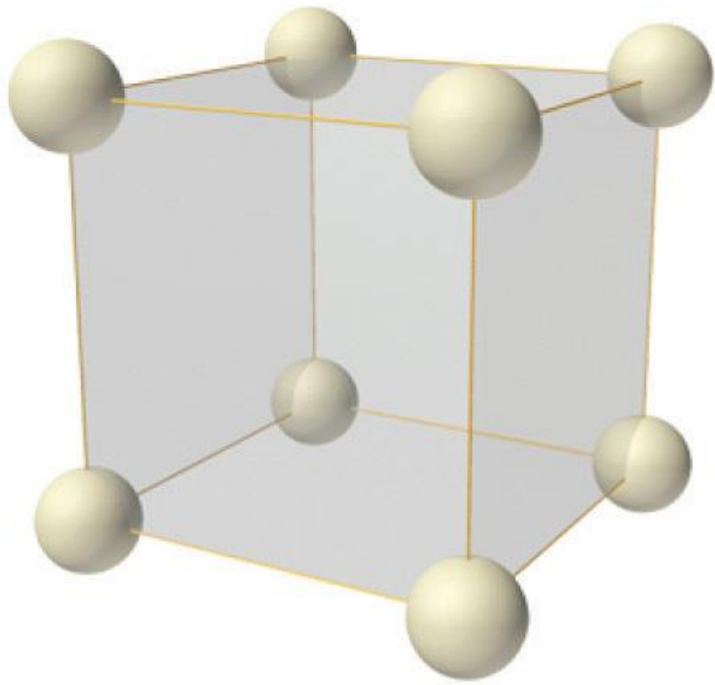


# Empaquetamiento

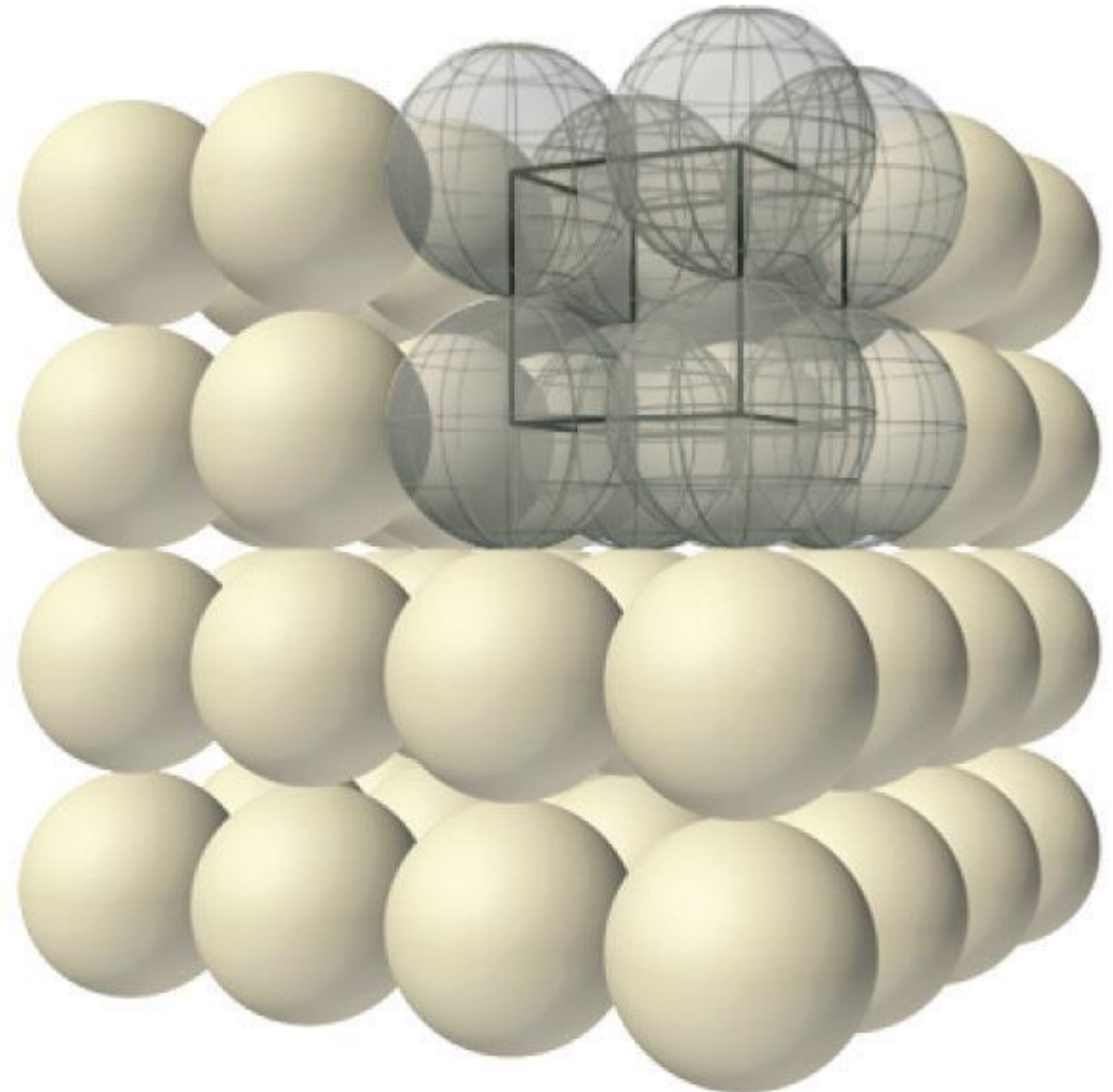


Hexagonal compacto

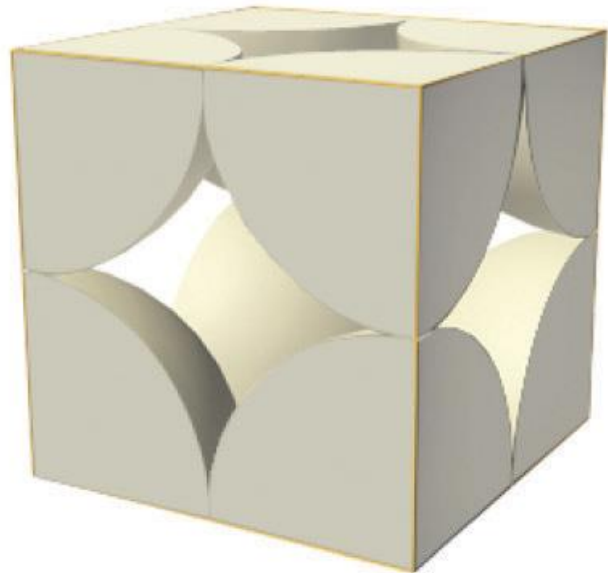
Cúbico compacto



Primitiva

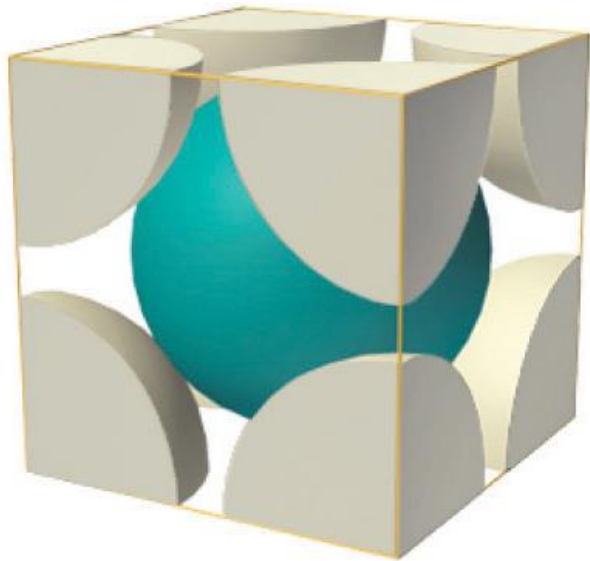
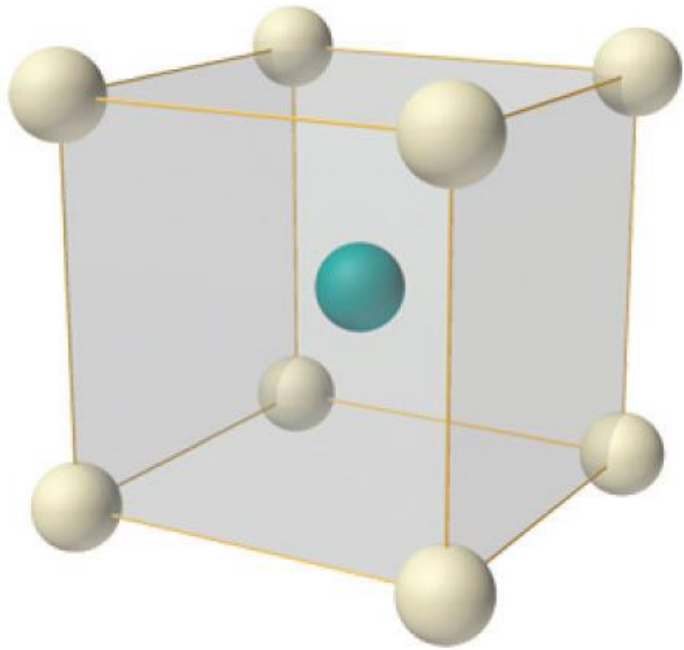


$Z = 1$

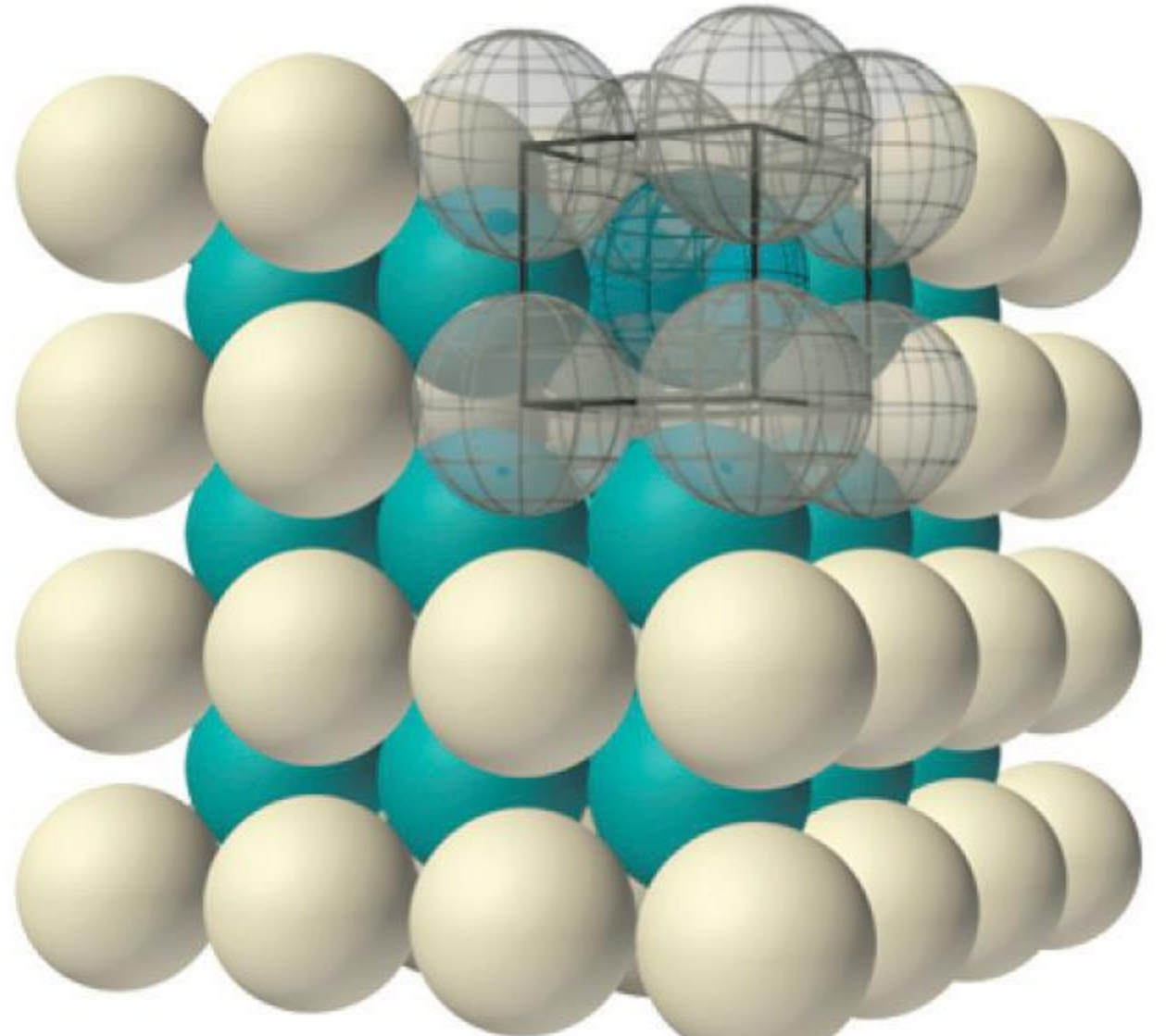


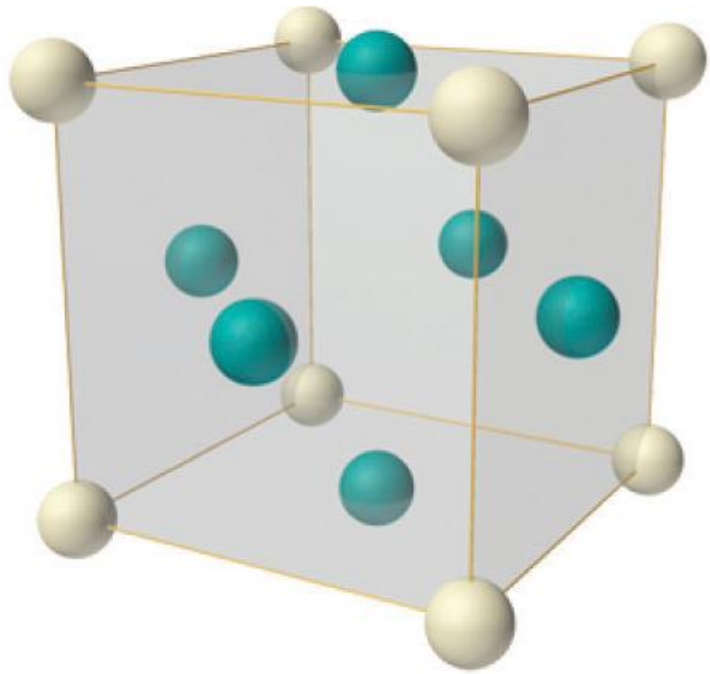


# Centrado en el cuerpo (bcc)

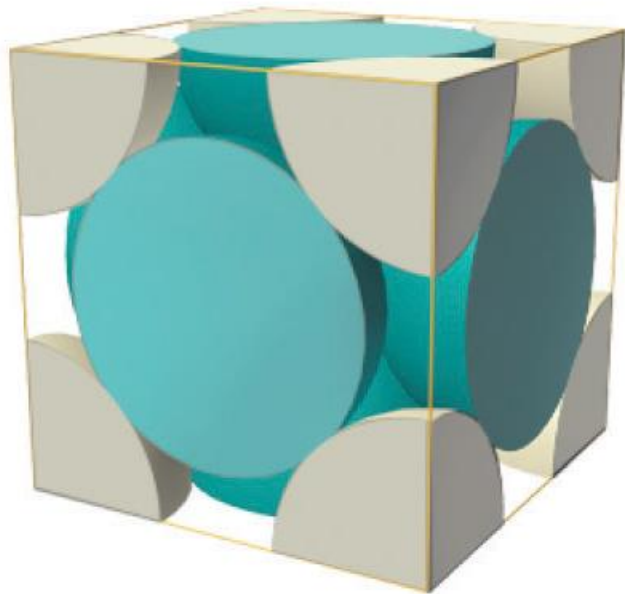


$$Z = 2$$

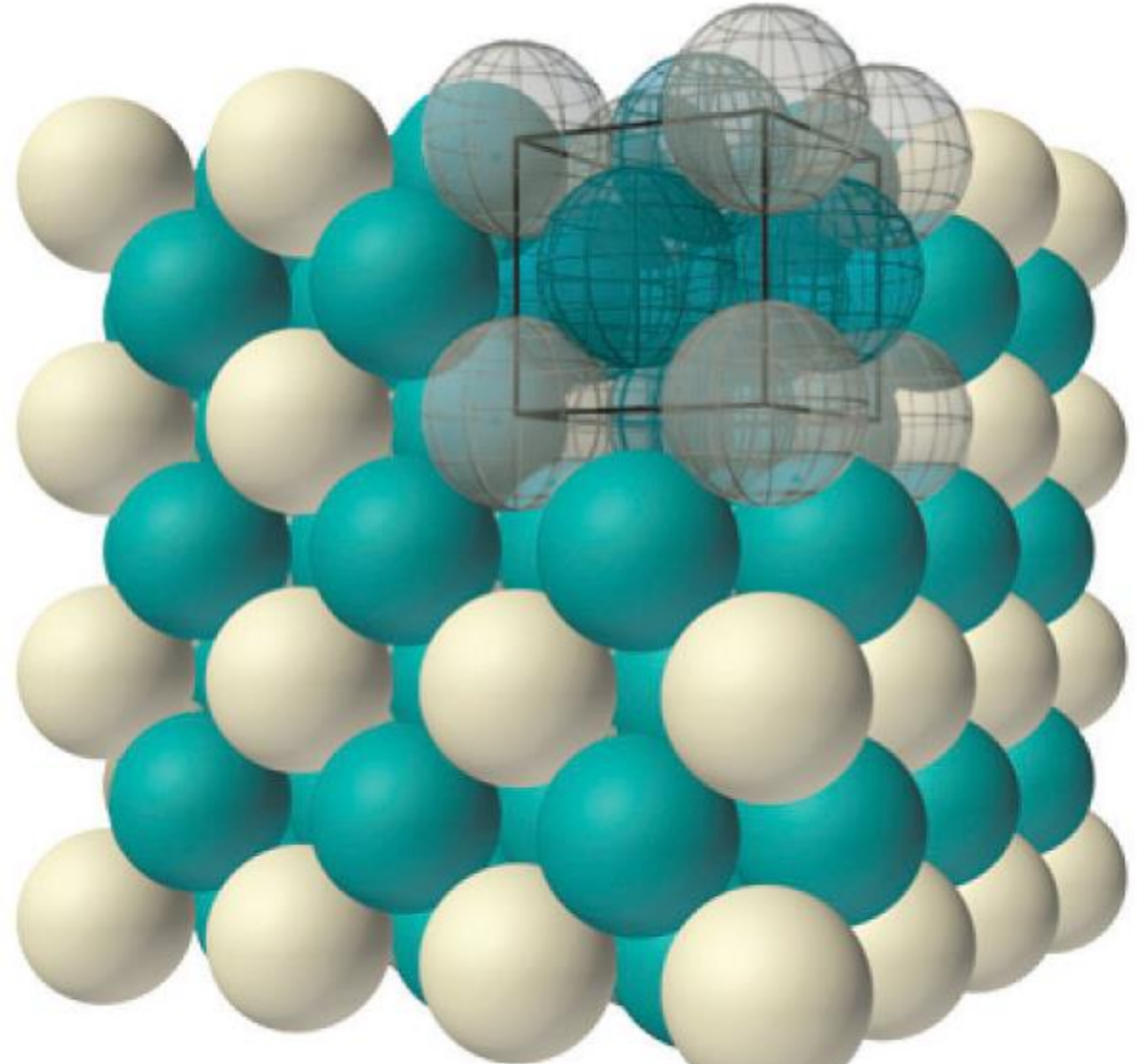




Cúbico compacto (fcc)  $Z = 4$



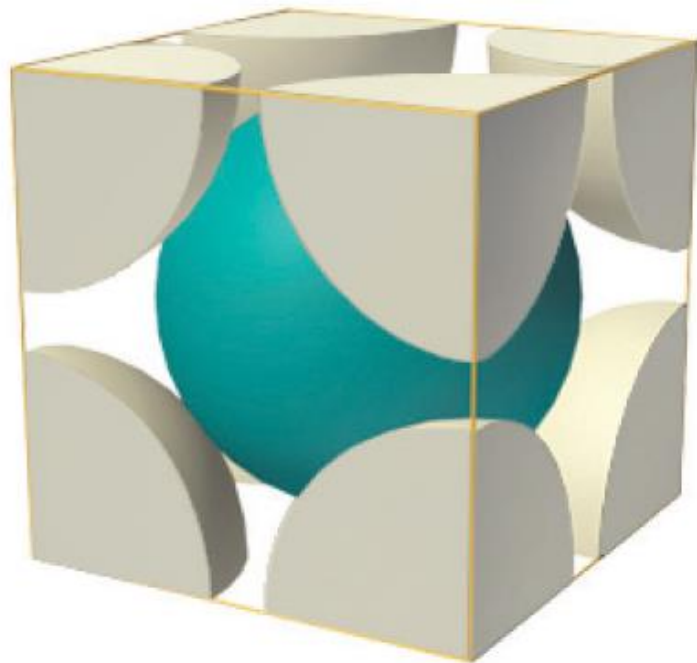
$Z = 4$



# Densidad

Se puede calcular la densidad de un material si se conoce la masa y el volumen de la celda unitaria

$$\rho = \frac{m}{V}$$



$$m = \frac{Z * PM}{N_A}$$

$V$  = acomodo  
cristalino

# Densidad

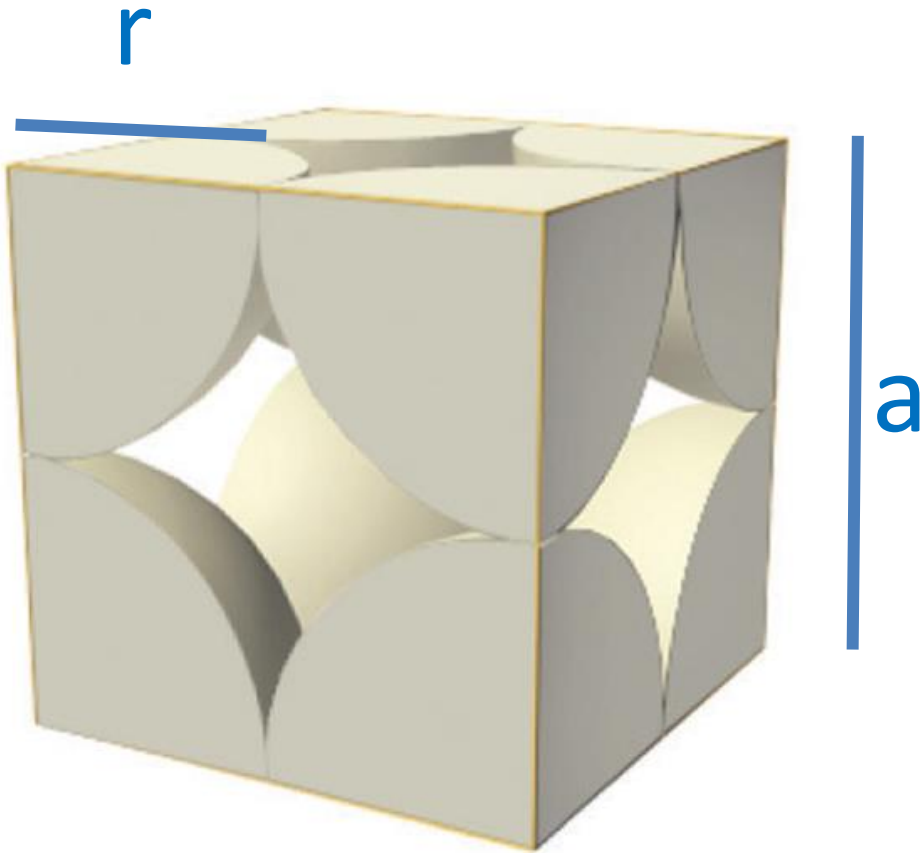
Ejercicio.

Demuestra que la densidad del polonio es de  $9.196 \text{ g/cm}^3$ . Y su forma estructural es cúbico simple.

Sabiendo que el radio metálico del polonio es de  $167.95 \text{ pm}$ .

Y su masa es de  $209.98 \text{ g/mol}$

# Densidad para el primitivo.



$$a = 2r$$

Si “r” es el radio atómico...

Volumen de la celda:

$$V = (2r)^3$$

# Densidad

Demuestra que la densidad del polonio es de  $9.196 \text{ g/cm}^3$ . Y su forma estructural es cúbico simple.

Sabiendo que el radio metálico del polonio es de  $167.95 \text{ pm}$ .

Y su masa es de  $209.98 \text{ g/mol}$

$$V = [2 * (1.68 \times 10^{-8} \text{ cm})]^3 = 3.792 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

$$m = \frac{Z * PM}{N_A} = \frac{1 * 209.98 \text{ g/mol}}{6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 3.487 \times 10^{-22}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{3.487 \times 10^{-22} \text{ g}}{3.793 \times 10^{-23} \text{ cm}^3} = 9.195 \text{ g / cm}^3$$

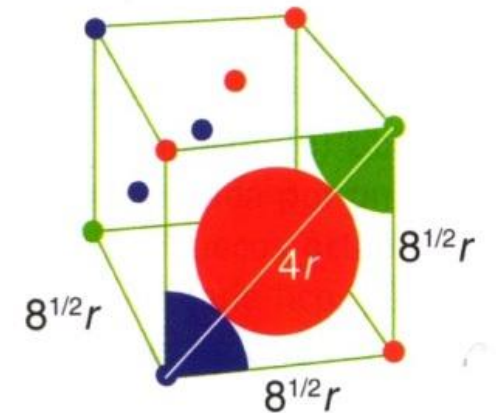
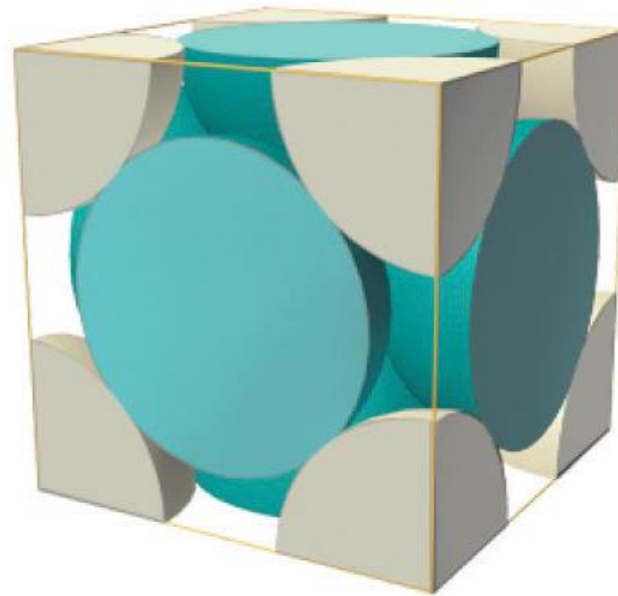


# Ejercicio

- Calcular el radio metálico del cobre, si se sabe que es cúbico compacto.

densidad =  $8.96 \text{ g/cm}^3$

masa molecular =  $63.5 \text{ g/mol}$



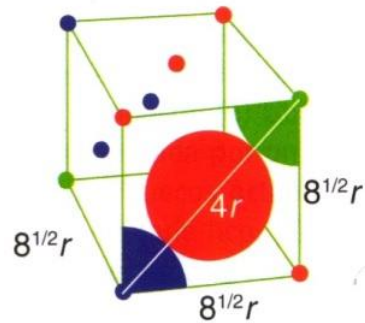
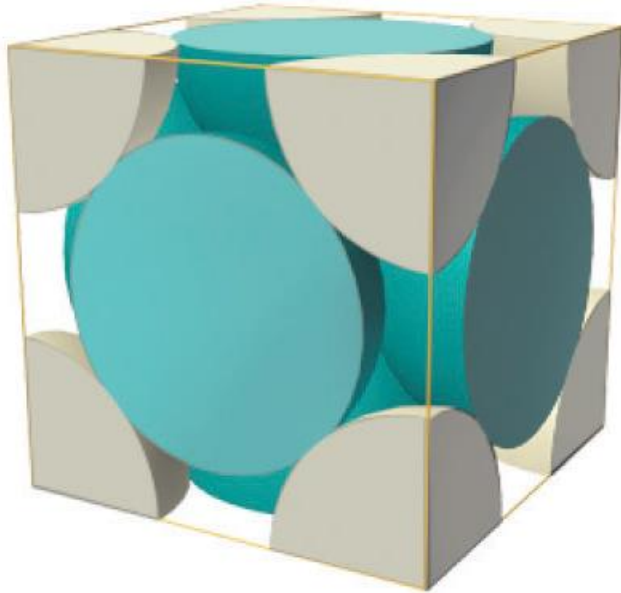
**Figura 3.13** Dimensiones involucradas en el cálculo del factor de empaquetamiento en un arreglo compacto de esferas idénticas de radio  $r$ .

# Ejercicio

- Calcular el radio metálico del cobre, si se sabe que es cúbico compacto.

densidad =  $8.96 \text{ g/cm}^3$

masa molecular =  $63.5 \text{ g/mol}$



**Figura 3.13** Dimensiones involucradas en el cálculo del factor de empaquetamiento en un arreglo compacto de esferas idénticas de radio  $r$ .

$$m = \frac{Z * PM}{N_A} = \frac{4 * 63.5 \text{ g/mol}}{6.022 * 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 4.218 * 10^{-22} \text{ g}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{4.218 * 10^{-22} \text{ g}}{8.96 \text{ g/cm}^3} = 4.708 * 10^{-23} \text{ cm}^3$$

$$a = 3.611 * 10^{-8} \text{ cm}$$

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

$$a = (8^{1/2})r$$

$$r = 1.277 * 10^{-8} \text{ cm} = \mathbf{127.7 \text{ pm}}$$

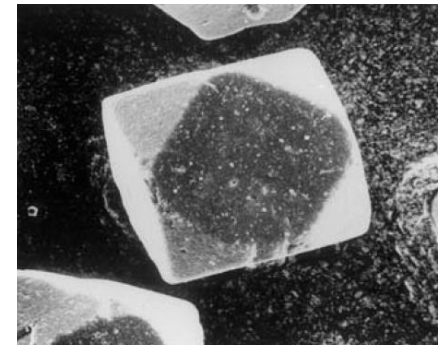
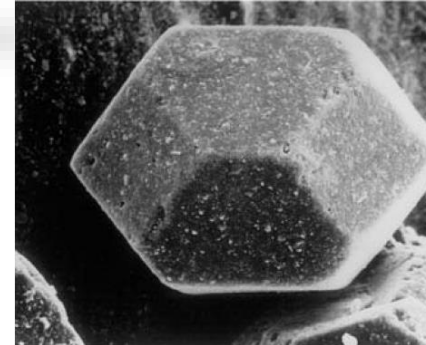
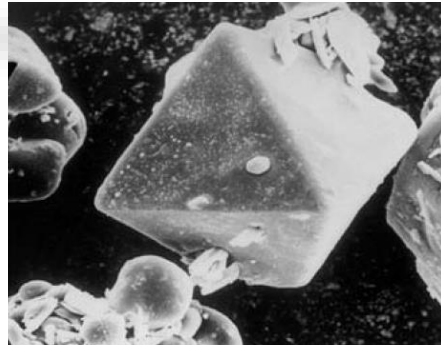
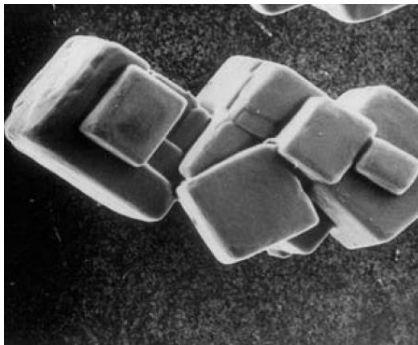
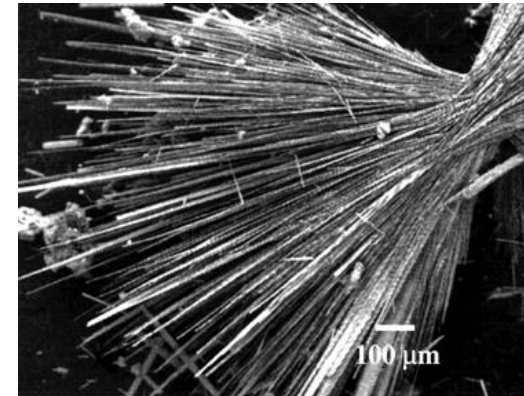


# Comportamiento macroscópico de los sólidos

# Nucleación

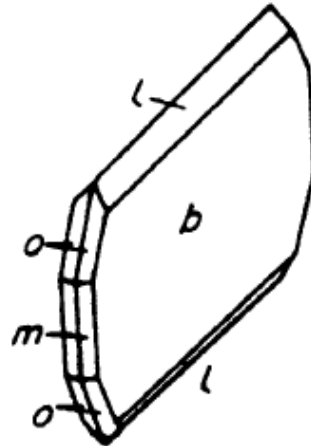
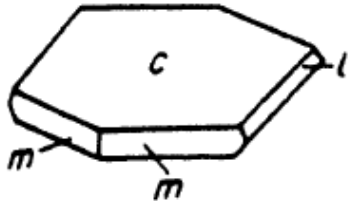
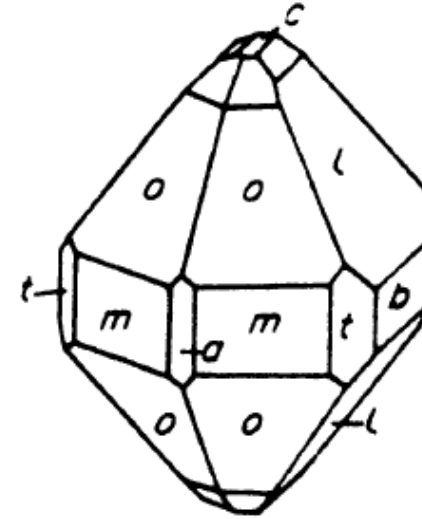
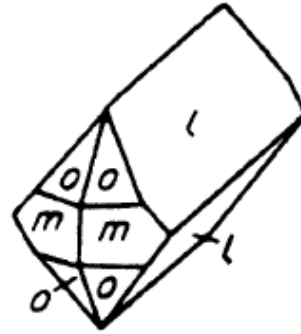
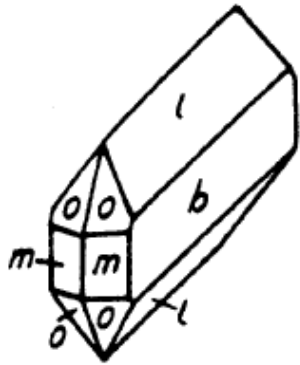
- A pesar de la clasificación de los cristales en 7 sistemas, la forma macroscópica en la que crecen los cristales en un sólido puede ser muy distintas, conocidas como hábitos:

Si el crecimiento se da en una sola dirección, se forman agujas o si se da lento pueden formarse estructuras planas. Sin embargo depende de muchos factores la forma en que un cristal crece (nucleación).



\* Formas en la que ocurre la nucleación en el cloruro de sodio

# Hábitos comunes del sulfato de potasio



# Dendritas

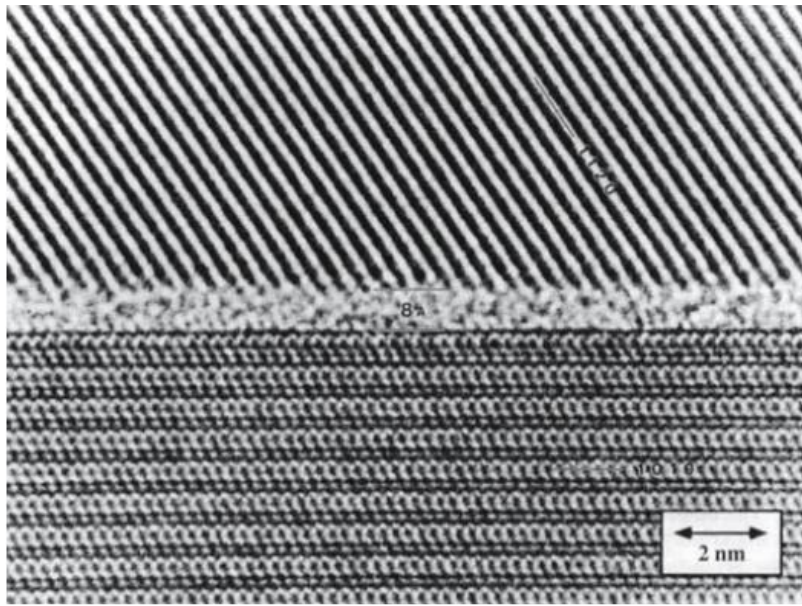
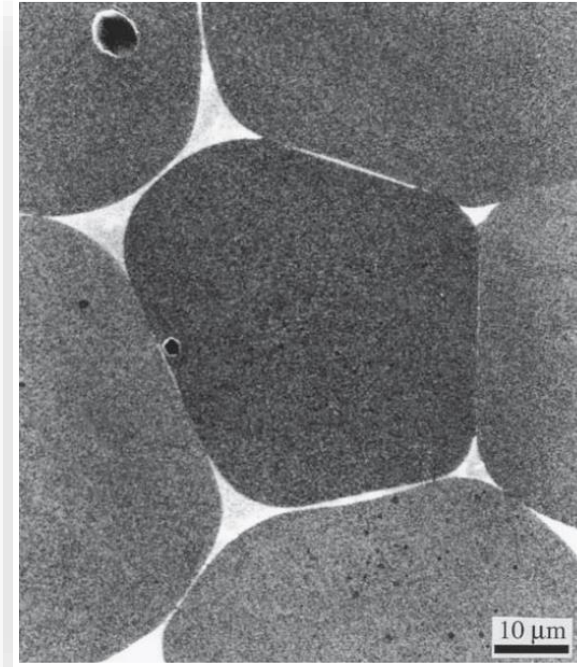
- Es una forma de cristalización que ocurre cuando se enfría rápidamente un líquido, se sobresatura una disolución o se evapora un disolvente.
- El sólido adquiere una forma como de árbol, el cual crece ramificándose desde un origen.





# Grano y sólidos policristalinos

- Los sólidos cristalinos no son perfectos y en un material se pueden encontrar diferentes fases, es decir, diferentes formas en las que cristaliza un compuesto (sólidos policristalinos).



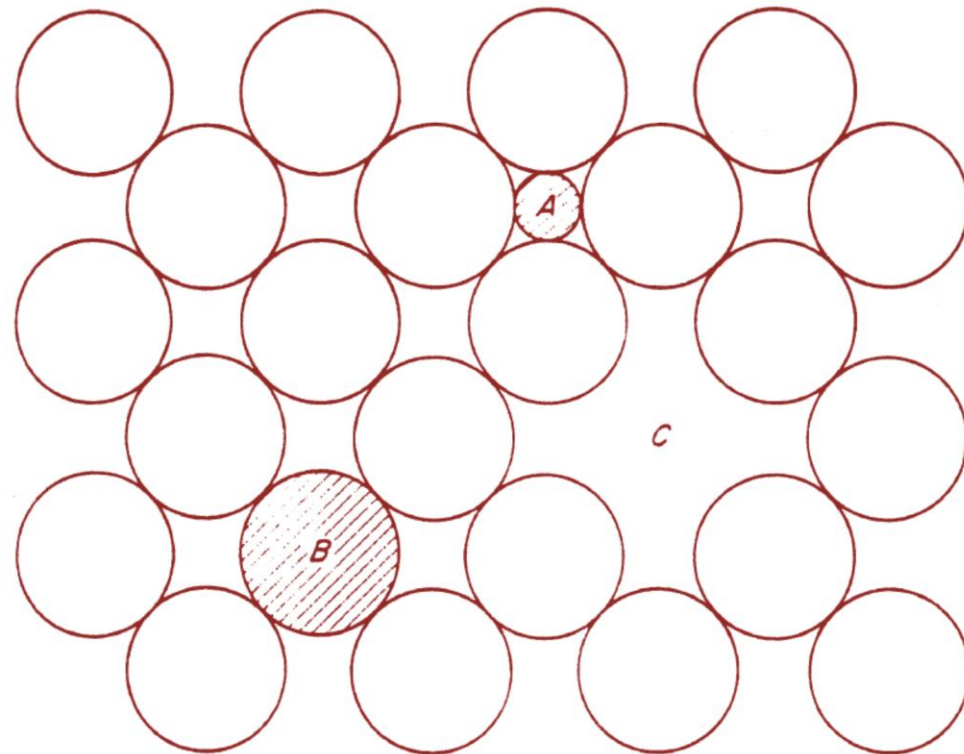
- Se conoce como grano a una parte del sólido que se compone de un mismo compuesto en determinada orientación y forma cristalina.

# Defectos en los metales

- Puntuales
  - Intersticiales → Átomos que no pertenecen a la red se encuentran ocupando posiciones entre la red cristalina (A).

- Impurezas → Un átomo sustituye la posición de un átomo en la red cristalina (B). Compuestos no estequiométricos o dopados.

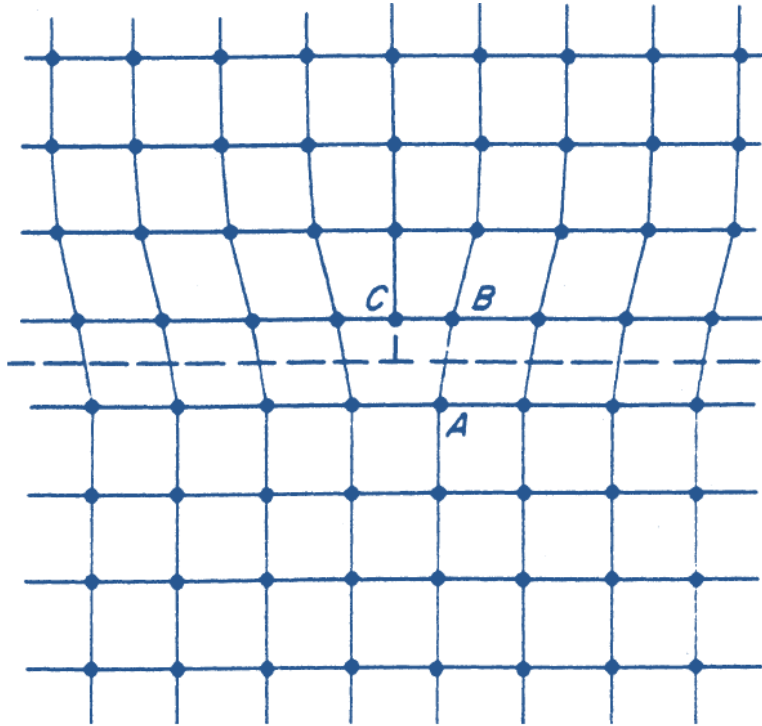
- Vacancias → Hay lugares que se encuentran desocupados (C).



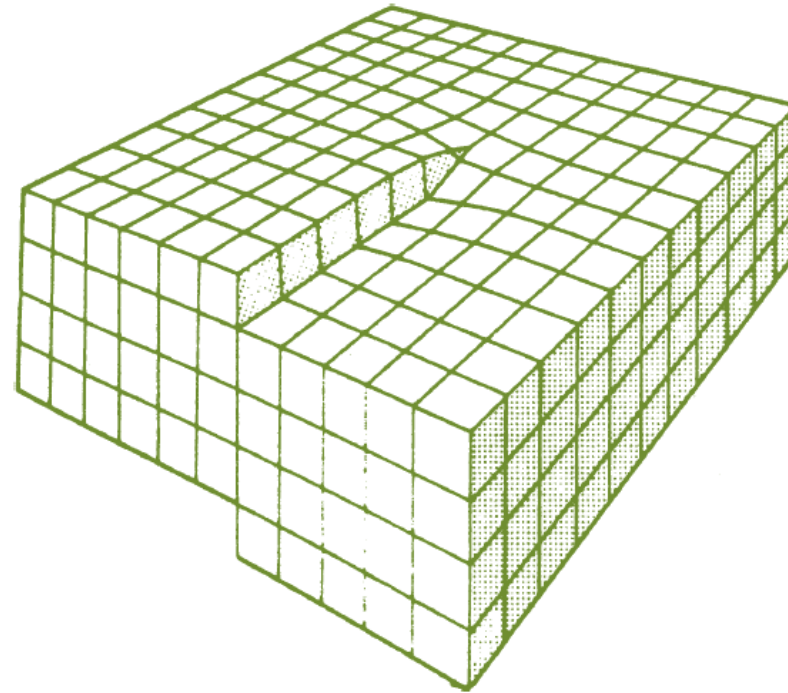
# Defectos en los metales

- Lineales

- De borde



- Por torsión



# Aleaciones intersticiales y sustitucionales

- **Alnico** (Al, Ni, Co, Cu, Ti) – Magnetos
- **Acero** (Fe, Carbon 0.002 - 2.1%)
- **Acero inoxidable** (Fe, 10.5-11% Cr y 0.002-2.1% C)  
Forma  $\text{CrO}_3$  en la superficie
- **Bronce** (88% Cu, 12% Sn)
- **Latón** (Cu y Zn)
- **Soldadura** (Sn y Pb) 63/37 % es la utilizada en trabajos electrónicos. Entre más estaño tiene, mayor es su resistencia a la tensión y a la deformación.
- **Amalgama** (Hg, con cualquier metal) Dentistas: Hg y Ag por ejemplo.

