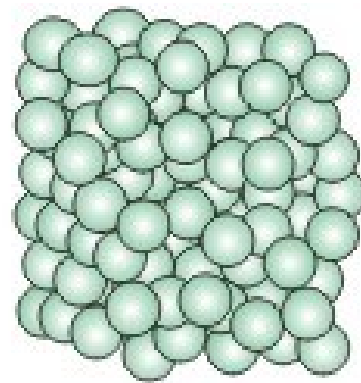
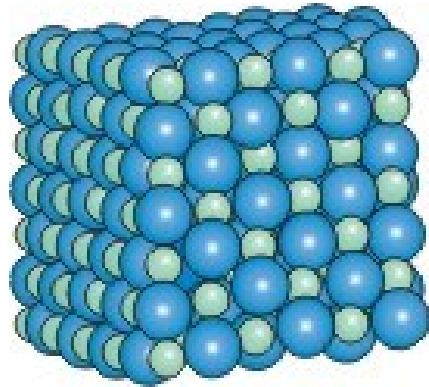


2.3. Enlace Metálico

QUIMICA INORGANICA 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

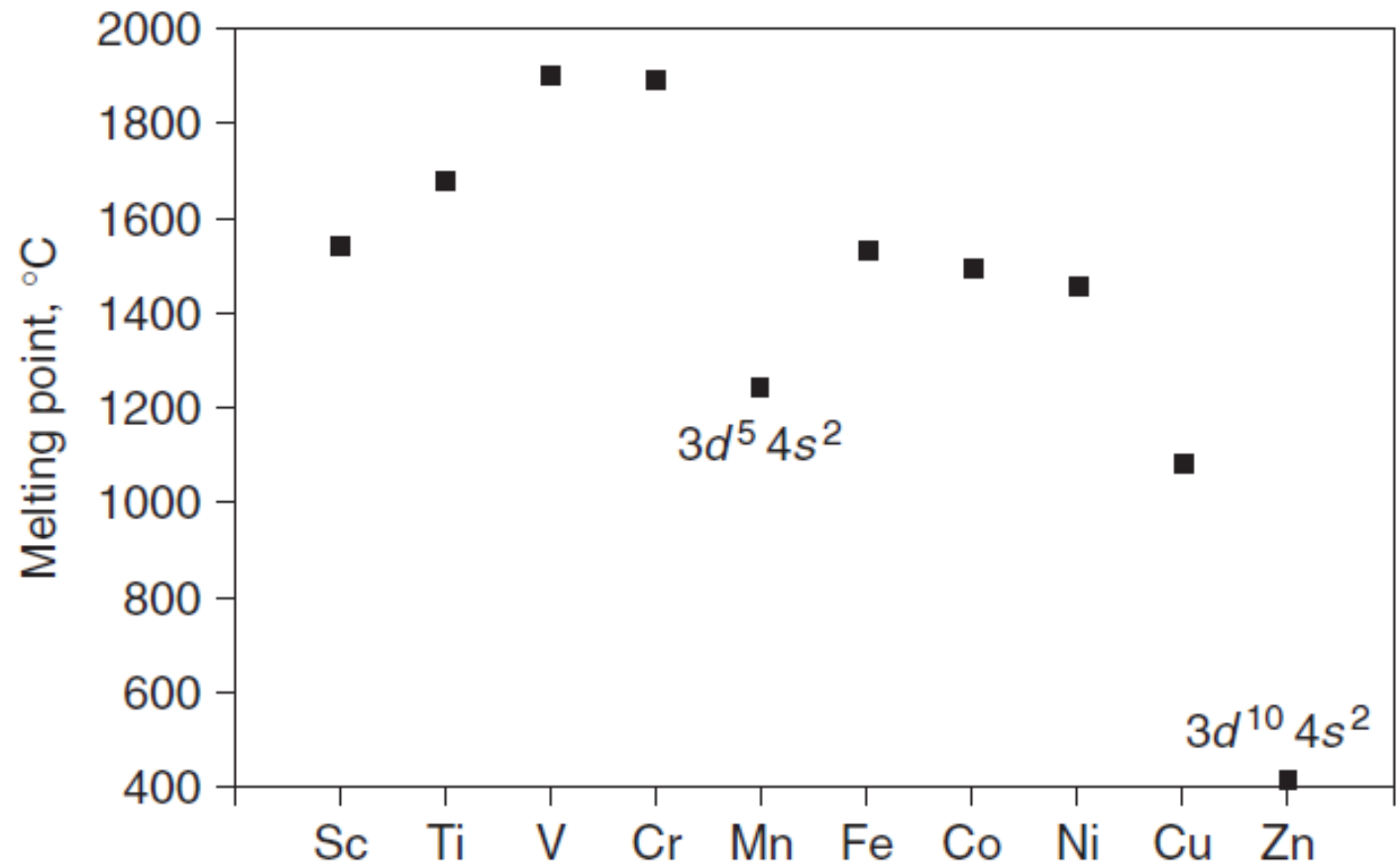
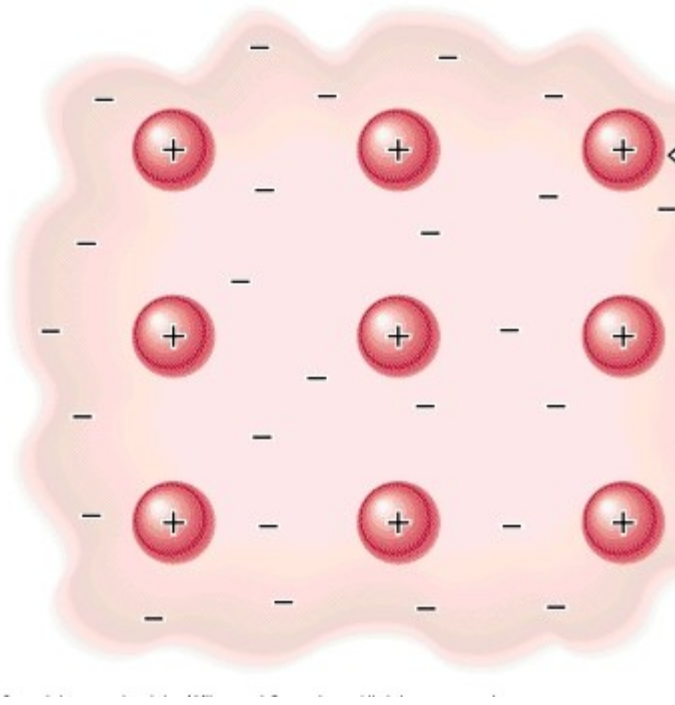
Sólidos compuestos por una combinación de dos o mas materiales o fases.

Materiales

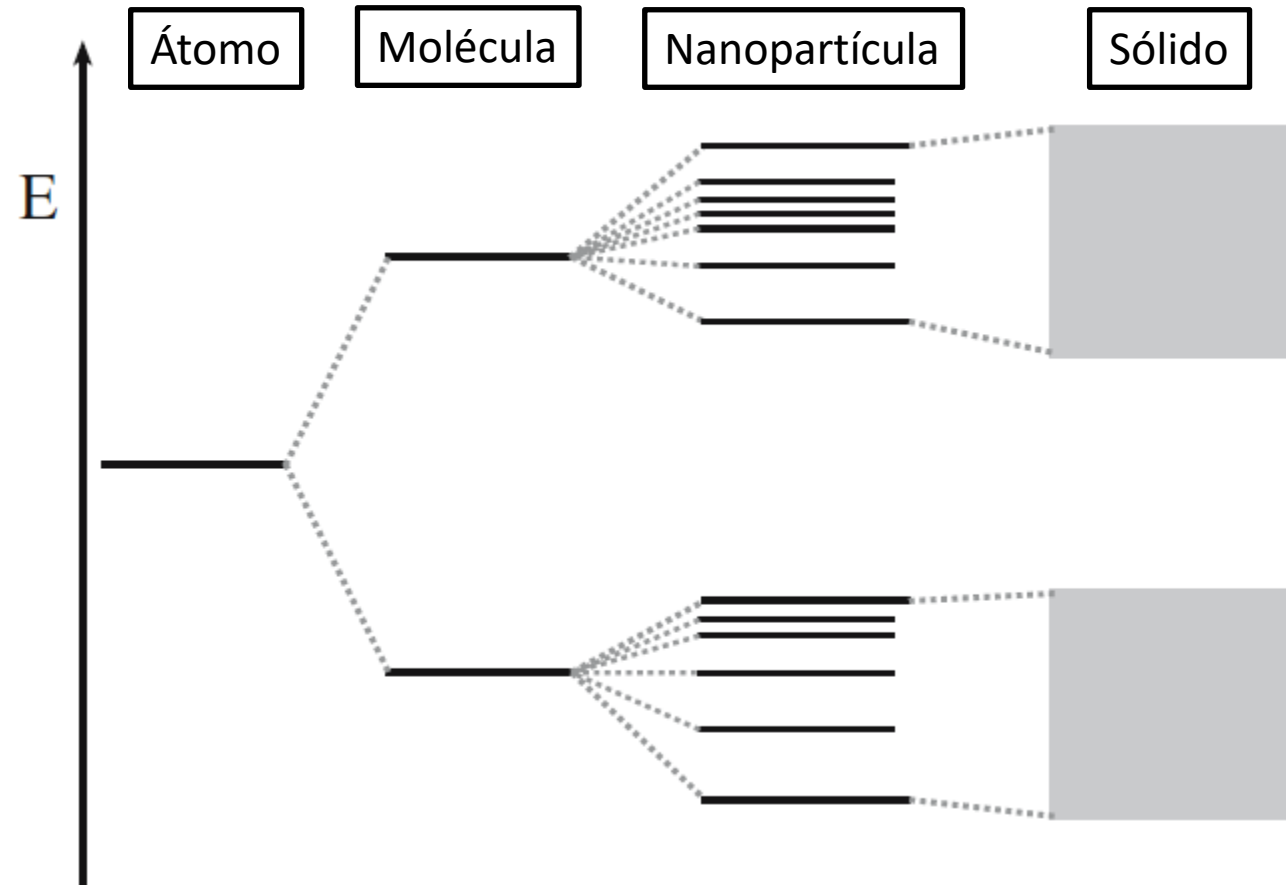
- Conductores
- Semiconductores
- Aislantes

ENLACE METÁLICO

Enlace metálico

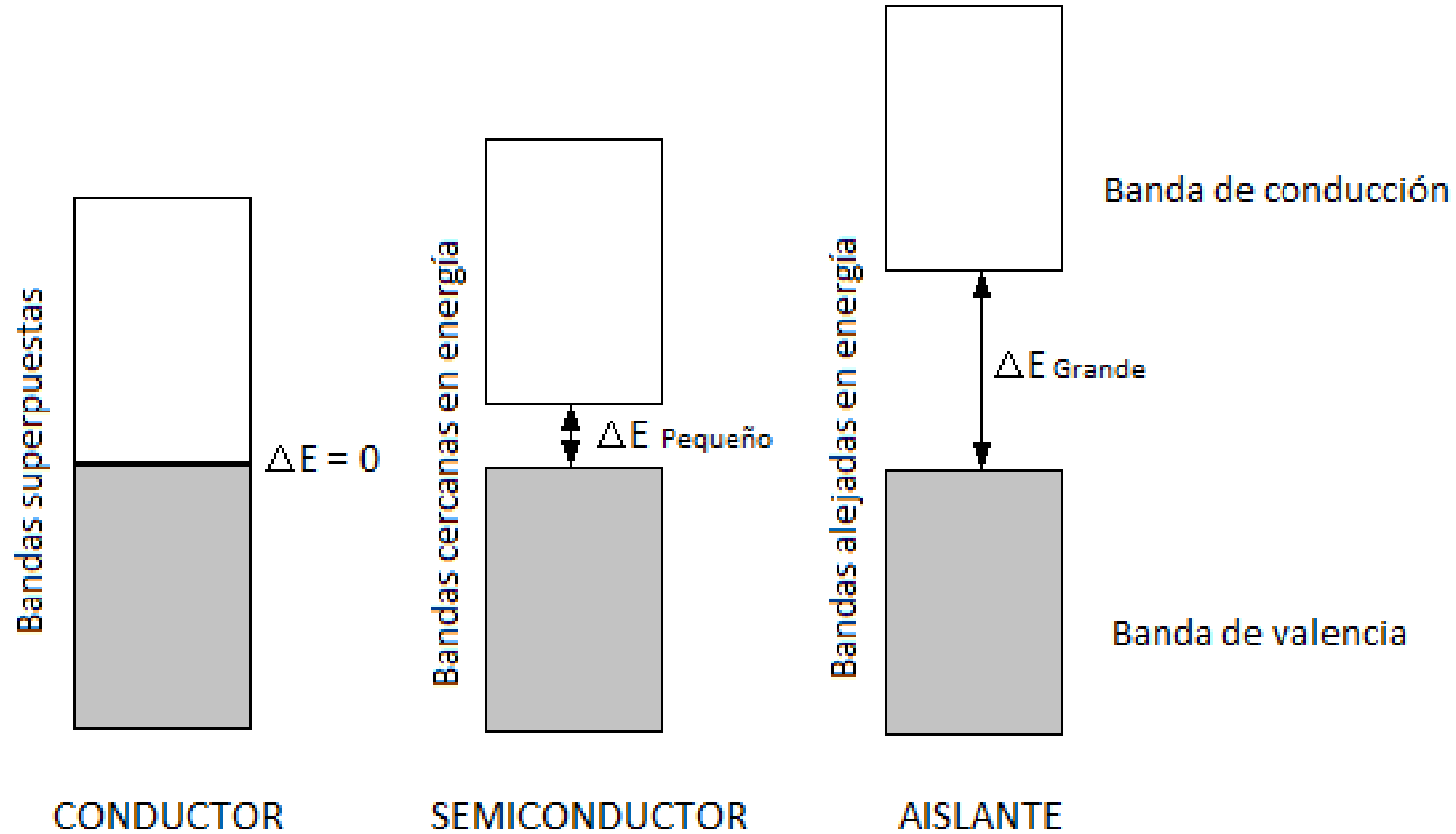


Orbitales moleculares



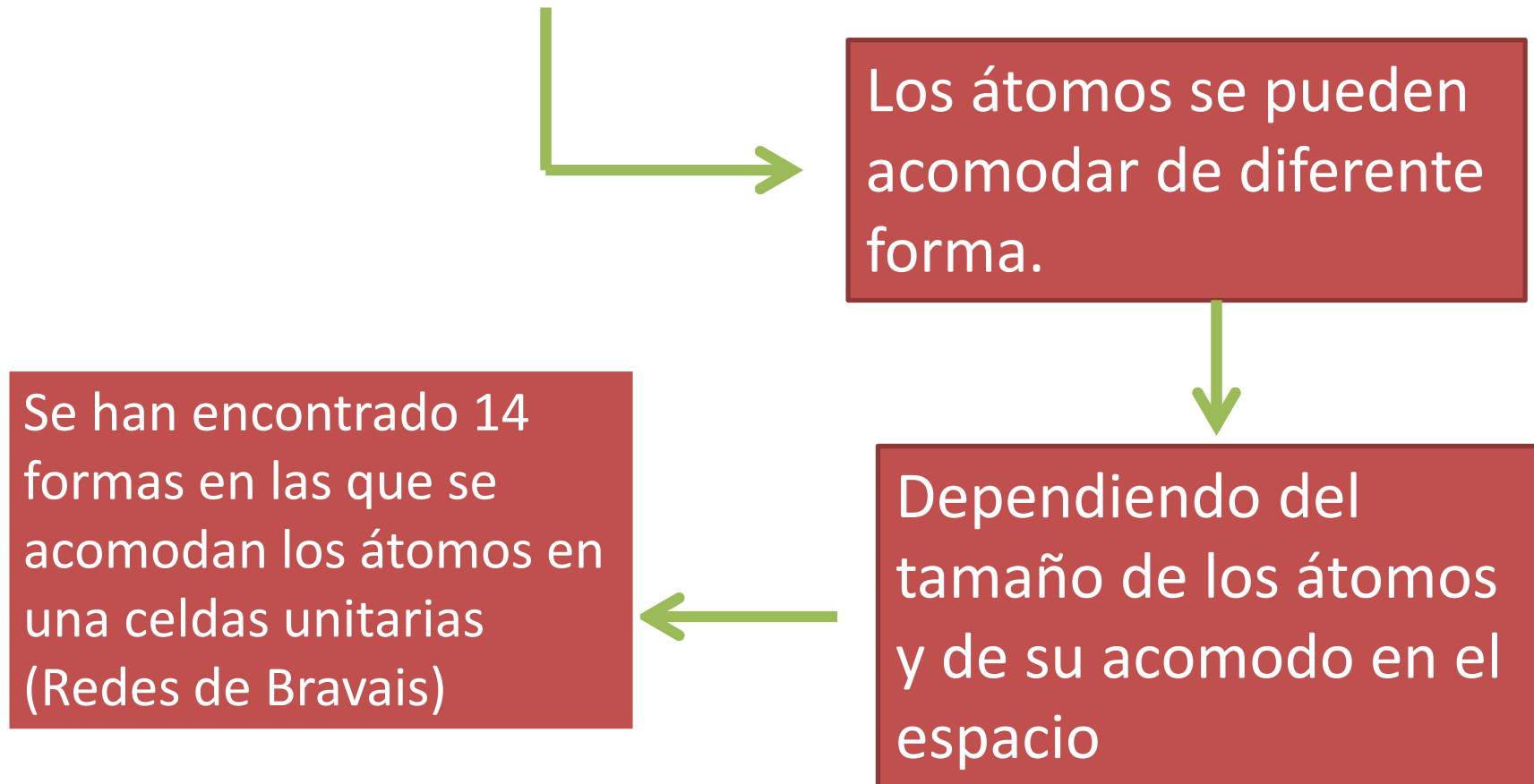
Nota: Al combinar dos átomos se generan dos posibles estados energéticos donde se pueden acomodar los electrones; una de menor energía (estable) y otra de mayor energía (estados excitados).

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.

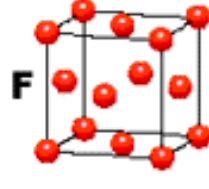
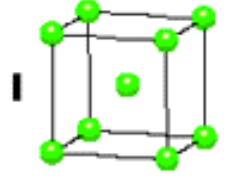
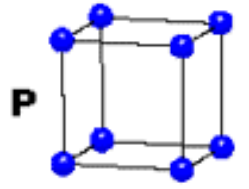


Redes de Bravais

CÚBICO

$$a = b = c$$

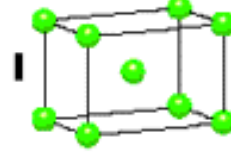
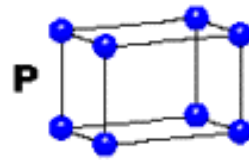
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



TETRAGONAL

$$a = b \neq c$$

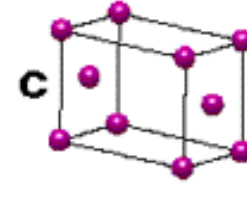
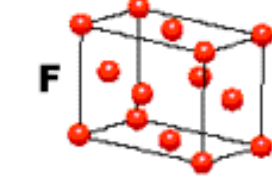
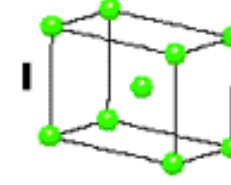
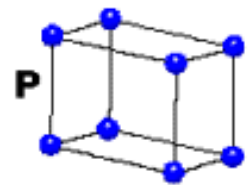
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



ORTORÓMBICO

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

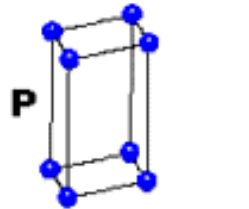


HEXAGONAL

$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ$$

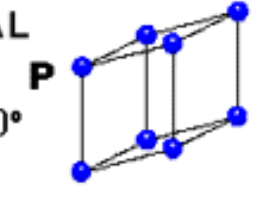
$$\gamma = 120^\circ$$



TRIGONAL

$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

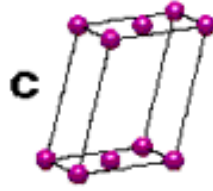
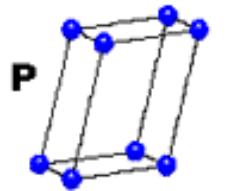


MONOCLÍNICO

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ$$

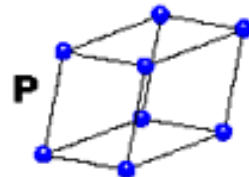
$$\beta \neq 120^\circ$$



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

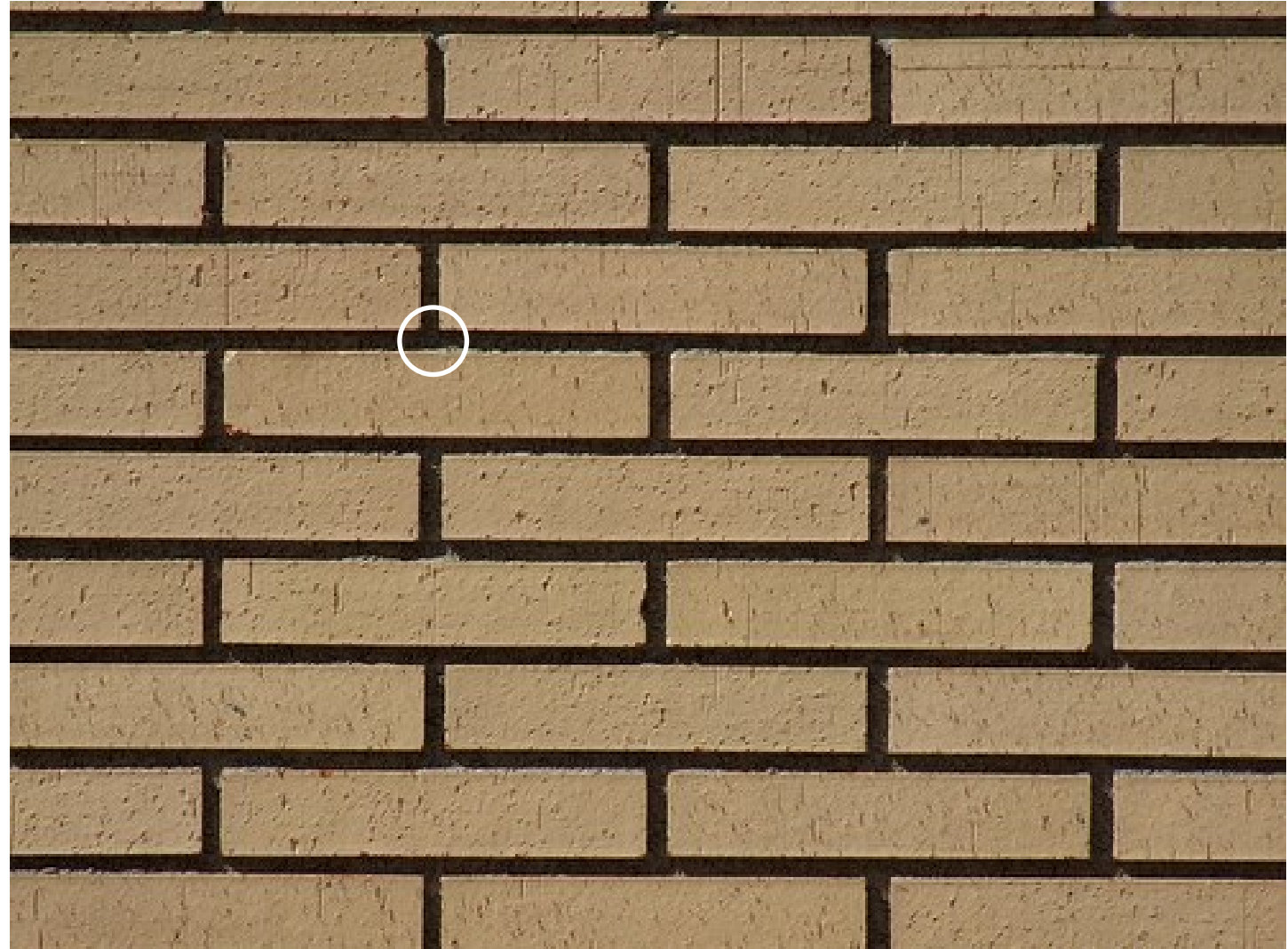
¿Qué es una celda unitaria?

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



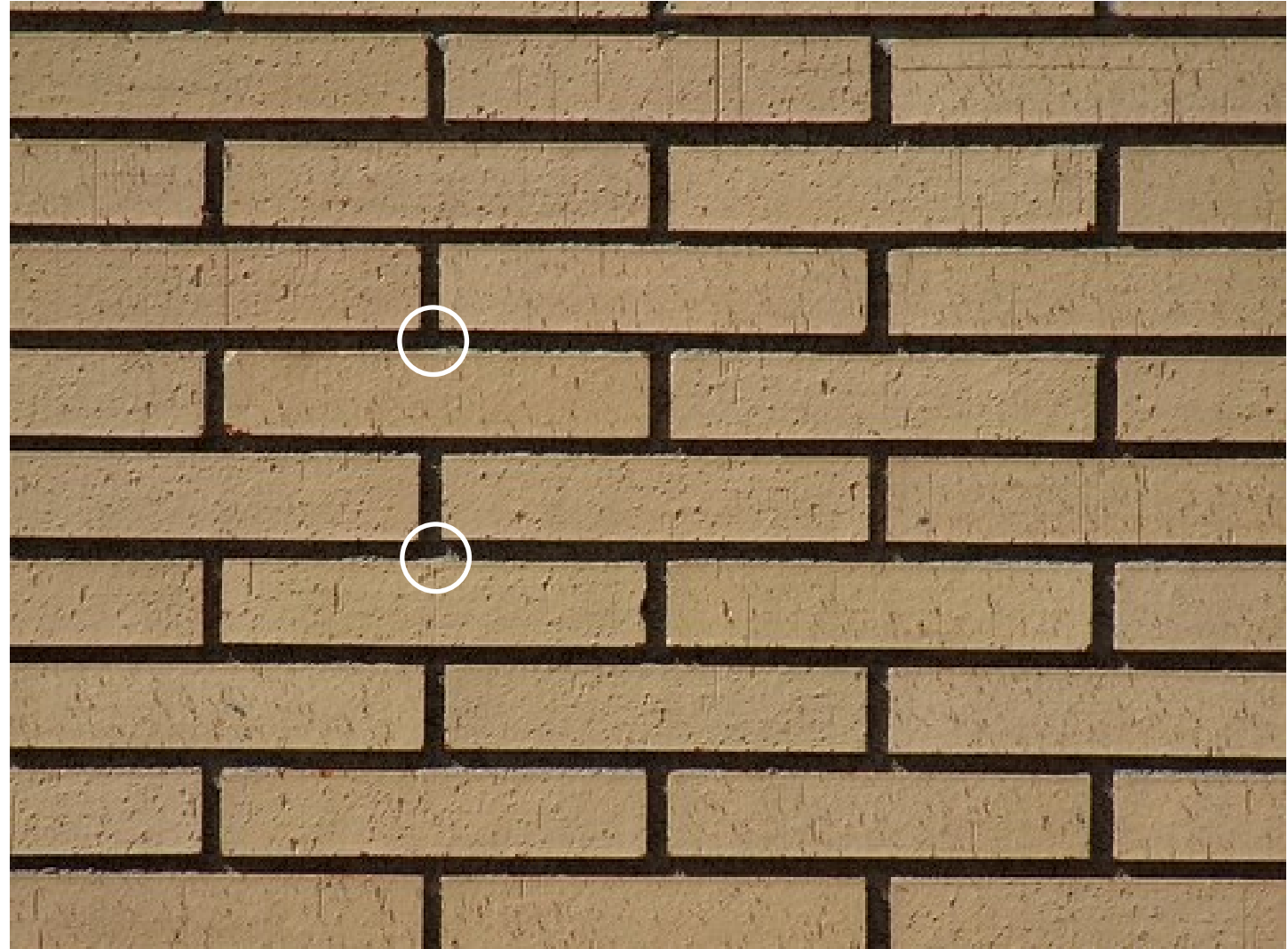
¿Qué es una celda unitaria?

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



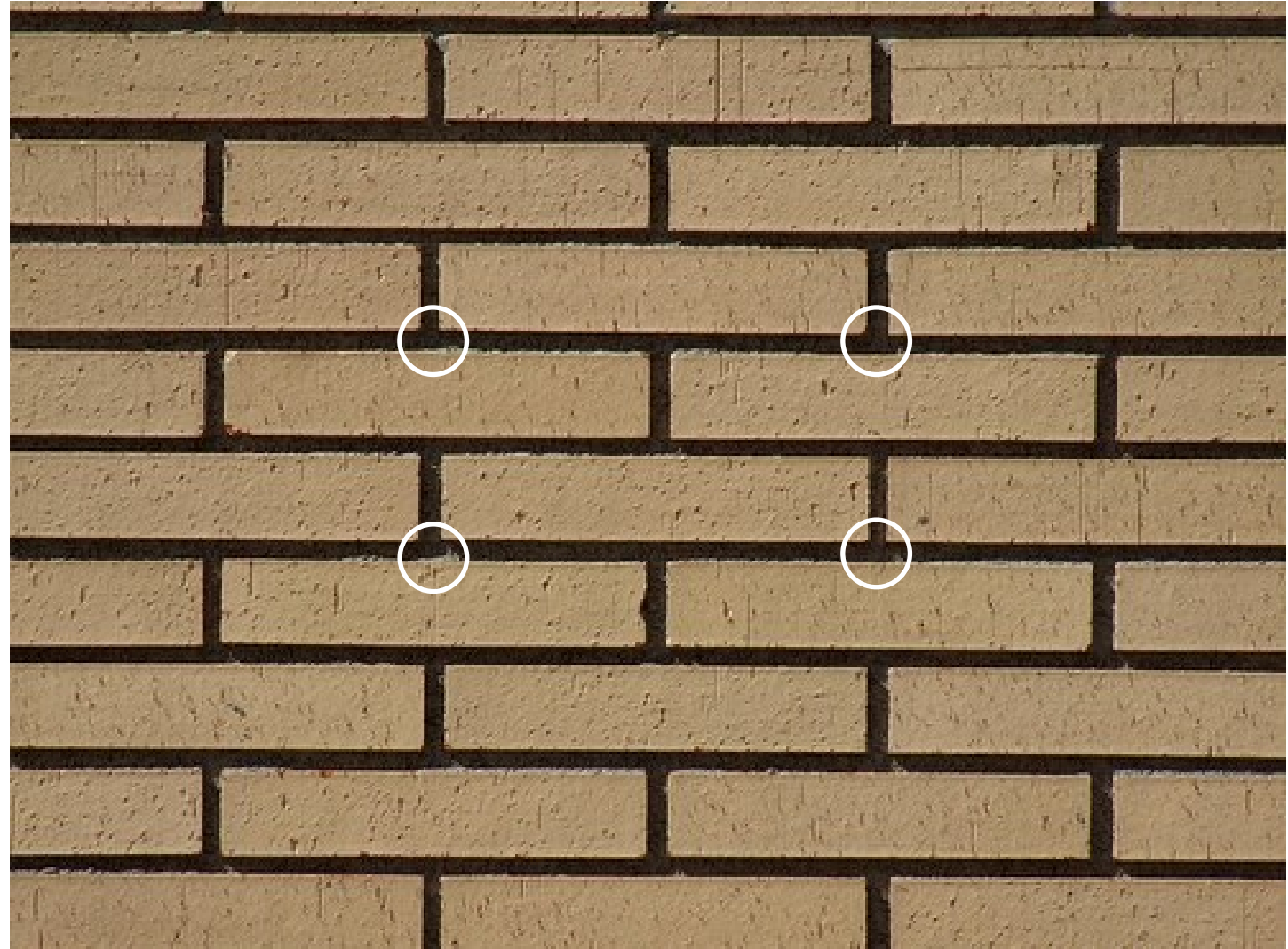
¿Qué es una celda unitaria?

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



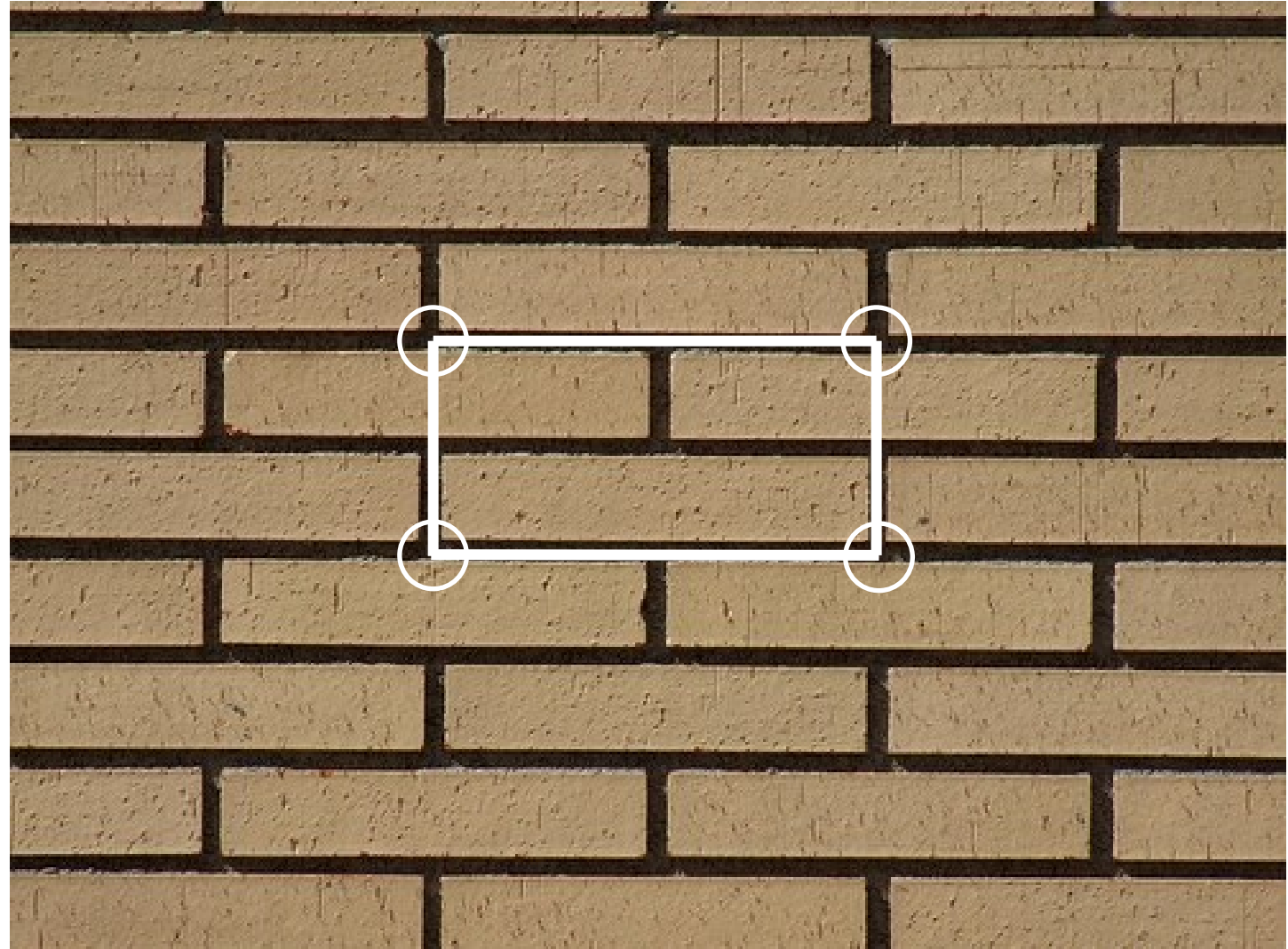
¿Qué es una celda unitaria?

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



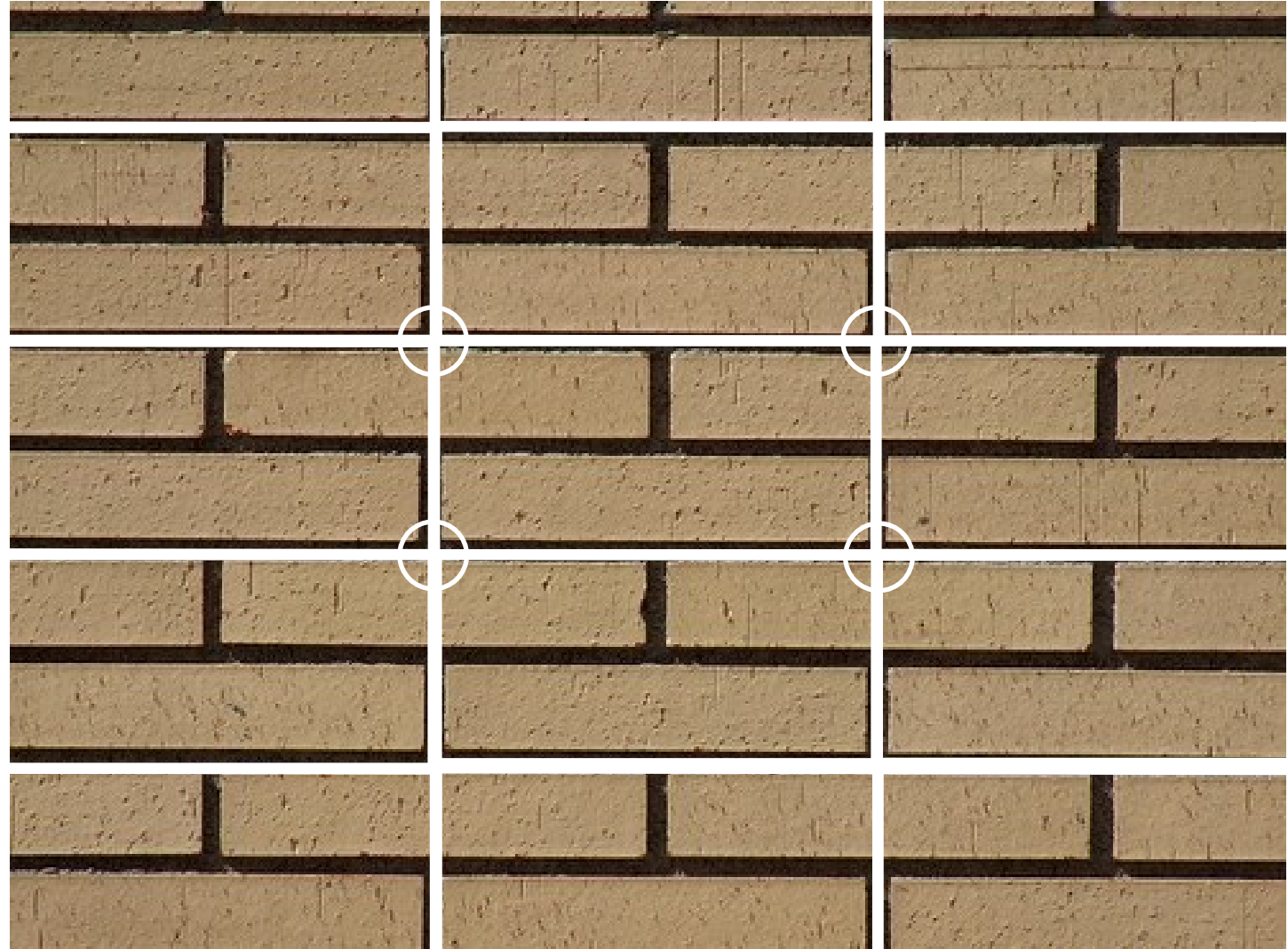
¿Qué es una celda unitaria?

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



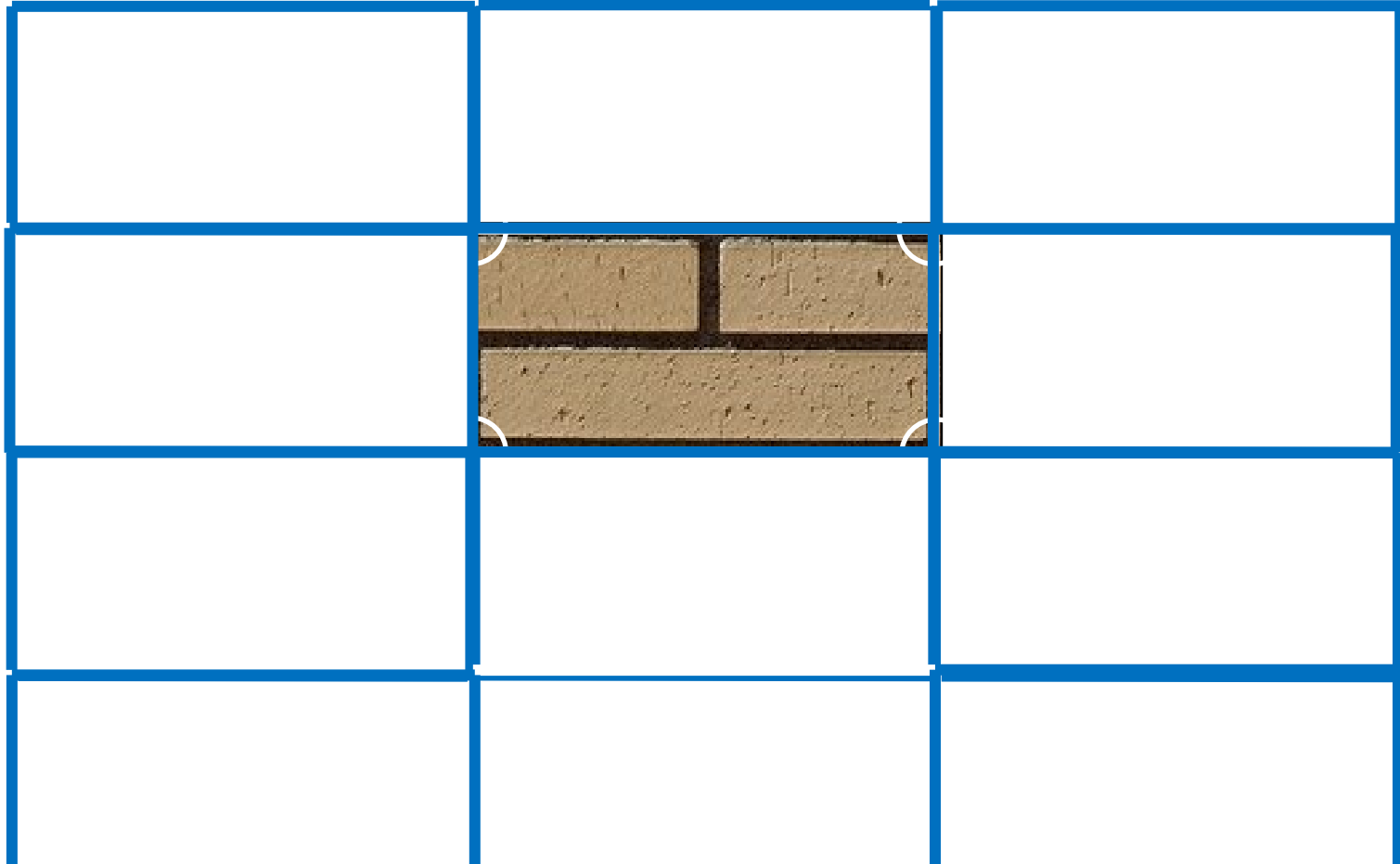
¿Qué es una celda unitaria?

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.

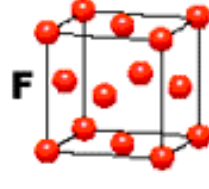
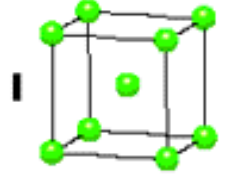
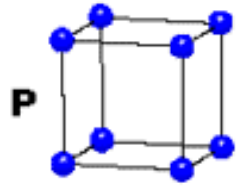


Redes de Bravais

CÚBICO

$$a = b = c$$

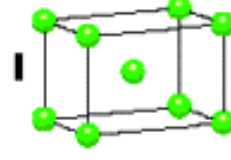
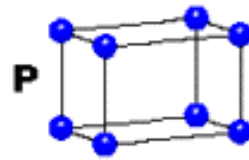
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



TETRAGONAL

$$a = b \neq c$$

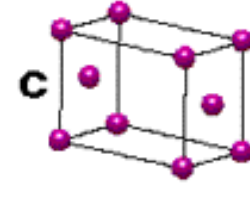
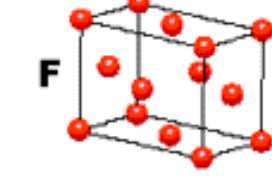
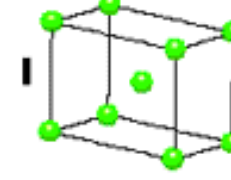
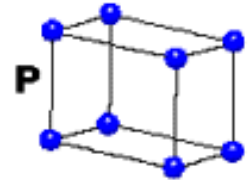
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



ORTORÓMBICO

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

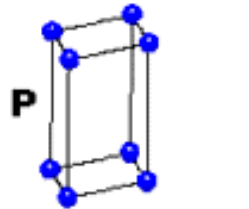


HEXAGONAL

$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ$$

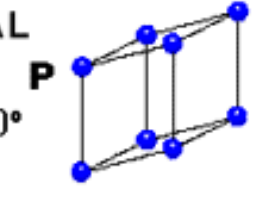
$$\gamma = 120^\circ$$



TRIGONAL

$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

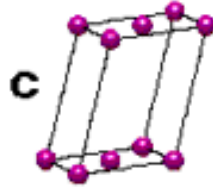
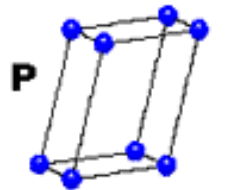


MONOCLÍNICO

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ$$

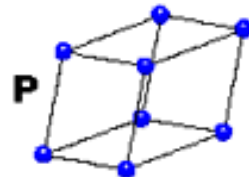
$$\beta \neq 120^\circ$$



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

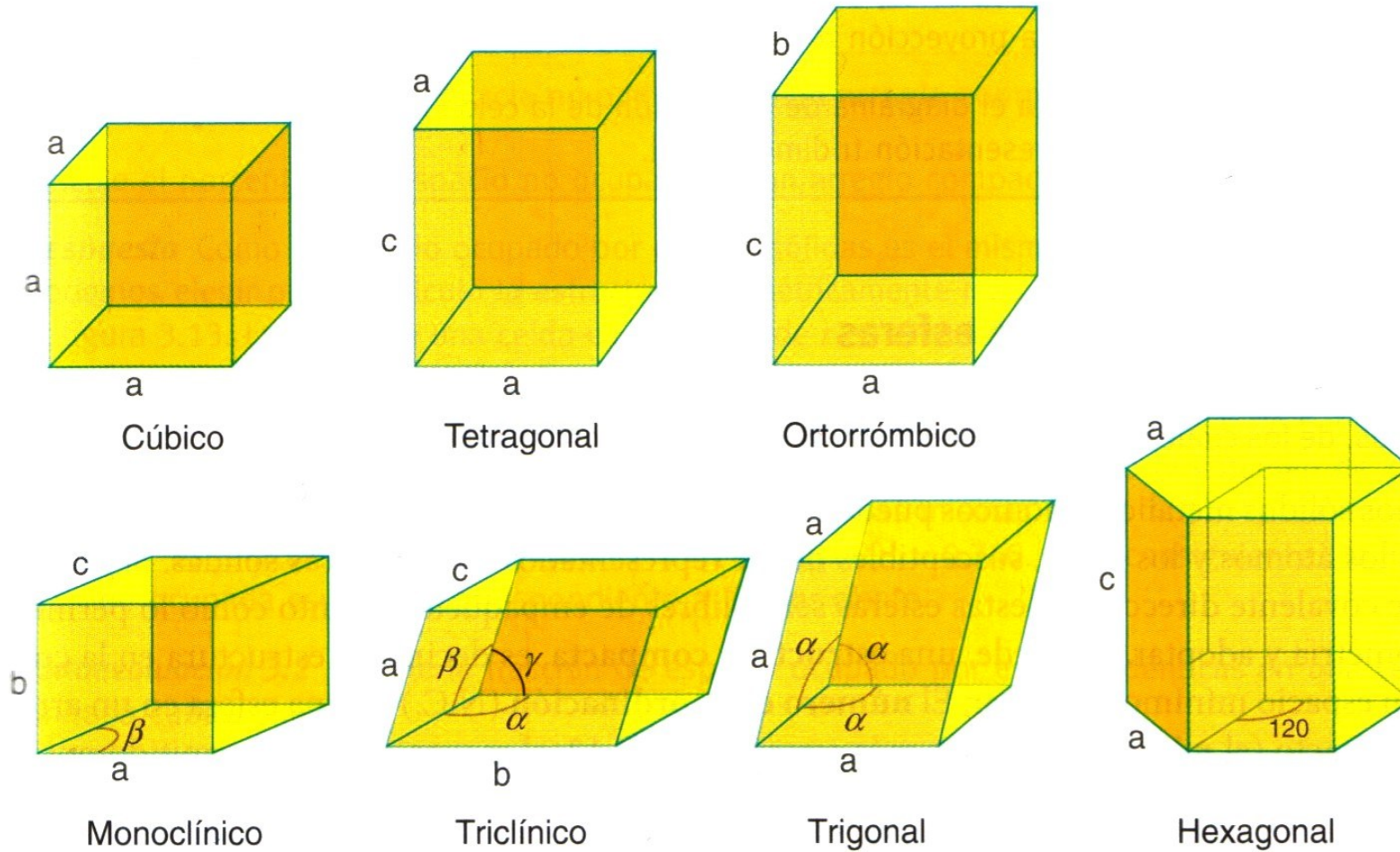


Figura 3.2 Los siete sistemas cristalinos.

Los 7 Sistemas Cristalinos

Tabla 3.1 Los siete sistemas cristalinos

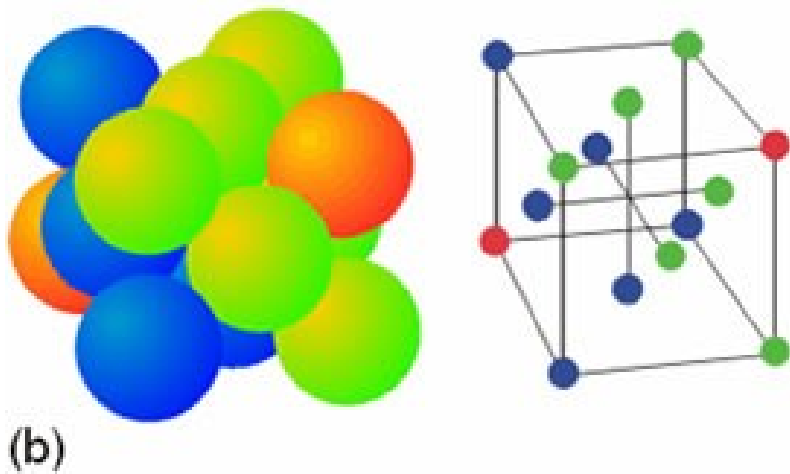
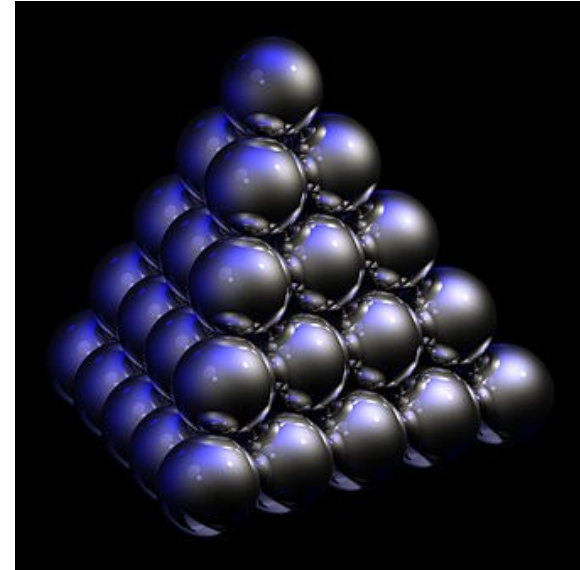
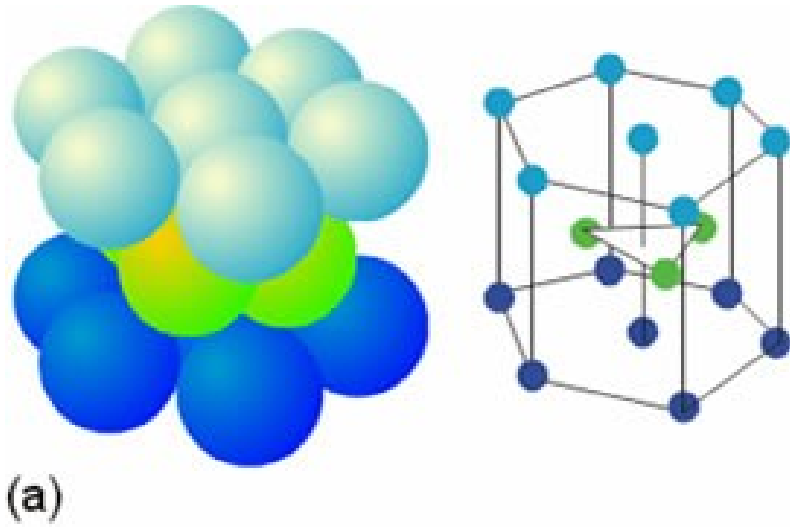
Sistema	Relaciones entre parámetros de red	Celda unitaria definida por	Simetrías esenciales
Triclínico	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	a b c $\alpha\beta\gamma$	Ninguna
Monoclínico	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \gamma \neq 90^\circ$ $\beta = 90^\circ$	a b c β	Un eje de 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



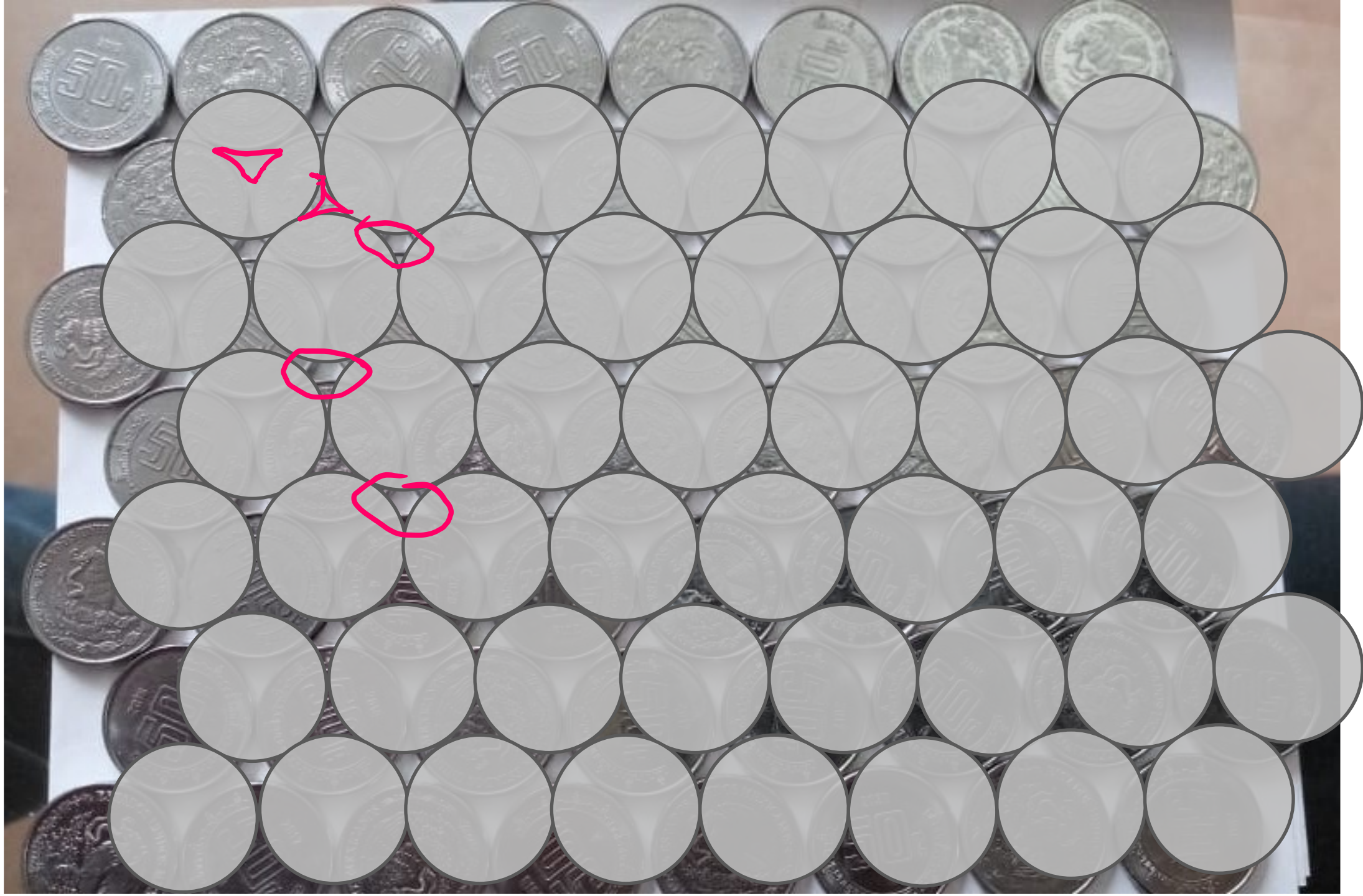


48

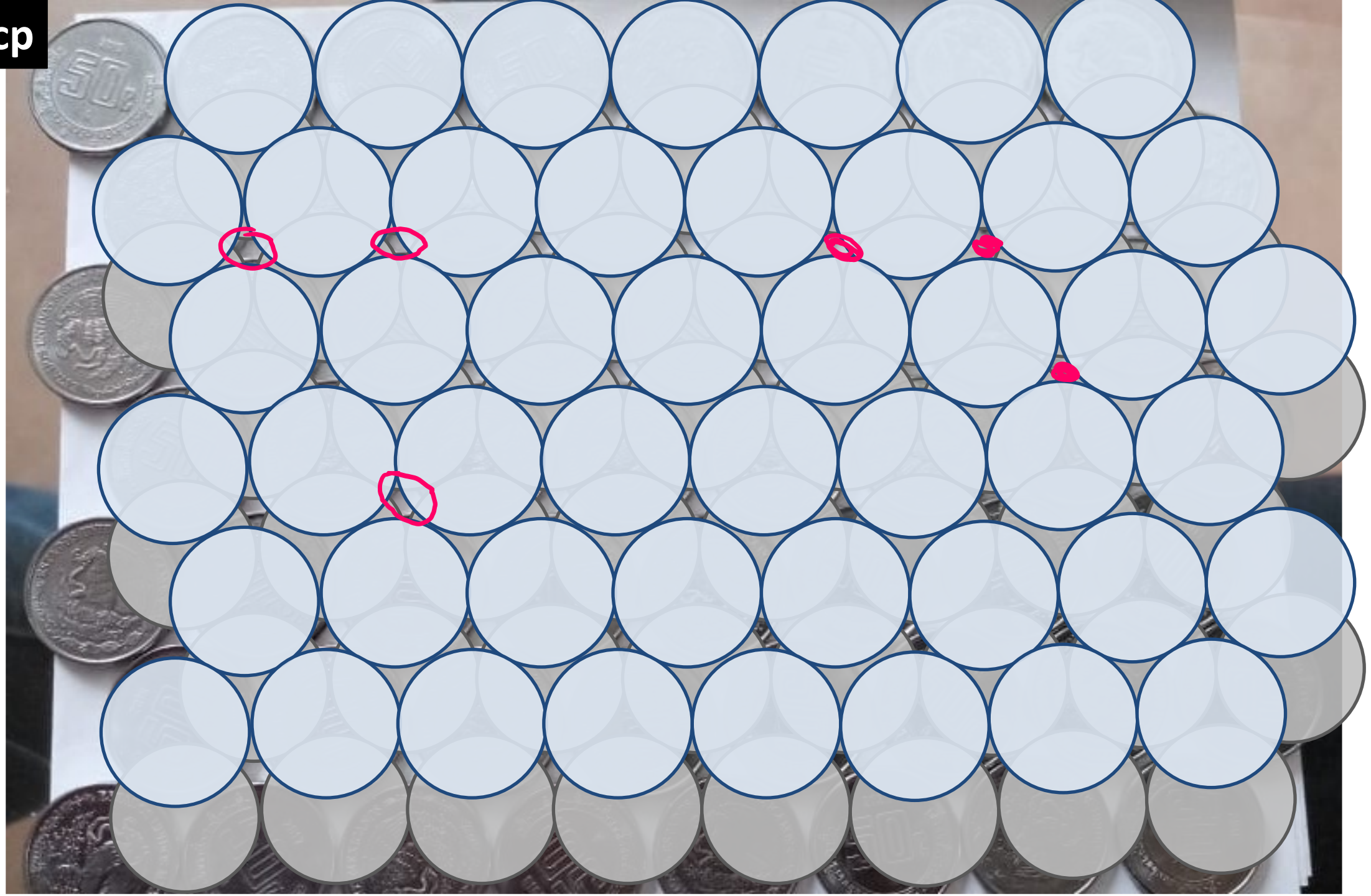


56

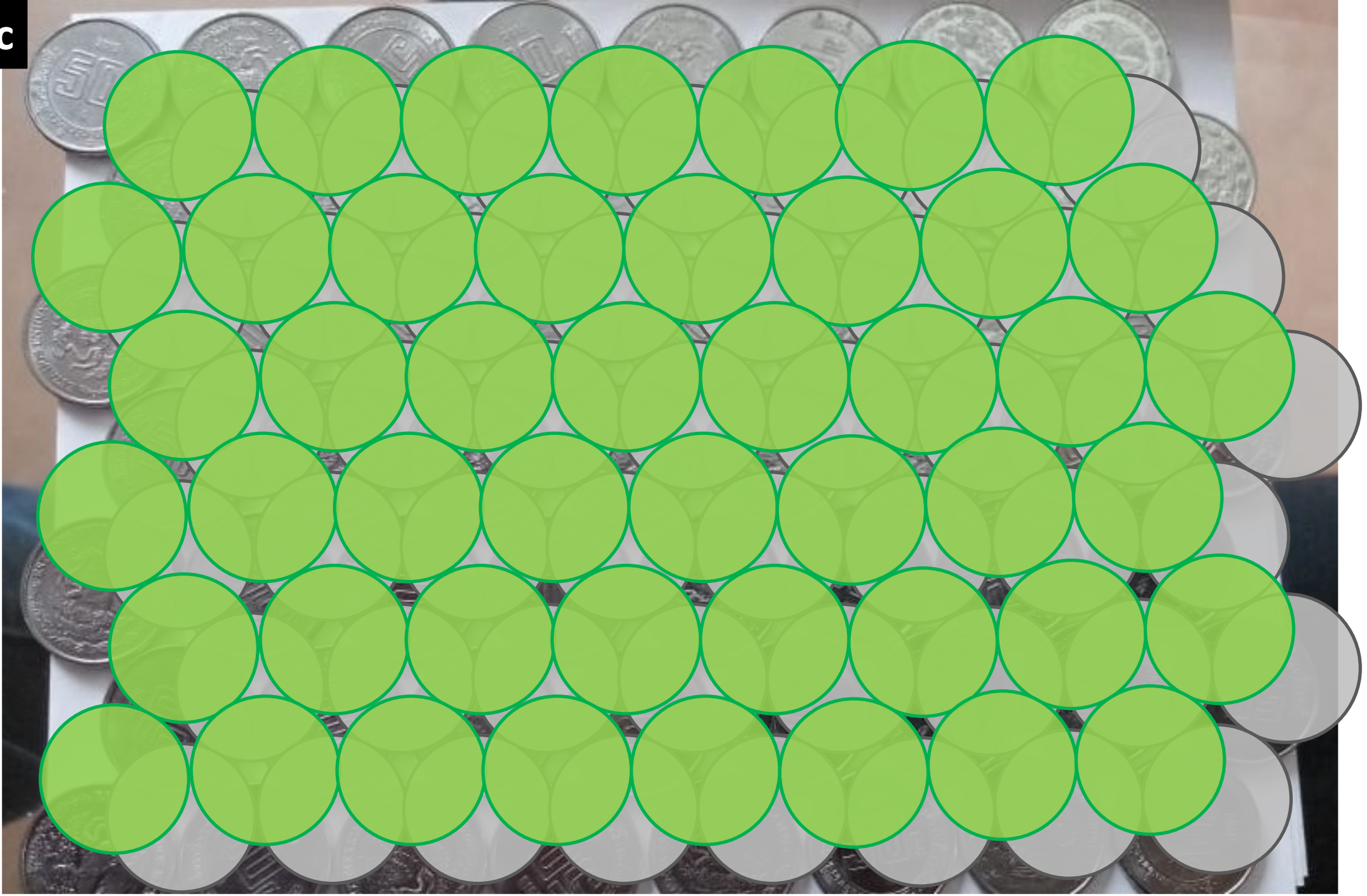




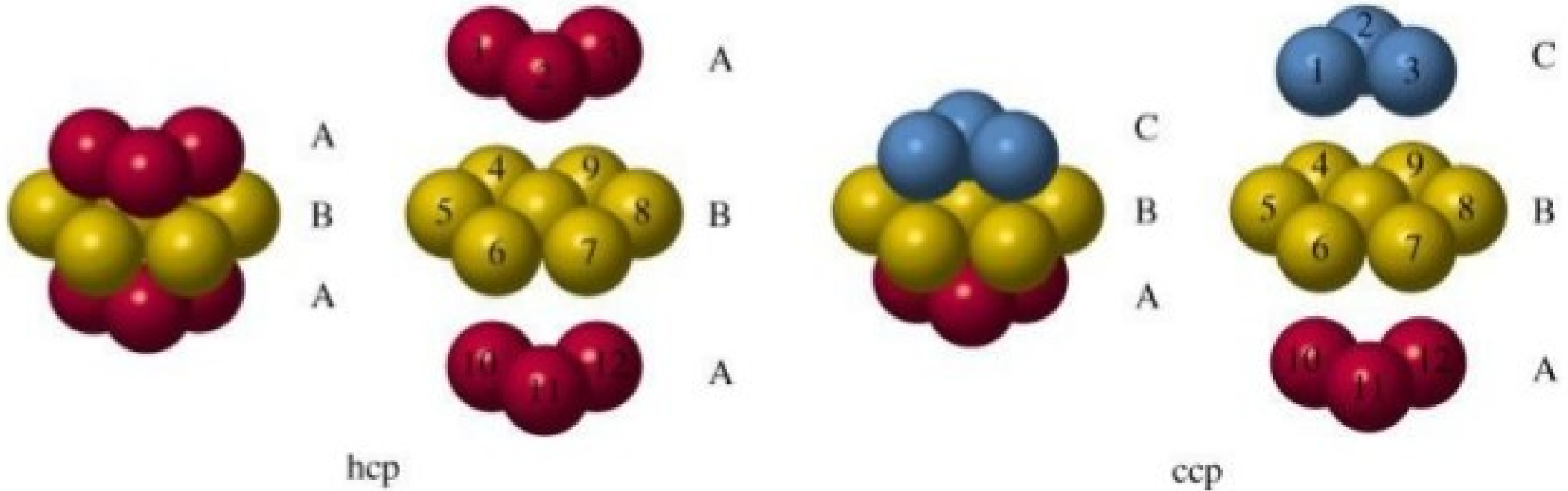
hcp



fcc

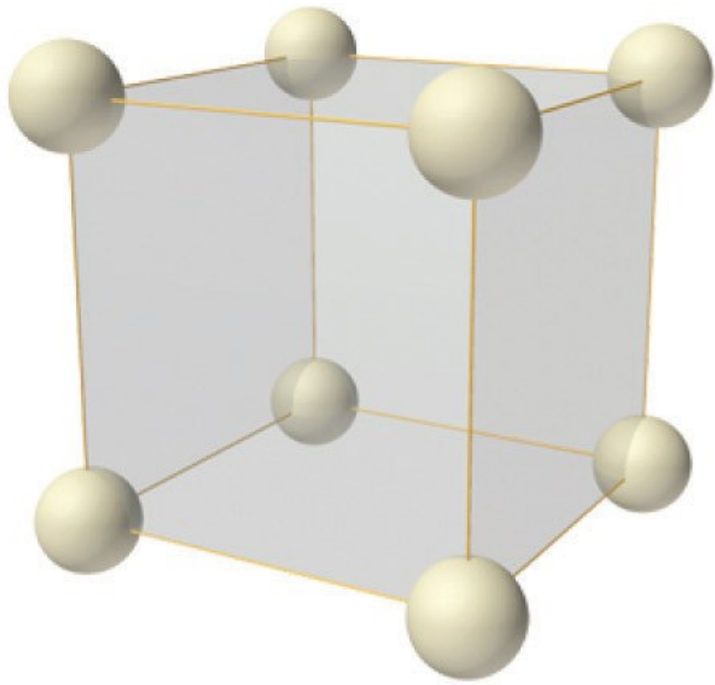


Empaquetamiento

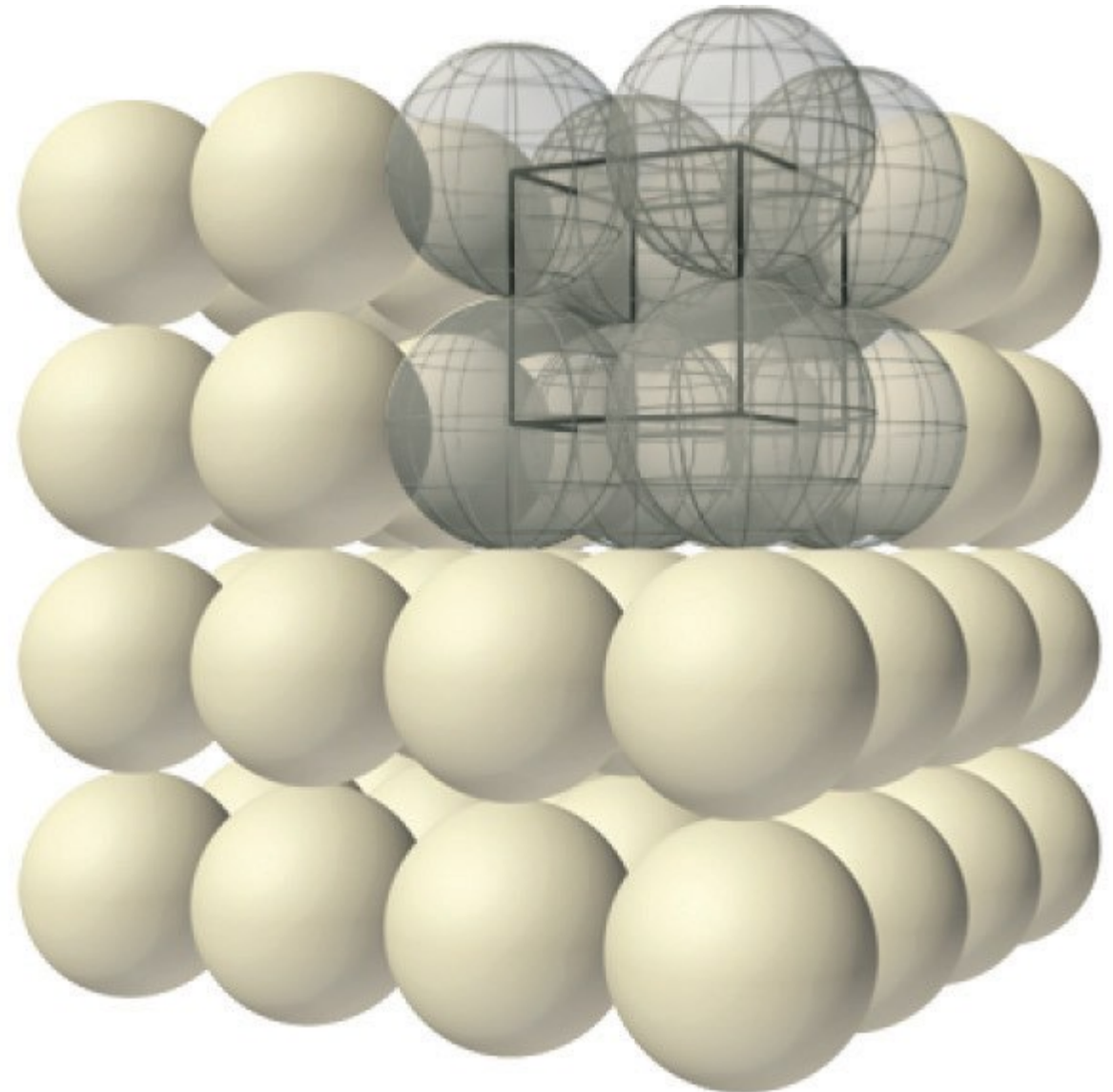


Hexagonal compacto

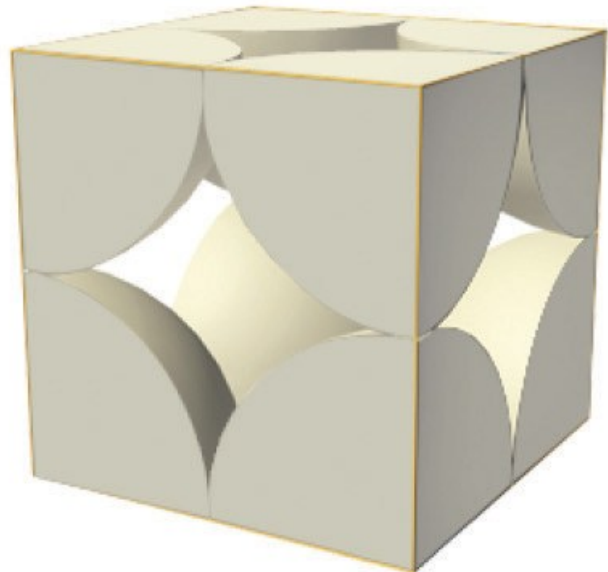
Cúbico compacto



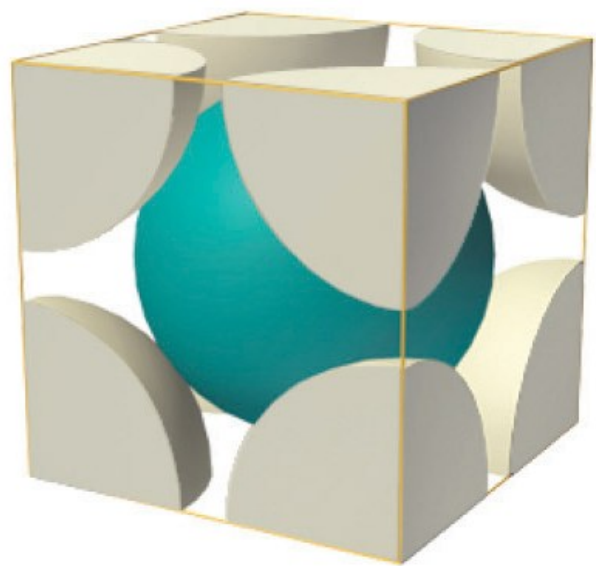
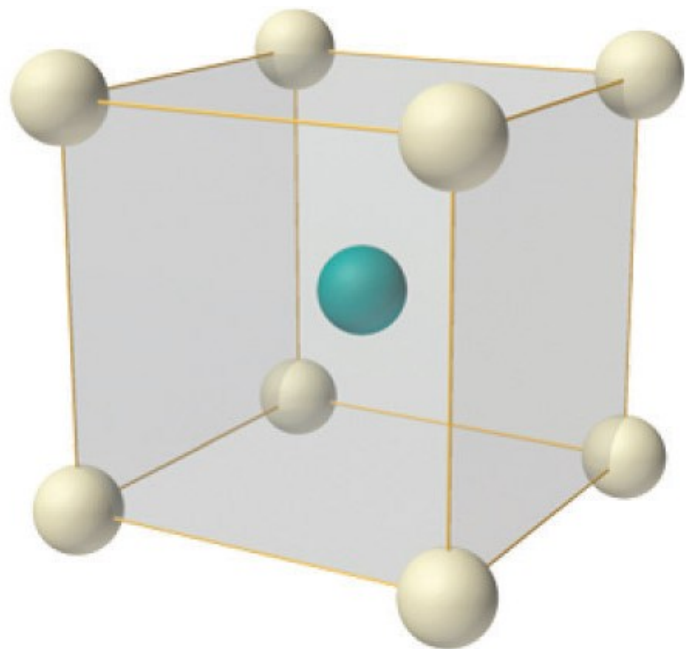
Primitiva



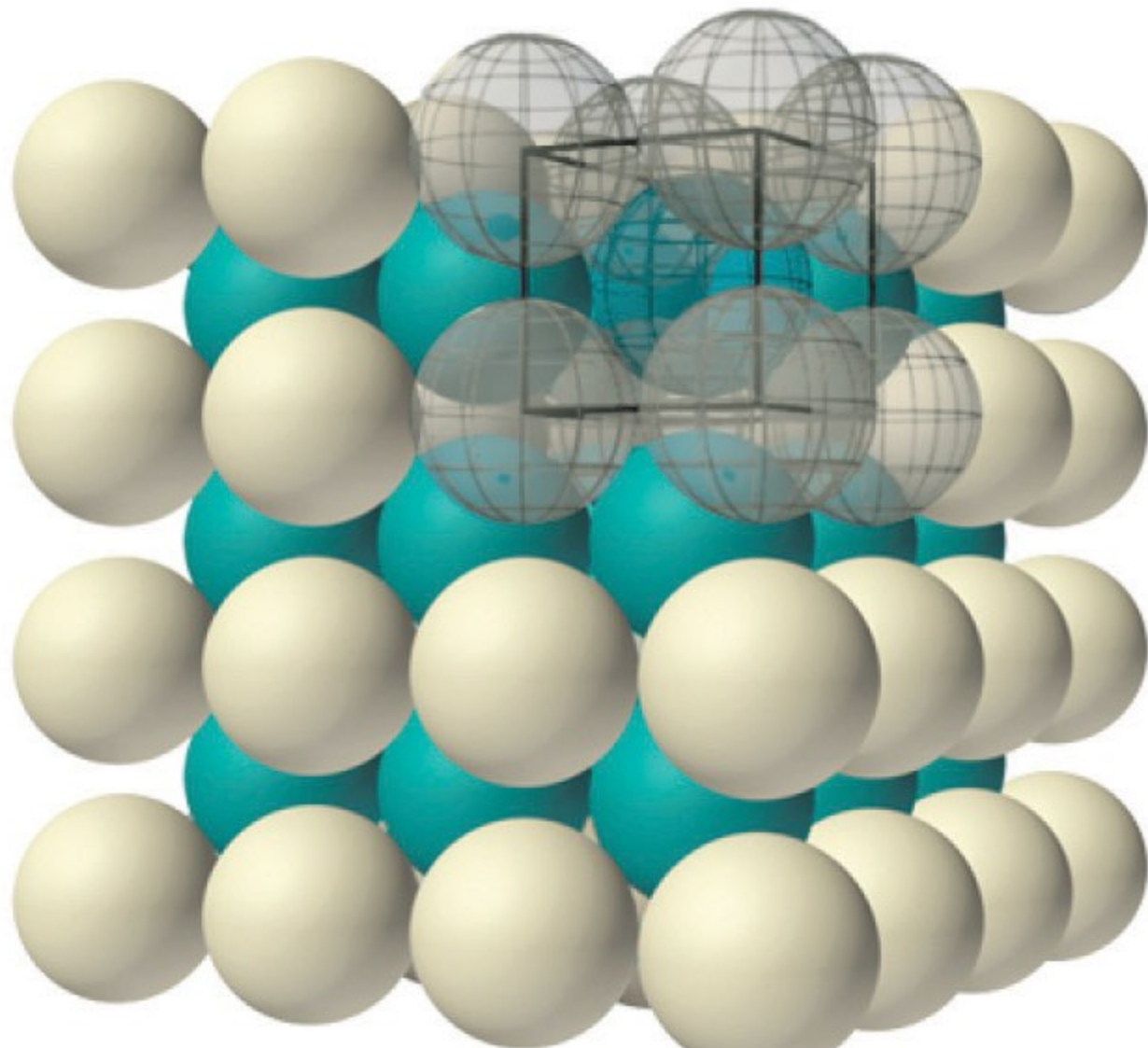
$Z = 1$

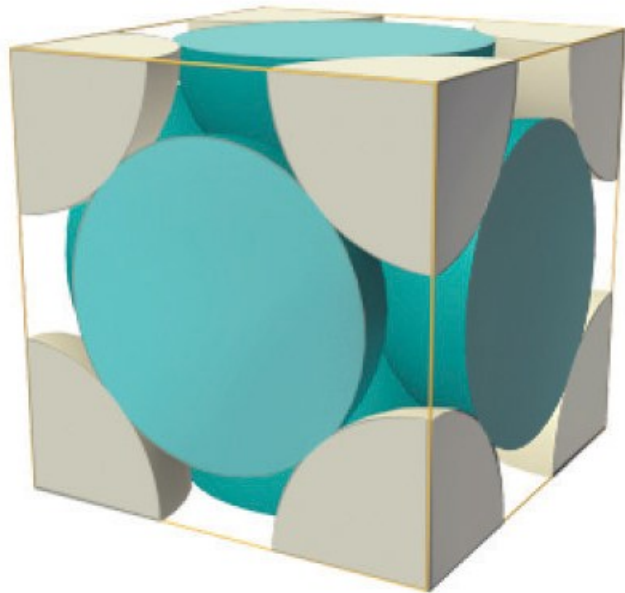
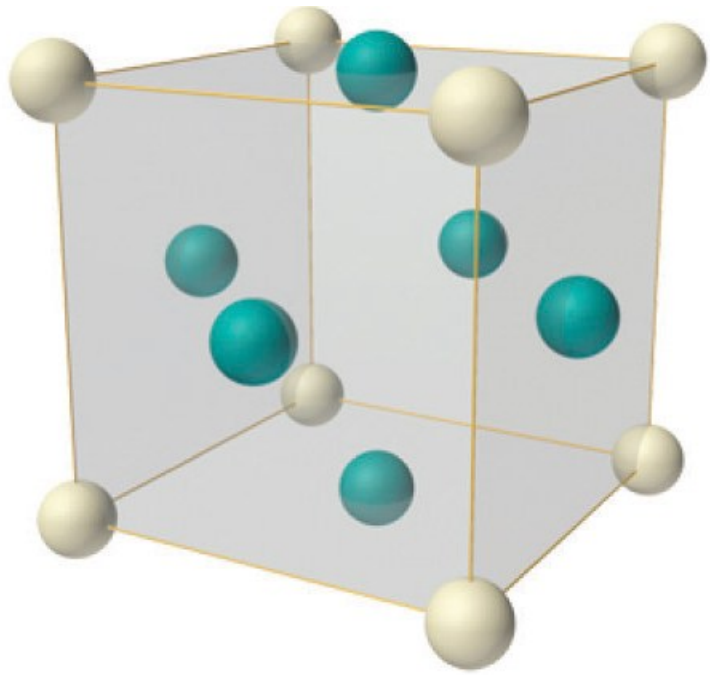


Centrado en el cuerpo (bcc)



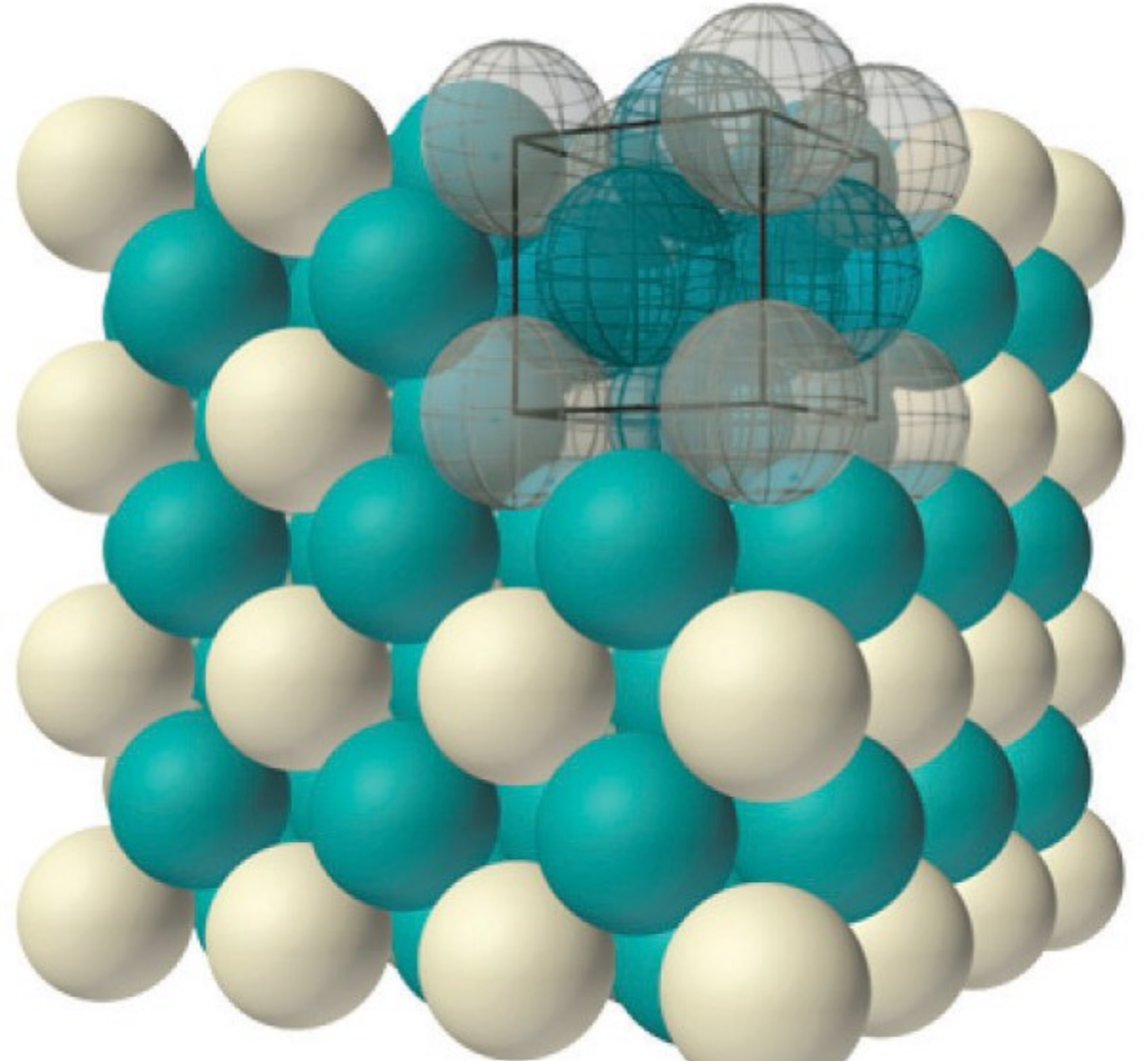
$$Z = 2$$





Cúbico compacto (fcc)

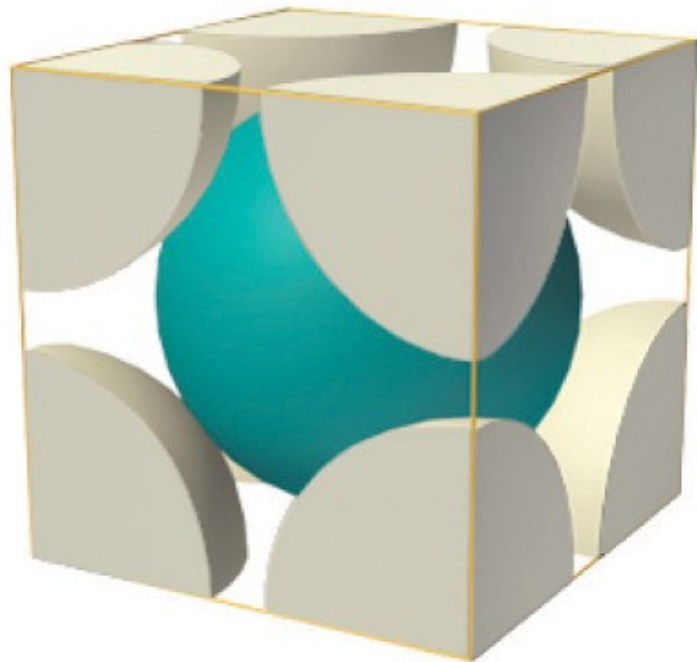
$$Z = 4$$



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

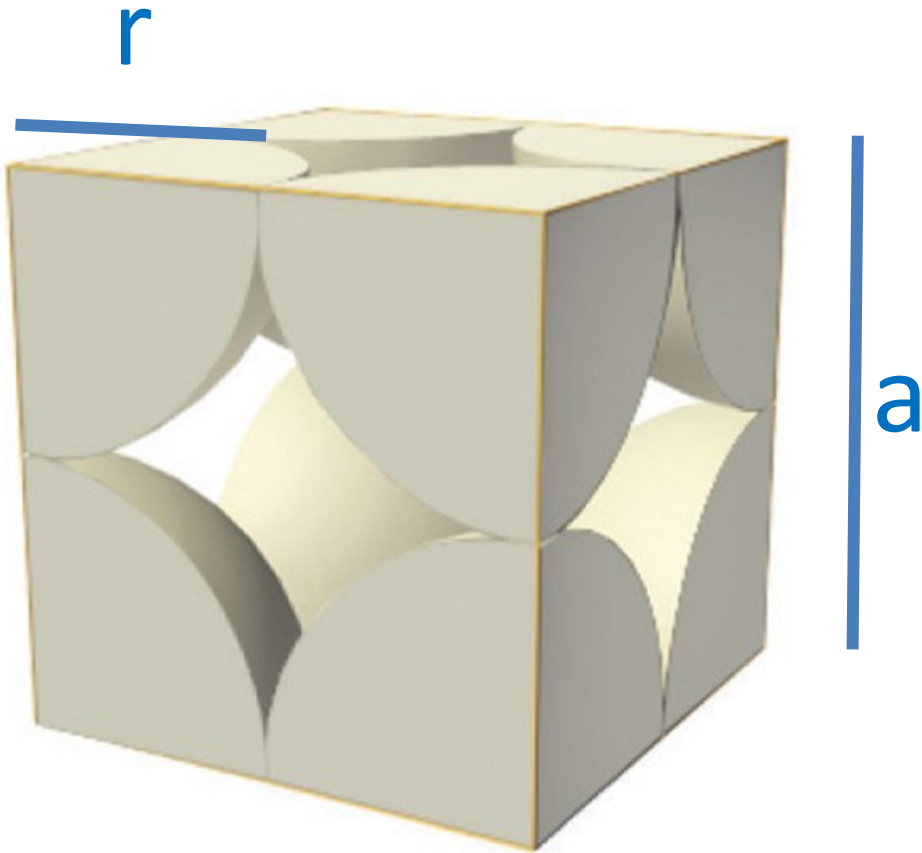
Ejercicio.

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

Sabiendo que el radio metálico del polonio es de 167.95 pm .

Y su masa es de 209.98 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 g/cm^3 . Y su forma estructural es cúbico simple.

Sabiendo que el radio metálico del polonio es de 167.95 pm .

Y su masa es de 209.98 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 g/cm^3

masa molecular = 63.5 g/mol

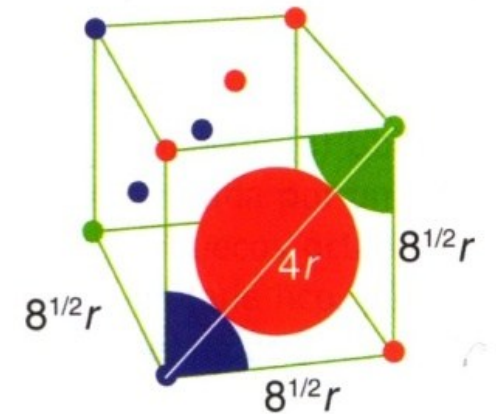
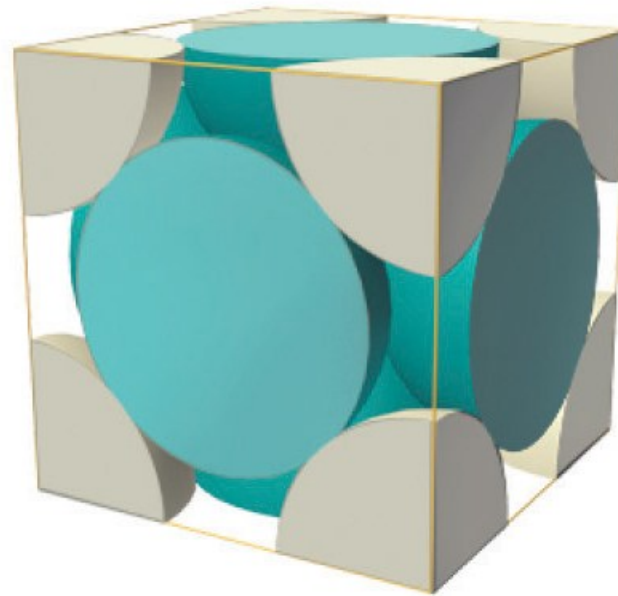


Figura 3.13 Dimensiones involucradas en el cálculo del factor de empaquetamiento en un arreglo compacto de esferas idénticas de radio r .

Ejercicio

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

densidad = 8.96 g/cm^3

masa molecular = 63.5 g/mol

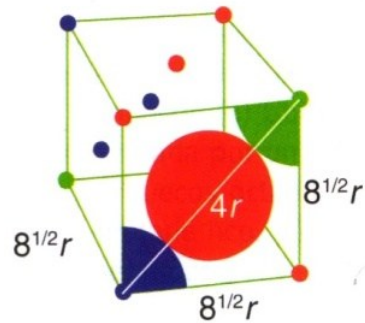
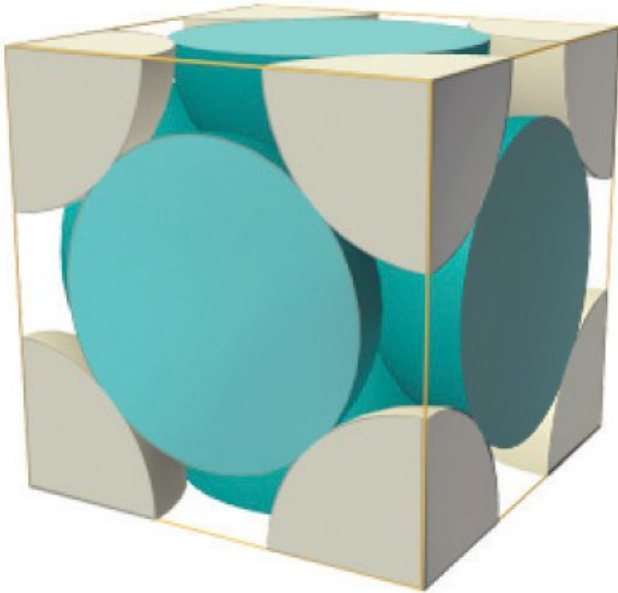


Figura 3.13 Dimensiones involucradas en el cálculo del factor de empaquetamiento en un arreglo compacto de esferas idénticas de radio r .

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

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

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

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

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

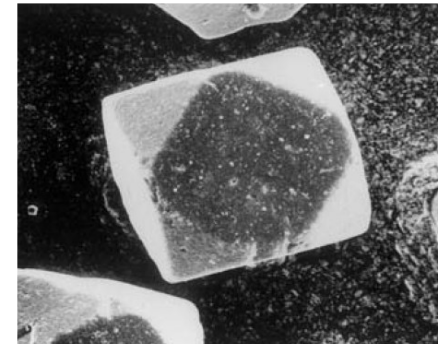
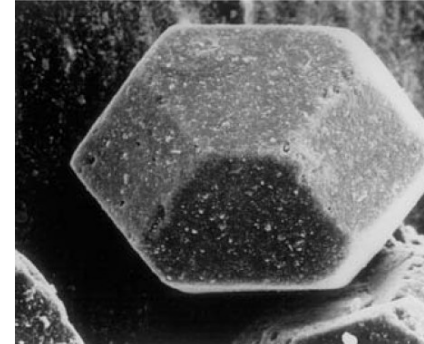
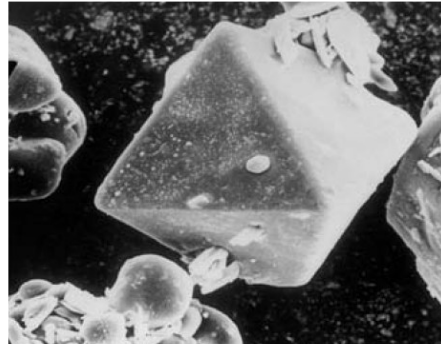
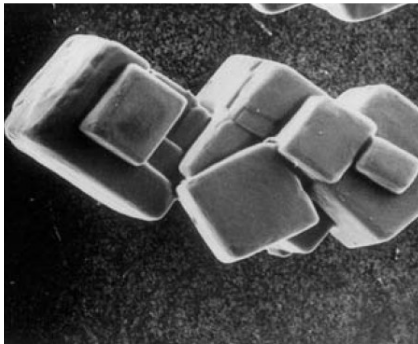
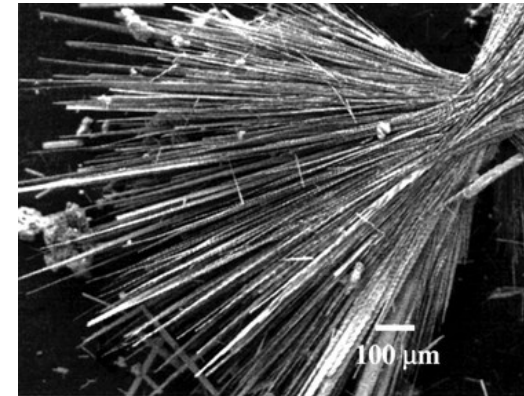
$$r = 1.277 * 10^{-8} \text{ cm} = \mathbf{127.7 \text{ pm}}$$

Comportamiento macroscópico de los sólidos

Nucleación

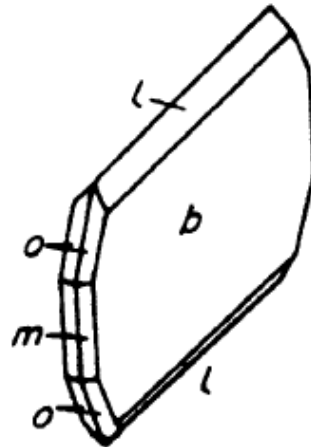
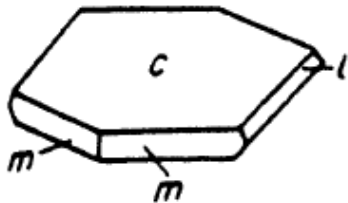
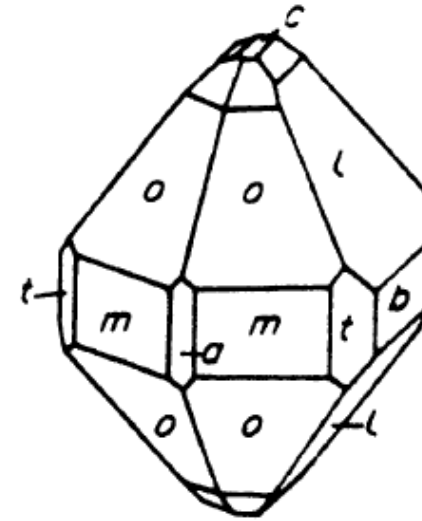
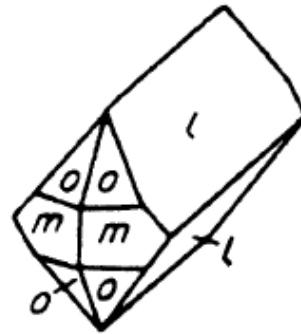
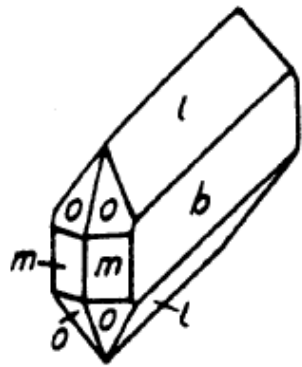
- A pesar de la clasificación de los cristales en 7 sistemas, la forma macroscópica en la que crecen los cristales en un sólido puede ser muy distintas, conocidas como hábitos:

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



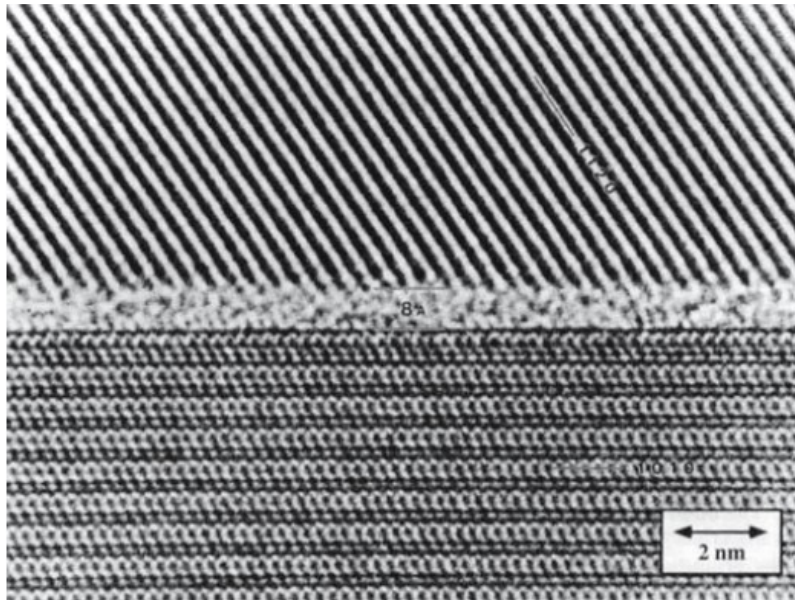
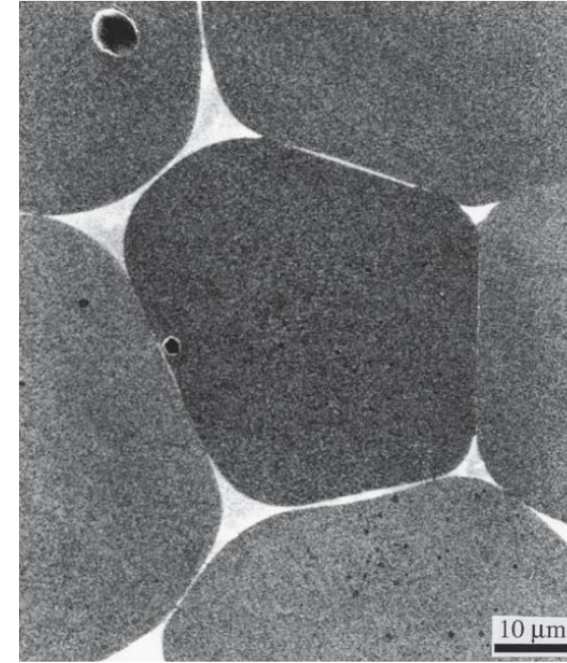
Dendritas

- 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).



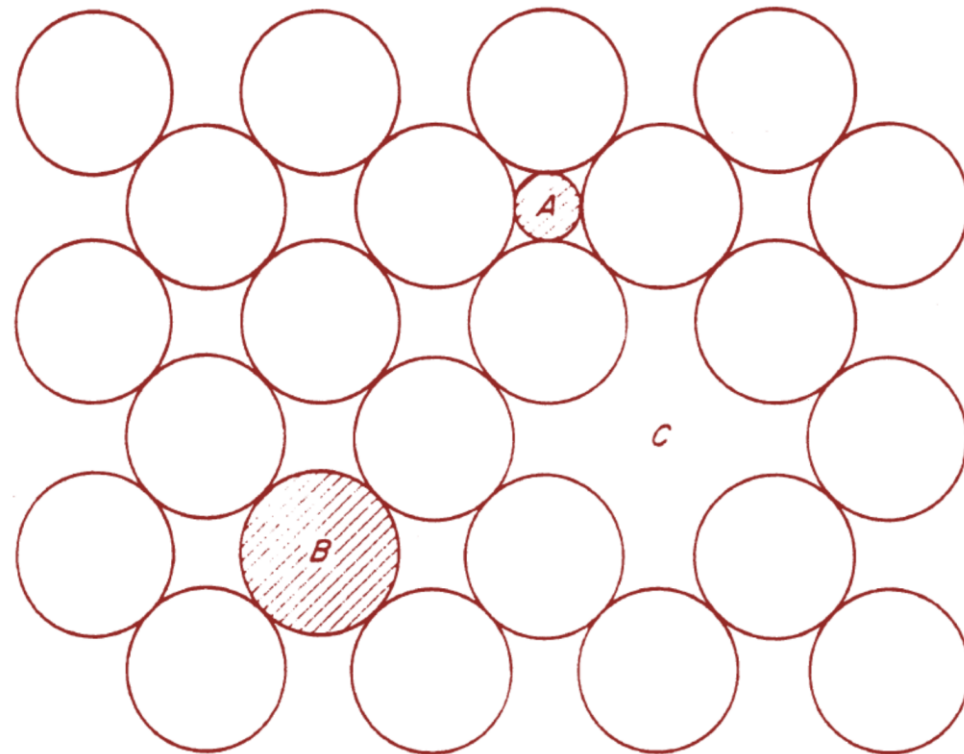
- Se conoce como grano a una parte del sólido que se compone de un mismo compuesto en determinada orientación y forma cristalina.

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.

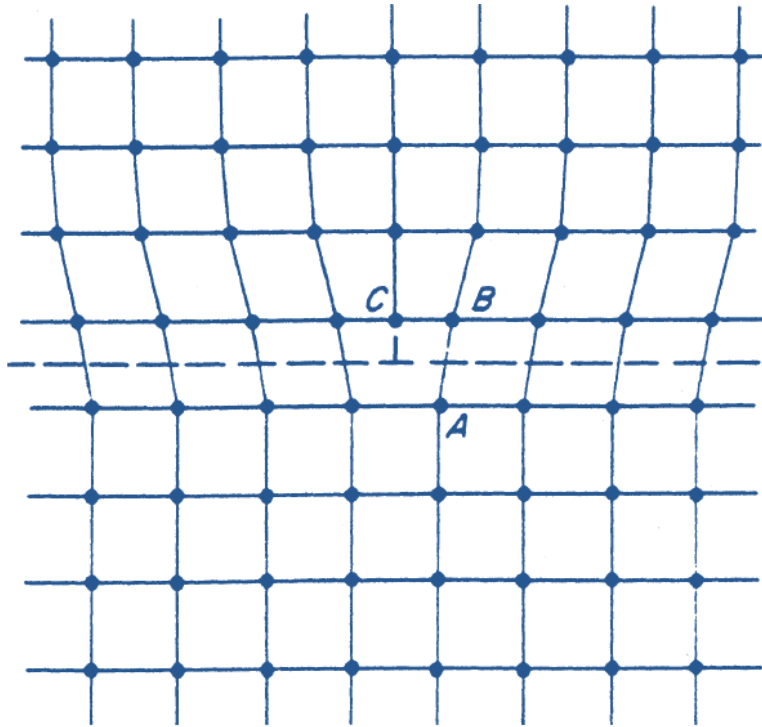
- Vacancias → Hay lugares que se encuentran desocupados (C).



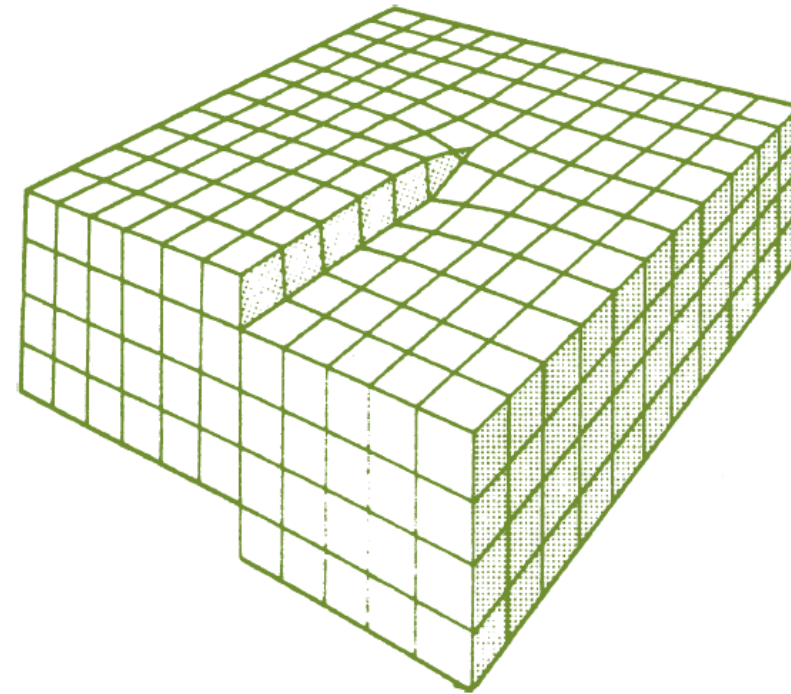
Defectos en los metales

- Lineales

- De borde

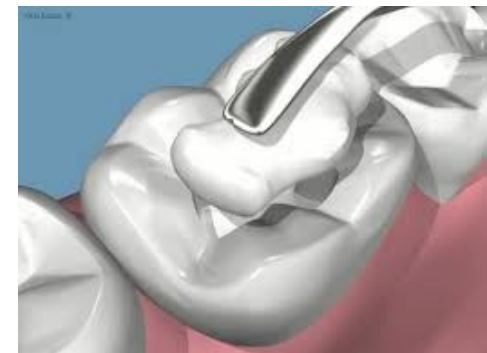


- Por torsión

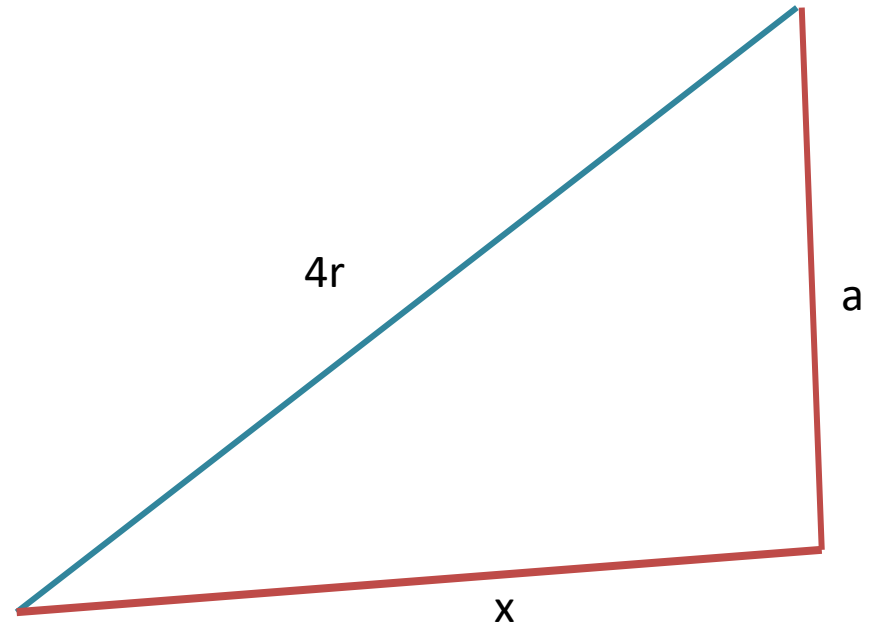
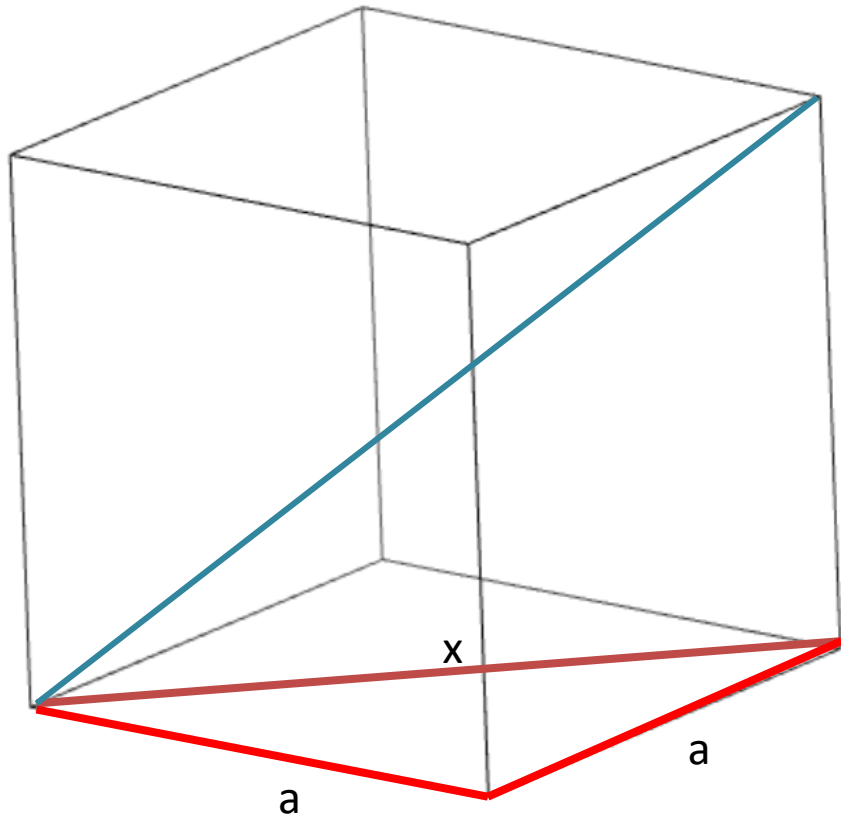


Aleaciones intersticiales y sustitucionales

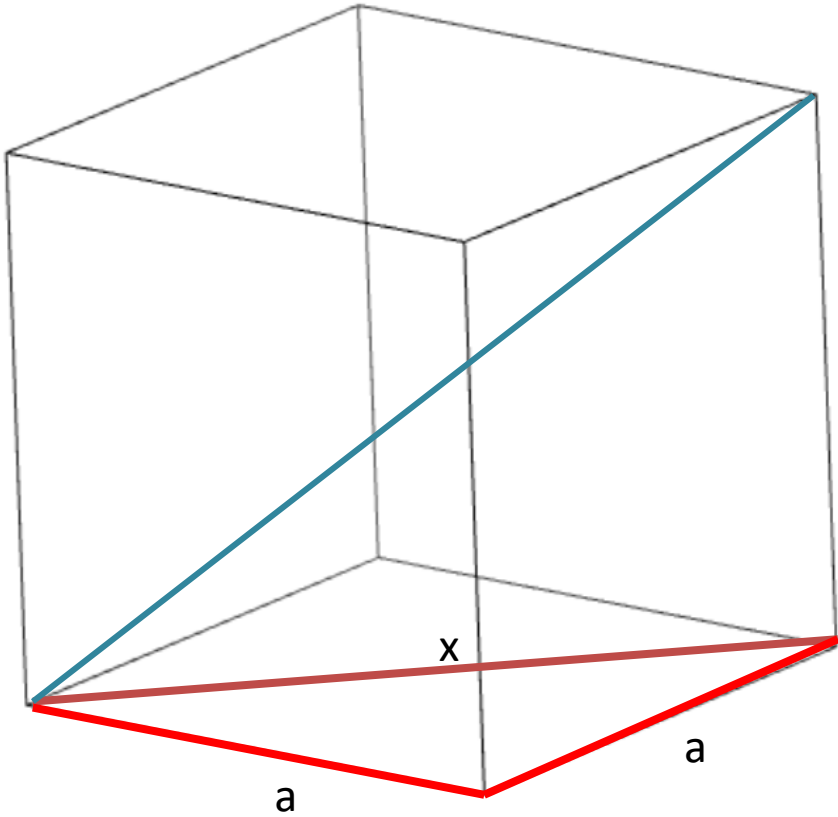
- **Alnico** (Al, Ni, Co, Cu, Ti) – **Magnetos**
- **Acero** (Fe, Carbon 0.002 - 2.1%)
- **Acero inoxidable** (Fe, 10.5-11% Cr y 0.002-2.1% C)
Forma CrO_3 en la superficie
- **Bronce** (88% Cu, 12% Sn)
- **Latón** (Cu y Zn)
- **Soldadura** (Sn y Pb) 63/37 % es la utilizada en trabajos electrónicos. **Entre 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.**



Cúbico centrado en el cuerpo



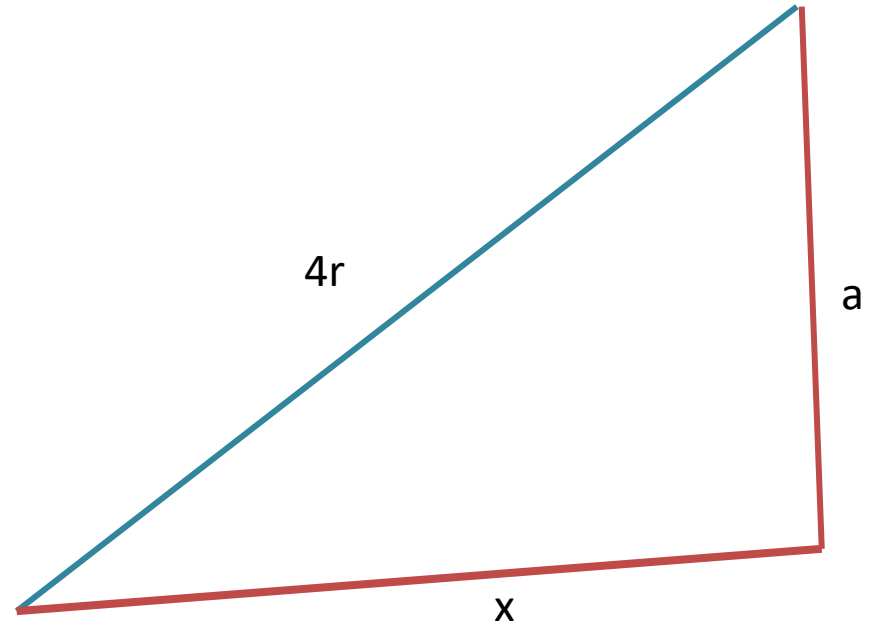
Cúbico centrado en el cuerpo



$$x^2 = a^2 + a^2$$

$$x^2 = 2a^2$$

$$x = \sqrt{2} a$$



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

$$(4r)^2 = (\sqrt{2}a)^2 + a^2$$

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

$$16r^2 = 3a^2$$

$$\frac{16}{3} r^2 = a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{16}{3}} r$$