

# Estructura de la Materia 2

Clase 1 - Teoría

## Docentes

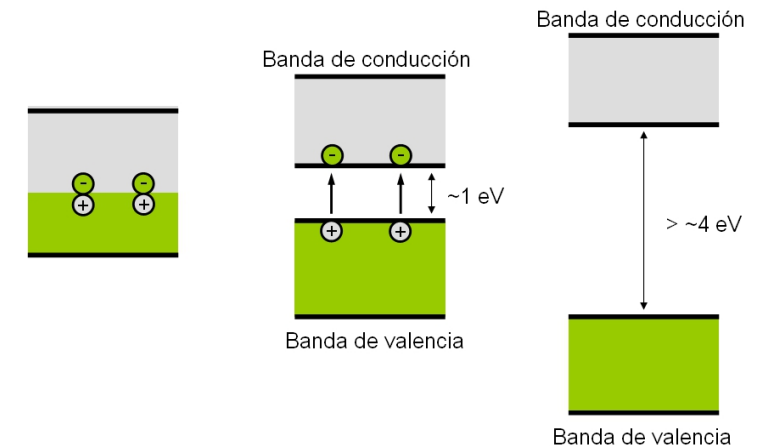
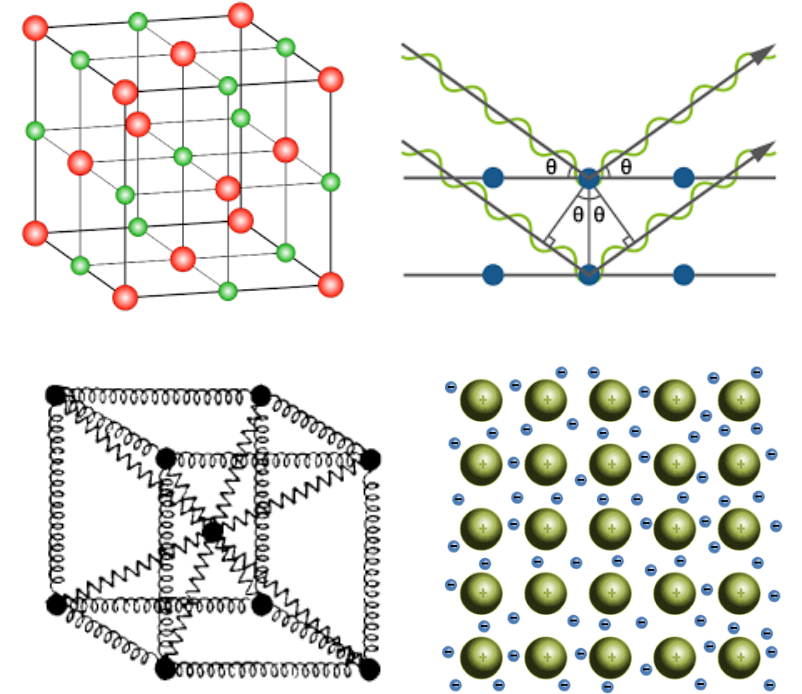
Gustavo Grinblat, Andrea Barral, Juan Herrera Mateos

Departamento de Física, FCEN, UBA – Curso de Verano, 2022

Web: <http://materias.df.uba.ar/edlm2a2022v>

# Programa de la materia

- Red cristalina, red recíproca y difracción de rayos X
- Clasificación de los sólidos y energía de cohesión
- Vibraciones, fonones y propiedades térmicas
- Electrones en sólidos (potencial periódico)
- Semiconductores y juntura semiconductor



# Cronograma de la materia

---

<b>Semana</b>	<b>Teórica</b>	<b>Práctica</b>
1 (31/01)	Red cristalina, red recíproca y DRX	Guía 1
2 (07/02)	Cohesión en sólidos, Dinámica de redes	Guías 1-2
3 (14/02)	Fonones y propiedades térmicas, e- libres	Guía 3
4 (21/02)	e- de Bloch y potencial periódico débil	Repaso y parcial - Guía 4
5 (28/02)	Modelo de enlaces fuertes	Guías 4-5
6 (07/03)	Dinámica de e-, Semiconductor intrínseco	Guías 6-7
7 (14/03)	Semiconductor extrínseco y juntura	Guía 7 - Repaso y parcial
8 (21/03)	-	1er recuperatorio
9 (28/03)	-	2do recuperatorio

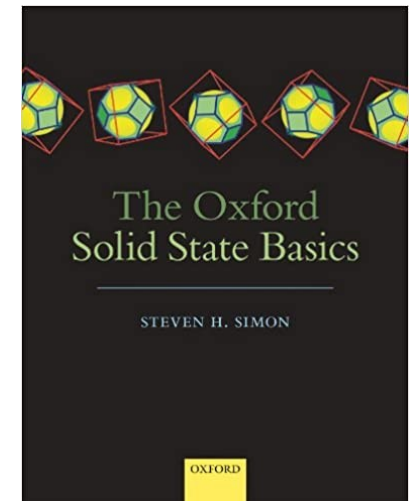
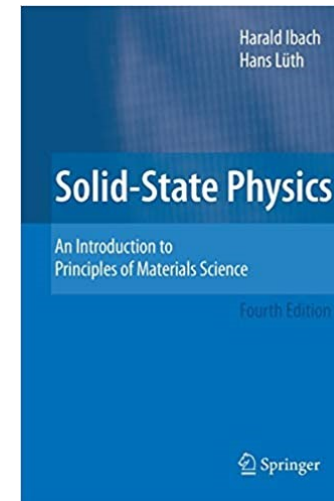
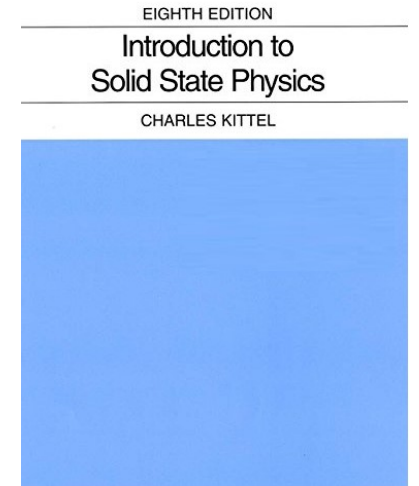
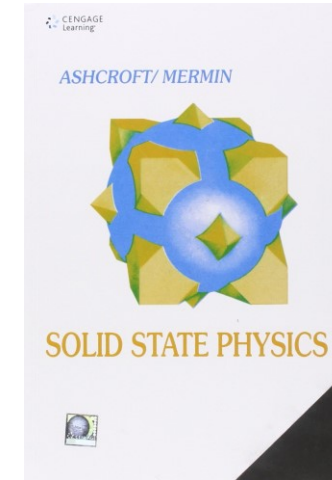
## **Régimen de promoción:**

Dos parciales con un recuperatorio c/u al final del cuatrimestre. Examen final.

# Literatura

---

- *Solid State Physics*, N. Ashcroft & N. Mermin
- *Introduction to solid state physics*, C. Kittel
- *The Oxford Solid State Basics*, S. Simon
- *Solid State Physics*, Ibach & Luth
- ...



# Material digital

---

- Edición previa del curso (2C 2020)

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLNbPNPgqTfs5buwHWp8FtAsT7pyu2y\\_Lf](https://www.youtube.com/playlist?list=PLNbPNPgqTfs5buwHWp8FtAsT7pyu2y_Lf)

- Clases Prof. P. Tamborenea, DF-UBA

<https://www.df.uba.ar/en/cursos-online/6629-estructura-de-la-materia-2-2do-cuatrimestre-2012>



- Clases Prof. S. Scandolo, ICTP (Italia)

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLZi2V5wYkgCIoOoFjHv8WooNGLokyto7p>



- Clases Prof. S. H. Simon, Oxford (Inglaterra)

<http://podcasts.ox.ac.uk/series/oxford-solid-state-basics>



- Clases Prof. G. Rangarajan, IIT Madras (India)

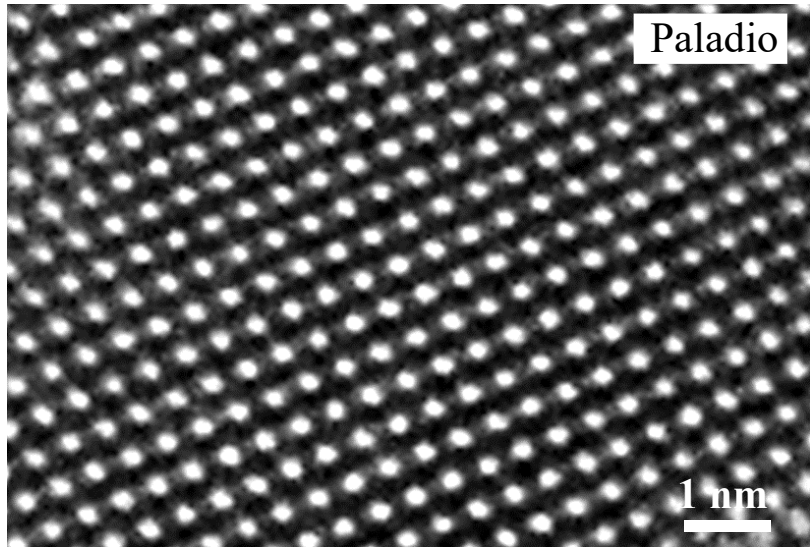
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLbMVogVj5nJRjLrXp3kMtrIO8kZl1D1Jp>



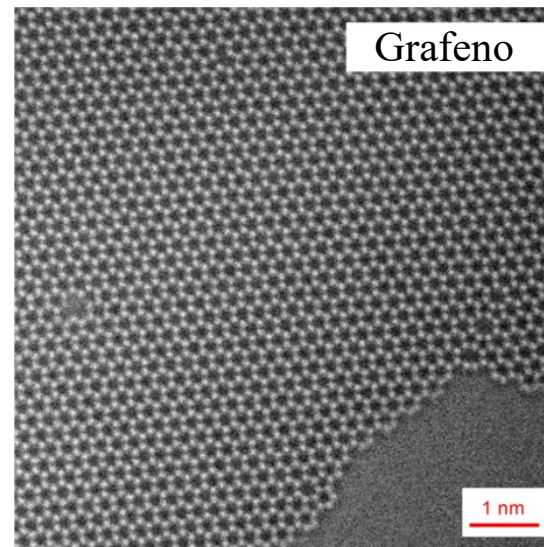
- ...

# Redes cristalinas

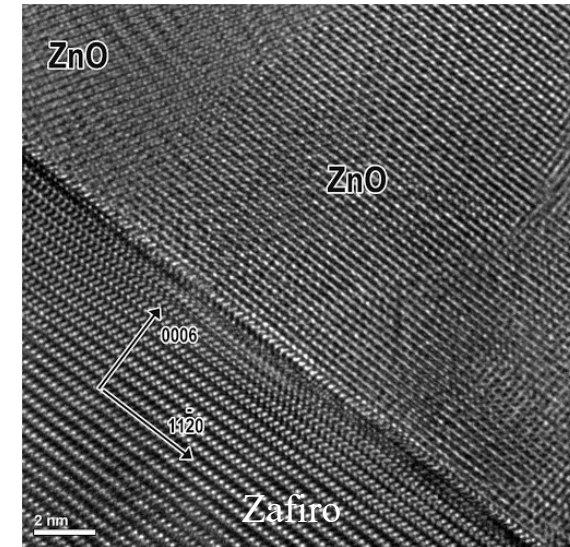
## Imágenes de microscopía electrónica de alta resolución



<https://www.knmf.kit.edu/TEM.php>



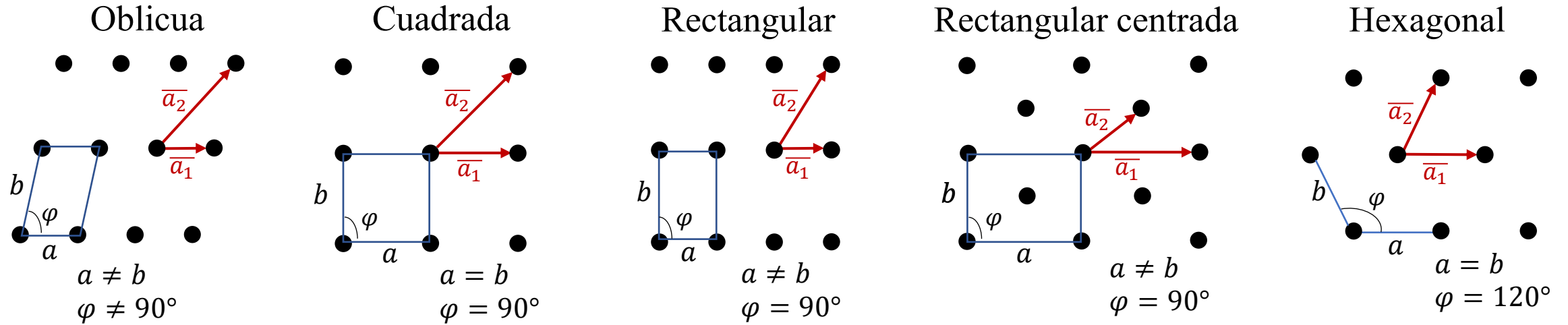
<https://www.salve-project.de/>



<http://www.microscopy.cz/>

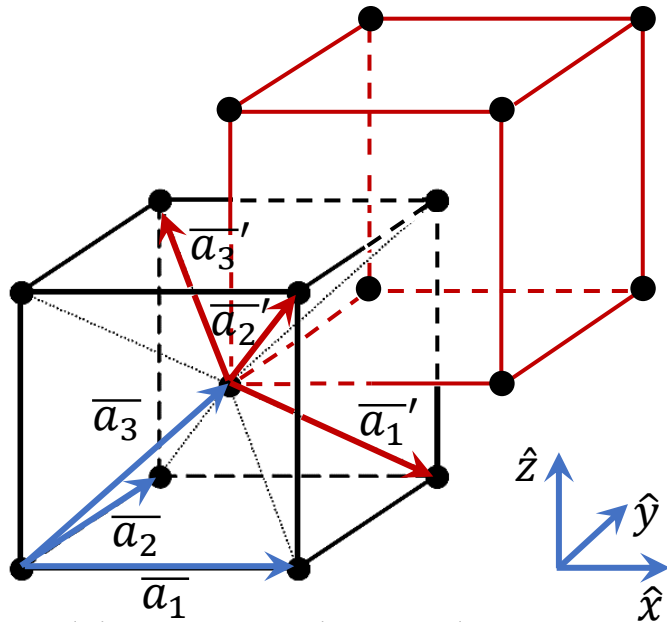
# Redes cristalinas: Redes en 2D

## Redes de Bravais en 2D



# Redes cristalinas: Redes en 3D

## Otras redes de simetría cúbica



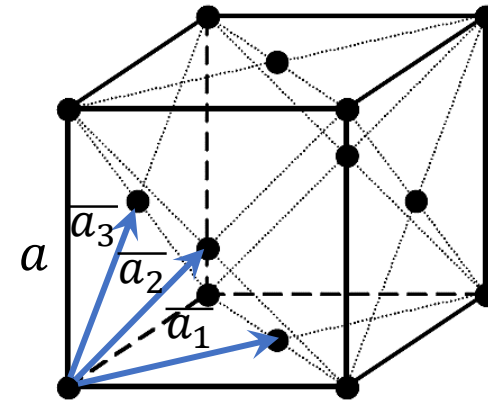
$$\begin{aligned}\bar{a}_1' &= (a/2)(\hat{x} + \hat{y} - \hat{z}) \\ \bar{a}_2' &= (a/2)(\hat{z} + \hat{x} - \hat{y}) \\ \bar{a}_3' &= (a/2)(\hat{y} + \hat{z} - \hat{x})\end{aligned}$$

Cúbica centrada en el cuerpo  
(BCC, *body-centered cubic*)

$$\bar{a}_1 = a\hat{x}$$

$$\bar{a}_2 = a\hat{y}$$

$$\bar{a}_3 = (a/2)(\hat{x} + \hat{y} + \hat{z})$$



Cúbica centrada en las caras  
(FCC, *face-centered cubic*)

$$\bar{a}_1 = (a/2)(\hat{x} + \hat{y})$$

$$\bar{a}_2 = (a/2)(\hat{x} + \hat{z})$$

$$\bar{a}_3 = (a/2)(\hat{y} + \hat{z})$$



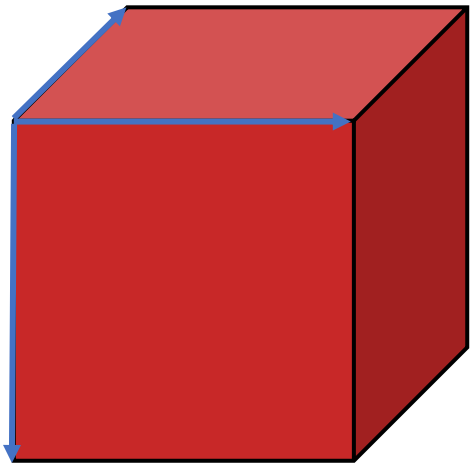
# Redes cristalinas: Redes de Bravais en 3D

	<p>Cúbica</p> $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	<p>Tetragonal</p> $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	<p>Ortorrónica</p> $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	<p>Hexagonal</p> $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	<p>Monoclónica</p> $a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	<p>Trigonal</p> $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ < 120^\circ$
Simple						
Centrada en el cuerpo						
Centrada en las caras		<i>Equivale a una tetragonal centrada en el cuerpo</i>				
Centrada en las bases	<i>Equivale a una tetragonal simple</i>	<i>Equivale a una tetragonal simple</i>				

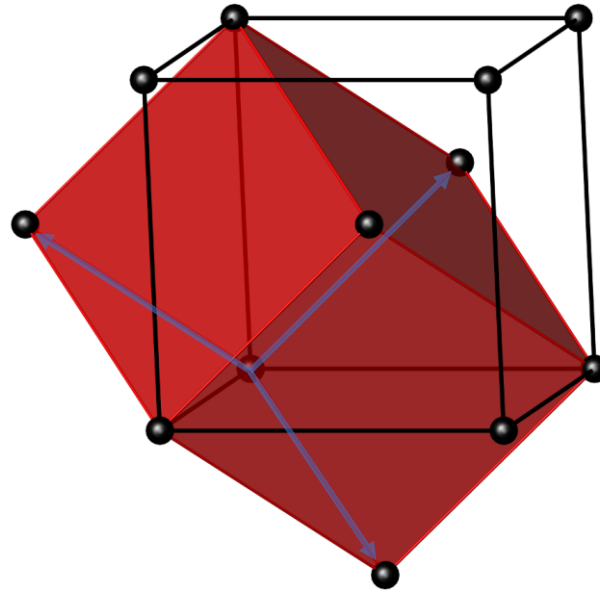
# Redes cristalinas: Celda primitiva

---

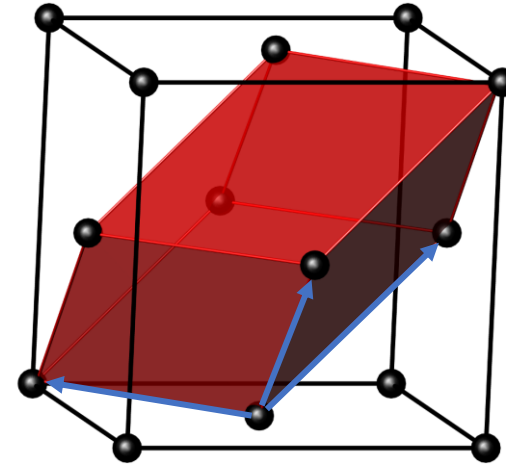
## Celda primitiva (CP)



CP de una SC



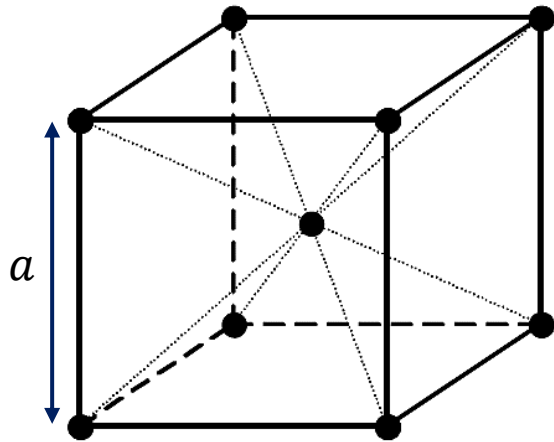
CP de una BCC



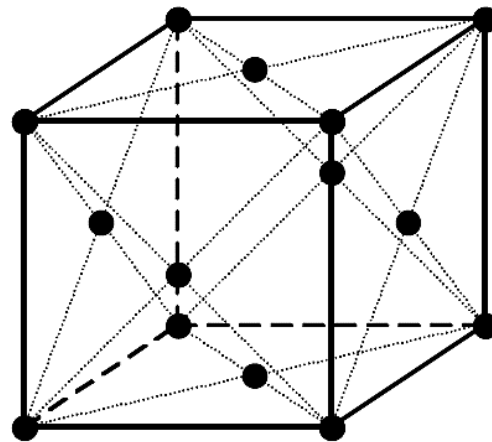
CP de una FCC

# Redes cristalinas: Celda unidad

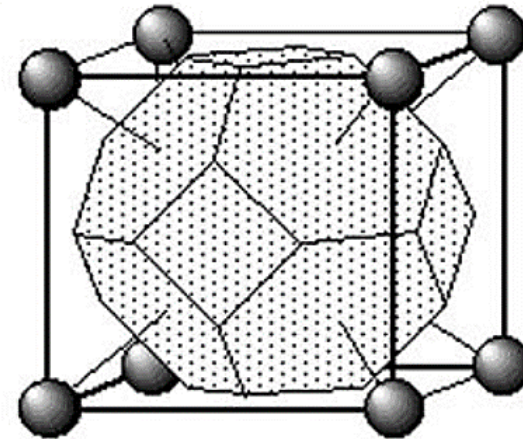
## Celda unidad no-primitiva



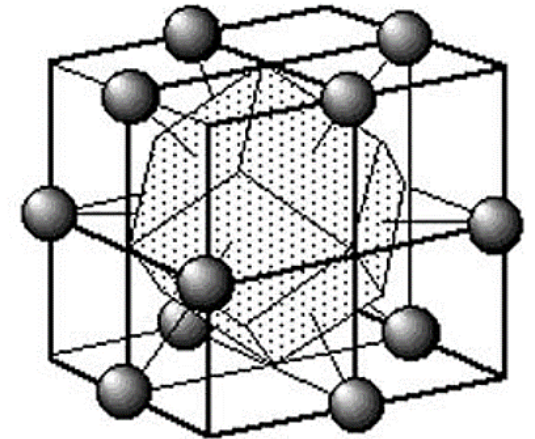
CU cúbica de una BCC



CU cúbica de una FCC



Celda de WZ de una BCC

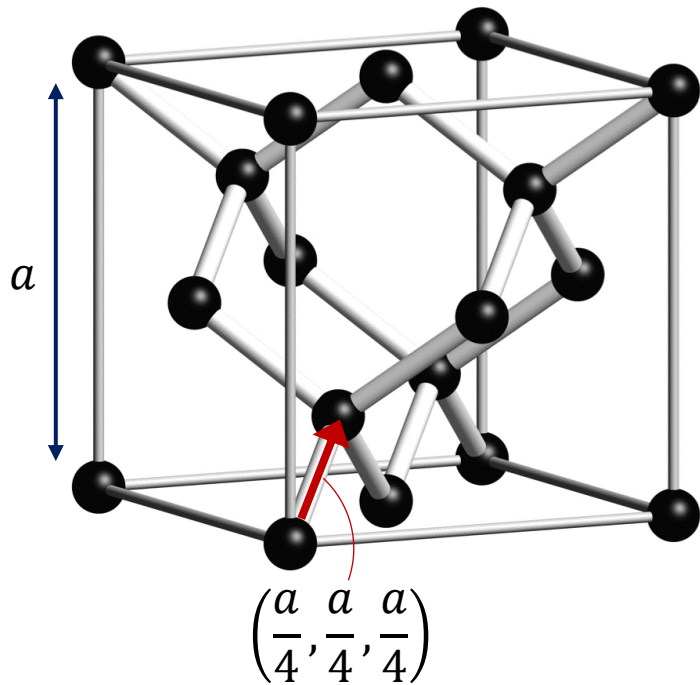


Celda de WZ de una FCC

# Redes cristalinas: Red con una base

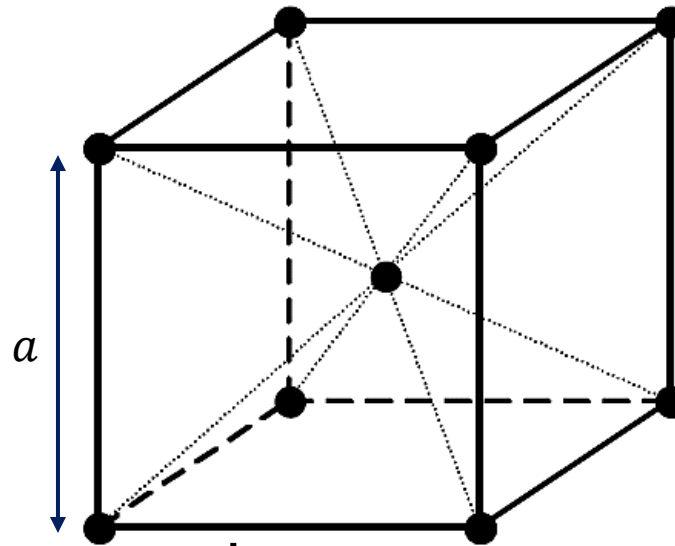
## Estructura cristalina; Red con una base

Ejemplos en 3D. El concepto se puede utilizar también para enfatizar la simetría de una RB.

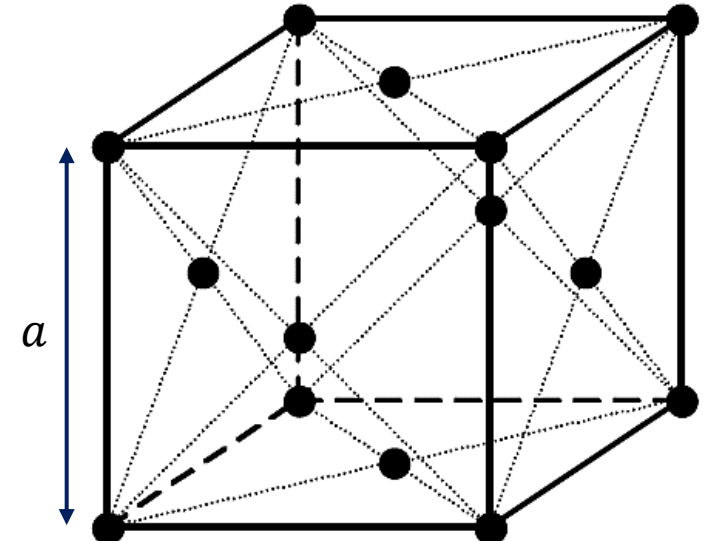


Diamante: 2 FCC interpenetradas.

$$\text{FCC} + \left\{ \mathbf{0}; \frac{a}{4} (\hat{x} + \hat{y} + \hat{z}) \right\}$$



$$\text{BCC: SC} + \left\{ \mathbf{0}; \frac{a}{2} (\hat{x} + \hat{y} + \hat{z}) \right\}$$

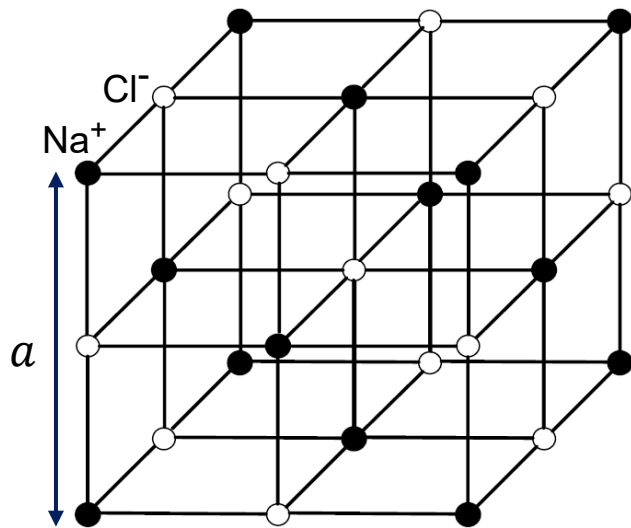


$$\text{FCC: SC} + \left\{ \mathbf{0}; \frac{a}{2} (\hat{x} + \hat{y}); \frac{a}{2} (\hat{y} + \hat{z}); \frac{a}{2} (\hat{z} + \hat{x}) \right\}$$

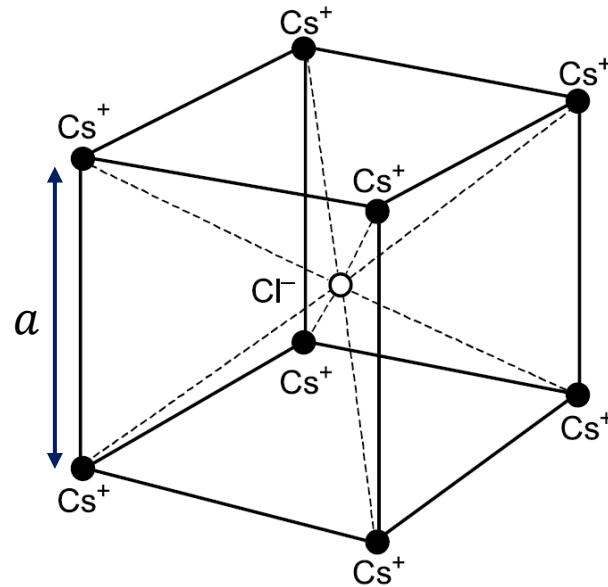
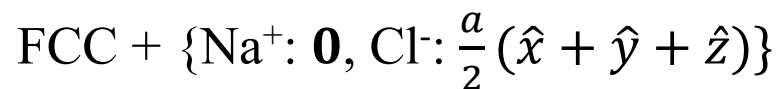
# Redes cristalinas: Red con una base

## Estructura cristalina; Red con una base

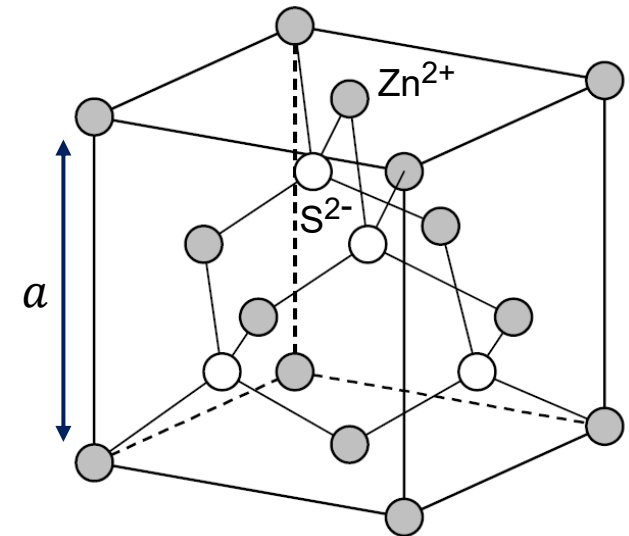
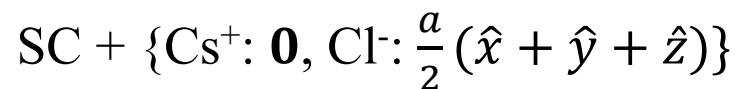
Ejemplos de estructuras diatómicas.



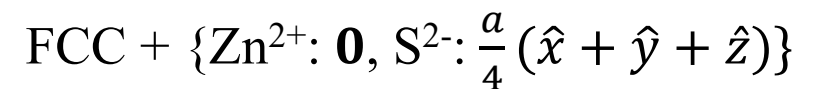
Cloruro de Sodio



Cloruro de Cesio



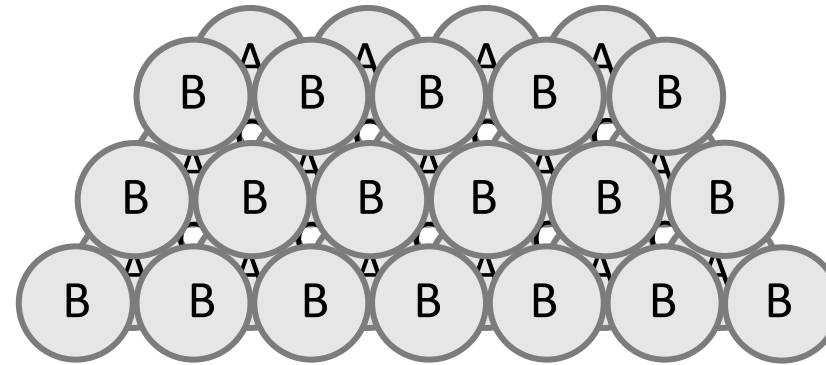
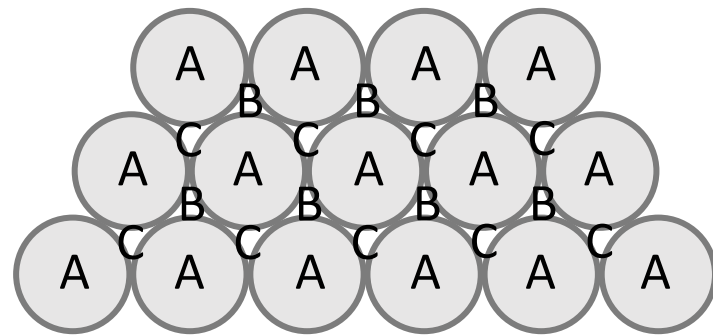
Sulfuro de Zinc (Zinc blenda)



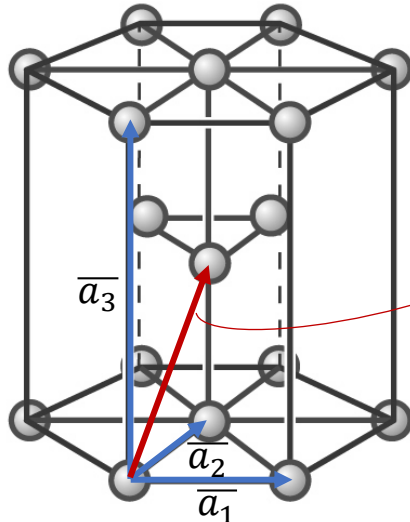
# Redes cristalinas: Empaquetamiento

## Empaquetamiento compacto

Apilamos pequeñas esferas rígidas (“átomos”) que se atraen e intentan acercarse lo máximo posible.



Continuamos apilando a las esferas  $\rightarrow$  ...ABCABC... (FCC) ó ...ABABAB... (HCP).



Hexagonal compacta (HCP, *hexagonal close-packed*)

Hexagonal simple + base de 2 átomos.

$$\frac{1}{3}\overline{a_1} + \frac{1}{3}\overline{a_2} + \frac{1}{2}\overline{a_3}$$

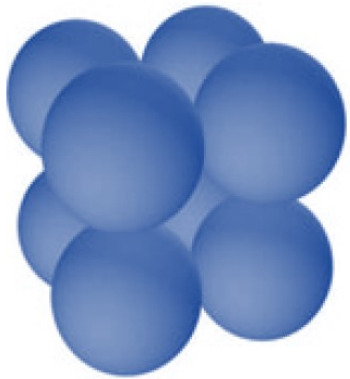
Unos 30 elementos cristalizan en esta estructura: Cd, Co, Mg, Nd, Ti, Zn, etc.

# Redes cristalinas: Empaquetamiento

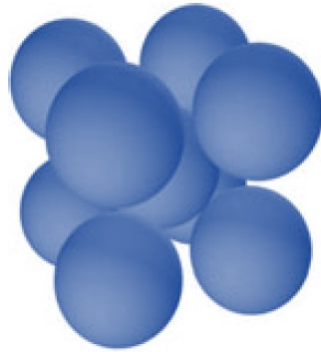
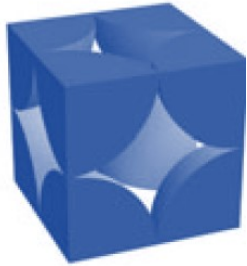
---

## Empaquetamiento compacto

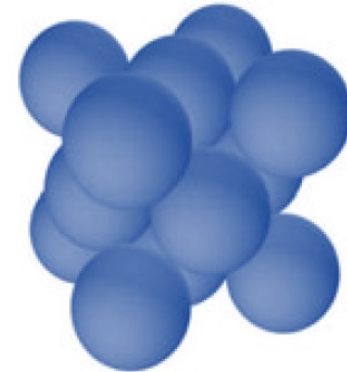
Comparemos el apilamiento de una SC, BCC, y FCC.



SC



BCC



FCC



¡La SC es la menos compacta de las estructuras!

# Resumen

- Redes de Bravais
- Celda primitiva, celda de Wigner-Seitz
- Celda unidad o celda convencional
- Red con una base, estructura cristalina
- Empaquetamiento compacto
- Red recíproca

