

Mineralogía

Turmalina



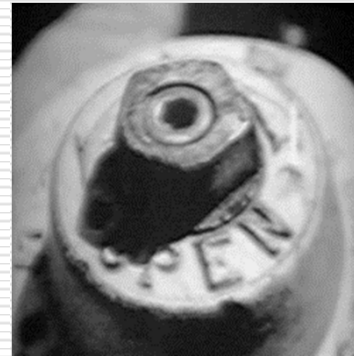
Willemita



Vanadinita



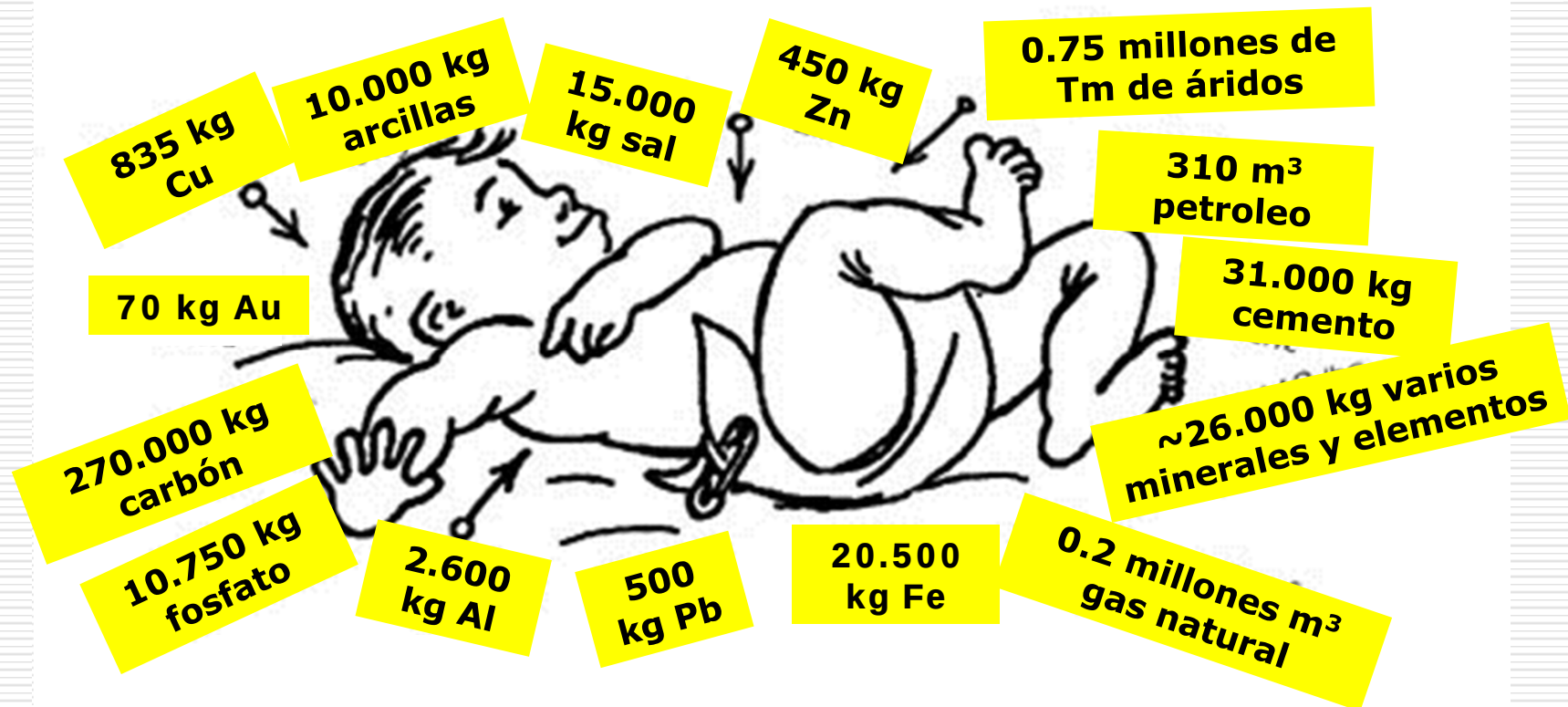
¿Por qué estudiar los minerales y las rocas?



El mundo en que vivimos depende de ellos...

¿Por qué estudiar los minerales y las rocas?

Cada persona del 1^{er} mundo a lo largo de su vida consume ...



~1.7 millones de toneladas de minerales, metales, combustibles,...

¿Qué es un mineral?

- Definición: Sólido de estructura homogénea formado de manera natural por procesos inorgánicos, con una composición química definida y una estructura atómica ordenada.



Desmenuzando la definición....

- Sólido de estructura homogénea: Conformado por una única sustancia sólida, la cual no puede ser dividida físicamente en compuestos químicos más simples...



Turmalina

Desmenuzando la definición....

- Origen natural e inorgánico:
 - Lo distingue de aquellos minerales *sintéticos*: elaborados por procesos industriales o de laboratorio...
 - Lo distingue de aquellos sintetizados de manera orgánica

Cráneo Humano
(hidroxiapatito)



Diente Fósil de Tiburón



Desmenuzando la definición....

- Composición química definida:
 - Que puede ser expresado mediante una fórmula química específica (aunque no necesariamente constante)... ESTEQUIOMETRÍA

Cuarzo= SiO_2



Olivino= $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$



Desmenuzando la definición....

- Estructura atómica ordenada:
 - Los átomos forman una estructura geométrica regular. Es decir... son cristales
 - Los materiales no cristalinos son amorfos. Algunos son naturales: **mineraloides** (p. Ej. ópalo, obsidiana, ámbar, azabache,...)

Los minerales son cristales...

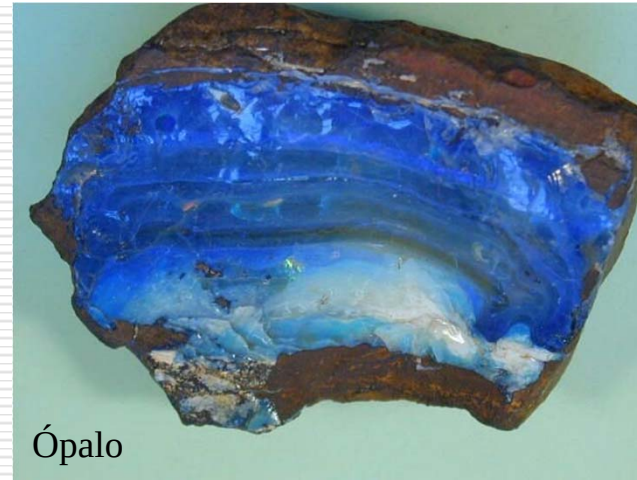


Mineraloides

Obsidiana



Ópalo



Ámbar



Azabache



... los mineraloides no.

¿Qué es una roca?

- Definición:
 - Material natural cohesivo conformado por granos de uno o más minerales.

Eclogita: Granate + Piroxeno + Rutilo

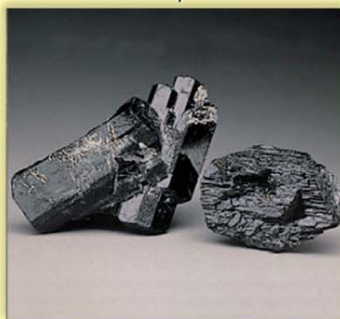
Las rocas están hechas de minerales...



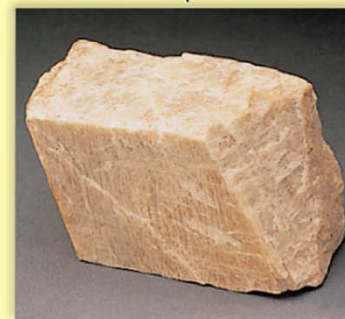
Granito (roca)



**Cuarzo
(mineral)**



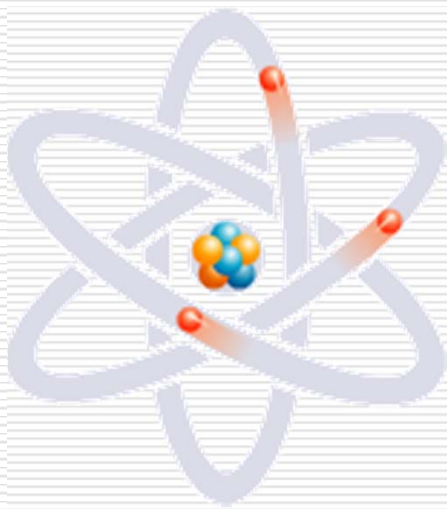
**Hornblenda
(mineral)**



**Feldespato
(mineral)**

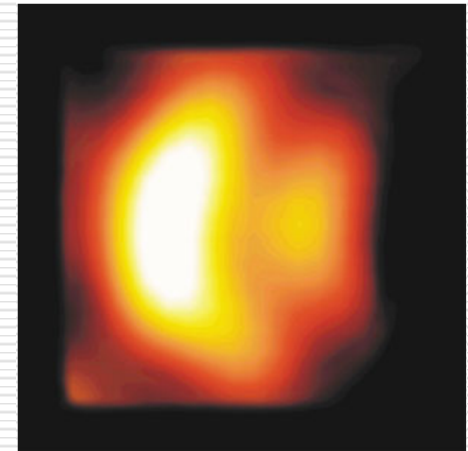
Comenzando desde el principio...

- ❑ La composición y estructura de un mineral depende de reacciones químicas
- ❑ Elemento: Substancia fundamental que constituye la materia
- ❑ Átomo: Partícula más pequeña de la materia que retiene las propiedades químicas de un elemento



Átomo:

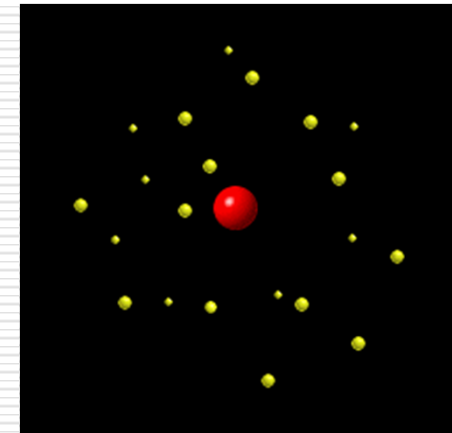
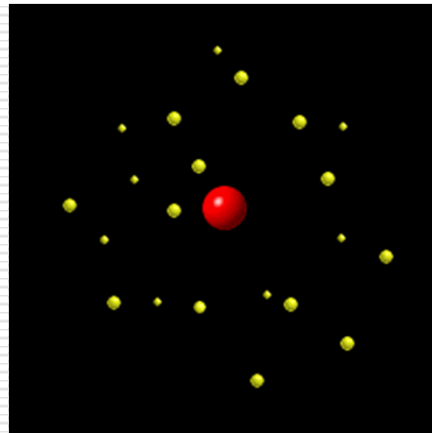
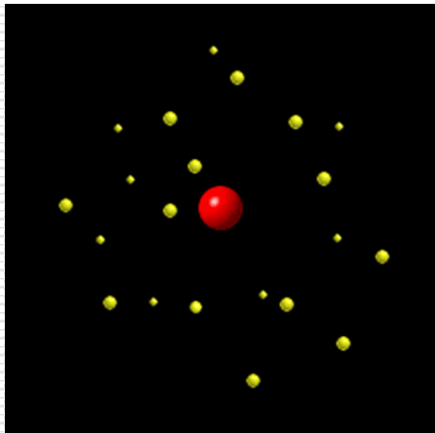
Núcleo {
Protones (Z^+)
Neutrones (N^0)
Electrones (e^-)



Átomo de Silicio observado con un microscopio de fuerza atómica
 10^{-10} m = 0.0000000001 metros

Propiedades de los elementos

- Número Atómico (Z):
 - Es el número de protones presentes en un átomo
 - Es la propiedad más importante de un átomo pues controla su configuración electrónica (número de electrones) y por lo tanto sus propiedades químicas



La Tabla Periódica de los Elementos

- Las propiedades químicas de los elementos son una función periódica del número atómico...

The Periodic Table of Elements

6 **C** Atomic Number = Number of Protons = Number of Electrons
 Chemical Symbol
 CARBON Chemical Name
 12 Atomic Weight = Number of Protons + Number of Neutrons

NON-METALS

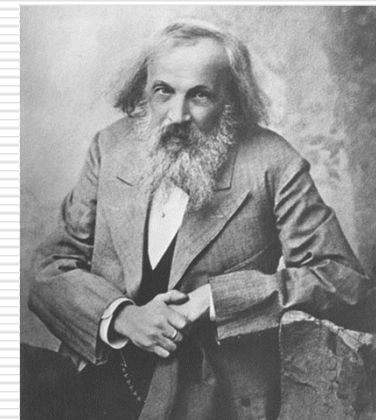
METALS

KEY

- ☐ = Solid at room temperature
- ☒ = Liquid at room temperature
- ☒ = Gas at room temperature
- ☒ = Radioactive
- ☒ = Artificially Made

<http://education.jlab.org/>

Last revised on April 6, 2003



D.I. Mendeleev (1834 – 1907)

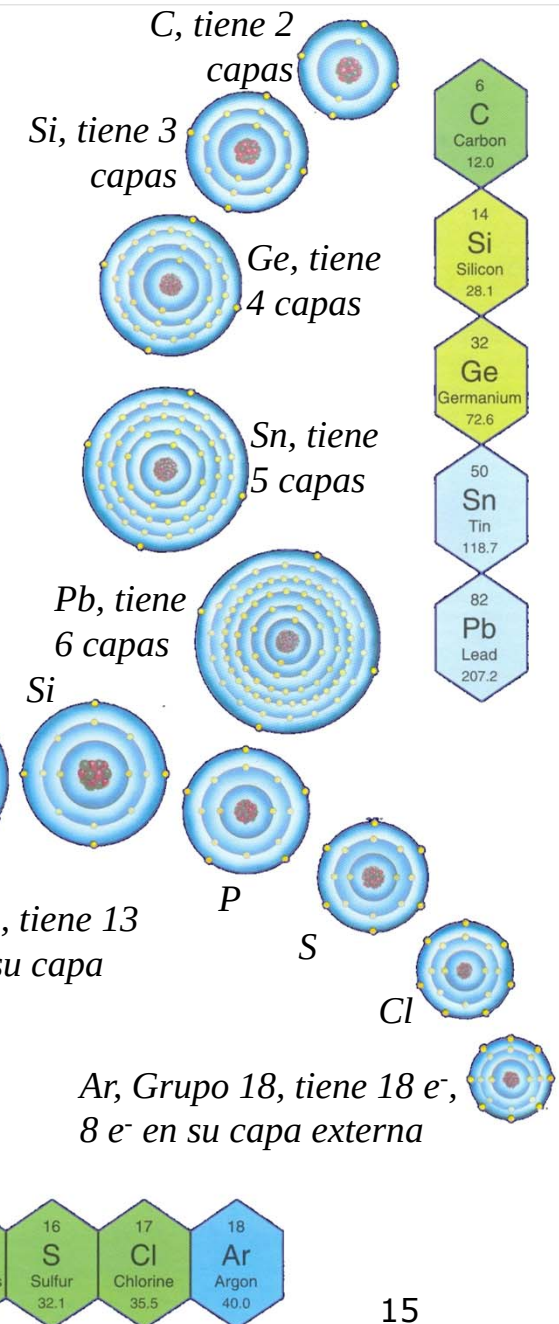
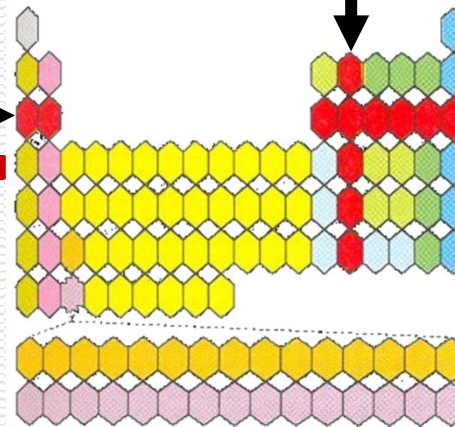
Configuración electrónica

- **Periodos:** Distintos niveles energéticos (capas)
- **Grupos:** Misma configuración en la capa más externa

La posición de un elemento en la tabla periódica nos permite conocer sus propiedades químicas...

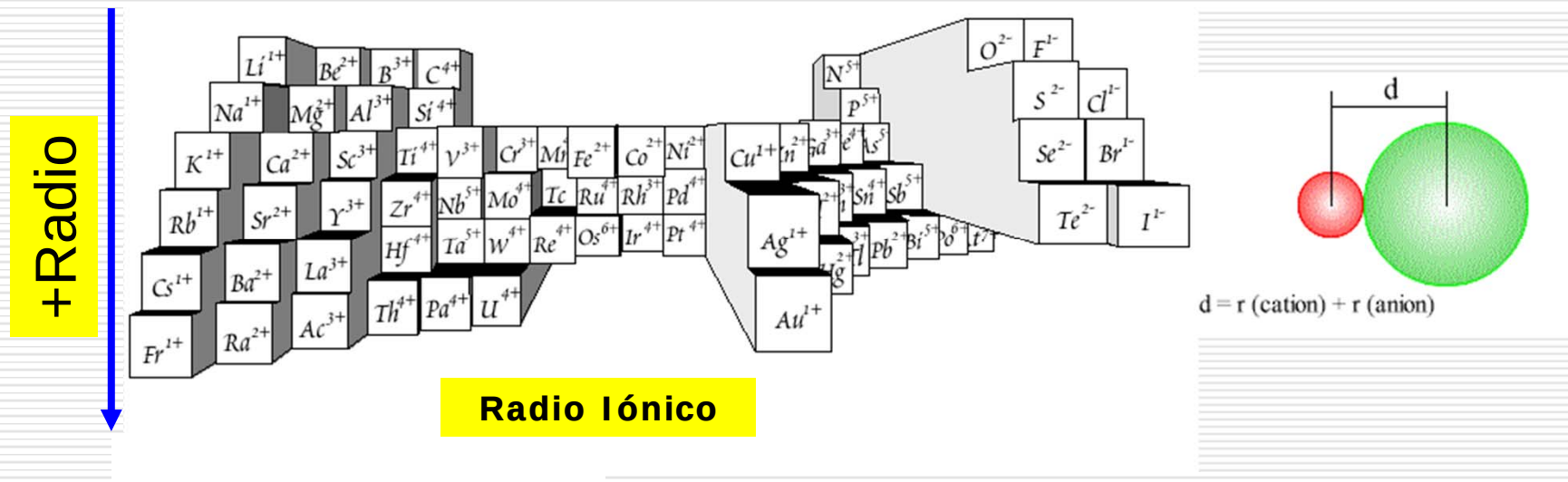
Periodo 3

Grupo 14



Algunas propiedades químicas de los elementos

- **Valencia:** El número de electrones que un átomo es capaz de ceder o aceptar.
- **Radio Iónico:** Se deduce a partir de la distancia del enlace cuando un átomo está enlazado con otro. Controla:
 - Substiciones en las redes cristalinas (isomorfismo)
 - La solubilidad

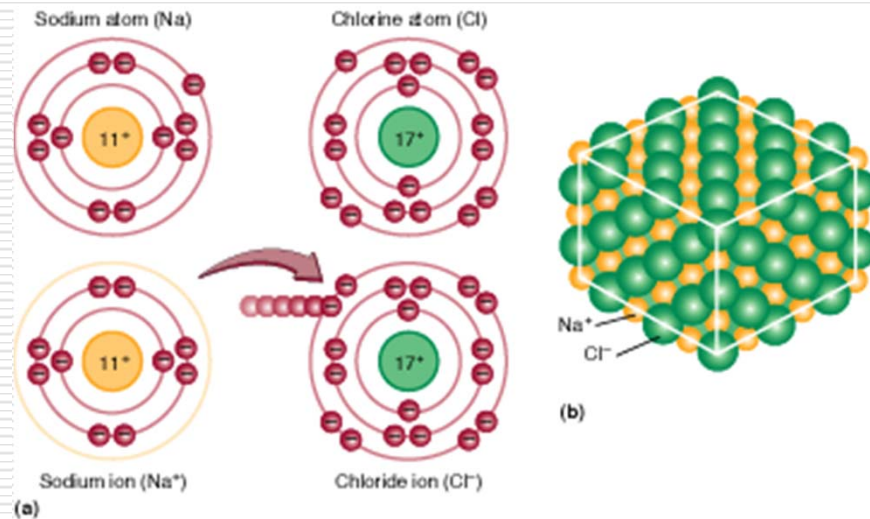


En resumen...

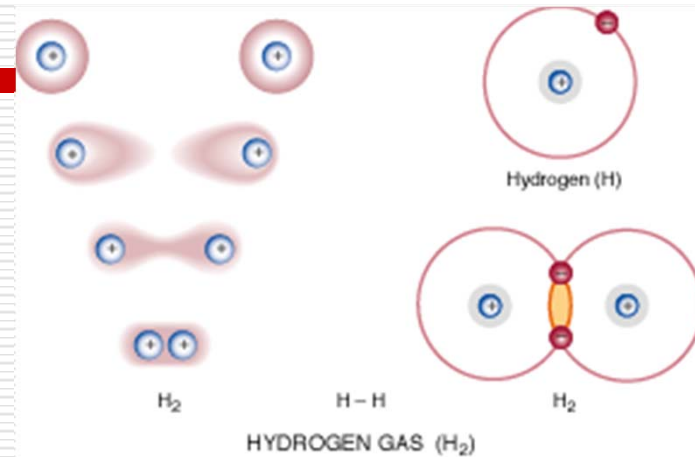
- ❑ **Grupo 1** (**Metales alcalinos**): Altamente reactivos pues ceden 1 electrón con facilidad. Son muy solubles y forman soluciones alcalinas.
- ❑ **Grupo 2** (**Metales alcalino-térreos**). Similar al 1, pero con moderación.
- ❑ **Grupo 17** (**Halógenos**). Altamente reactivos y solubles. Son electronegativos pues ganan fácilmente un electrón.
- ❑ **Grupo 18** (**Gases Nobles**) No participa en ningún enlace químico.
- ❑ **Grupos 3-12** (**Metales de transición**). En general no son solubles ni muy reactivos.
- ❑ **Grupos 13-16** (**No metales**) Son relativamente menos reactivos y forman enlaces covalentes
- ❑ Las Tierras Raras. Tienen 2 electrones libres en su orbital externo y por lo tanto se comportan de forma similar. Su radio iónico decrece sistemáticamente.

Enlaces Químicos

Enlace Iónico

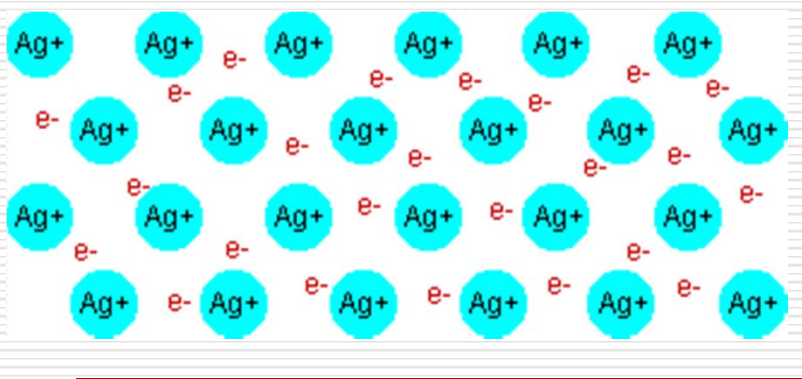


Enlace Covalente

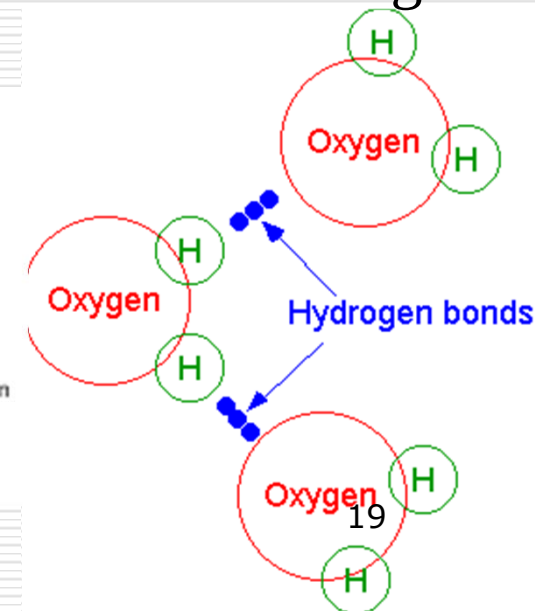
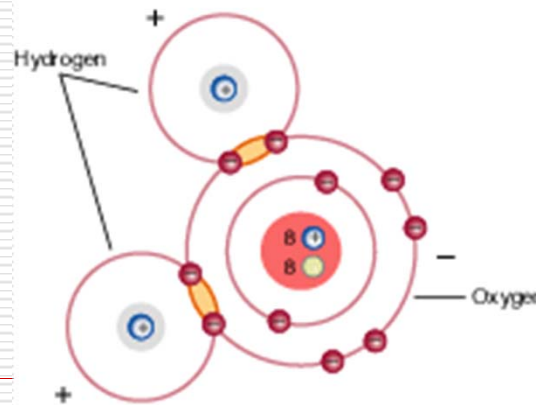


Enlace de Hidrógeno

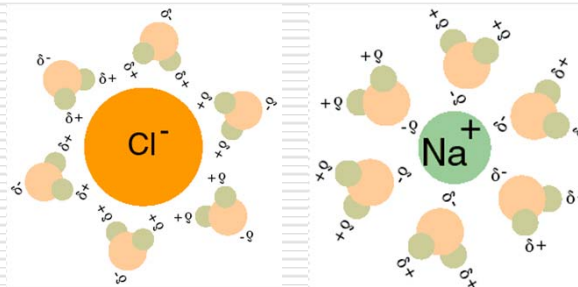
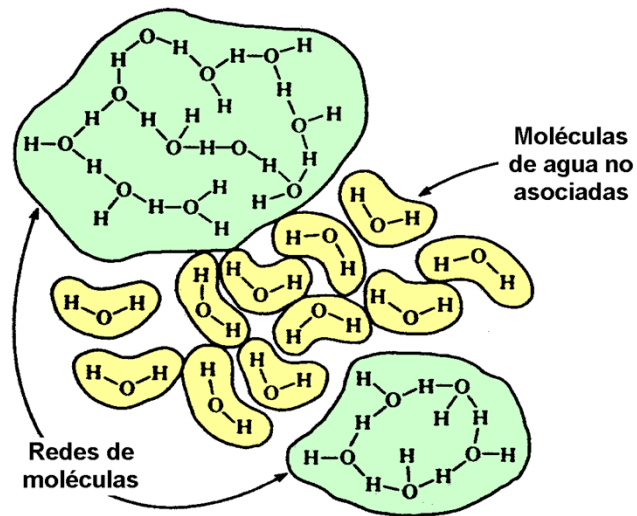
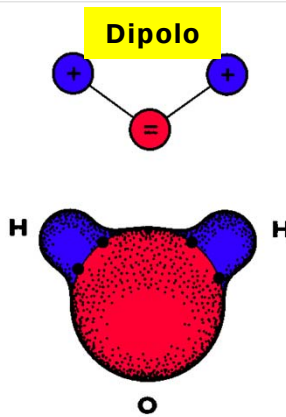
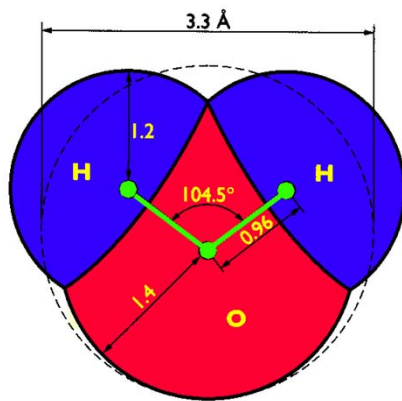
Enlace Metálico



H₂O, molécula polar



Estructura del Agua

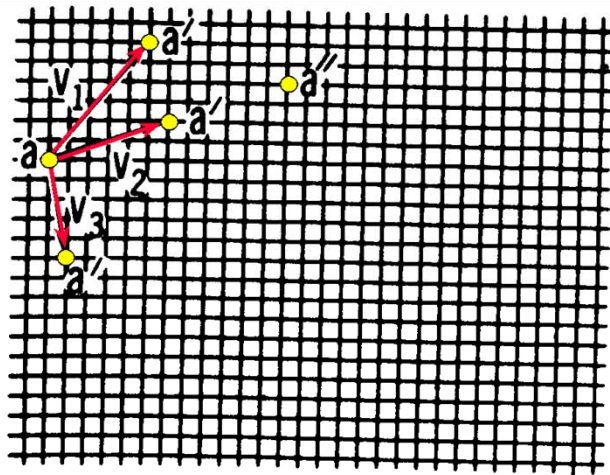


Solvatación

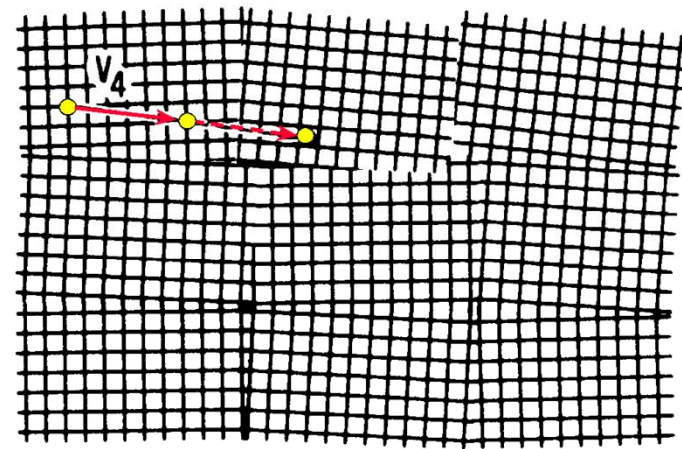
Cristalización



Teoría del Cristal-Mosaico

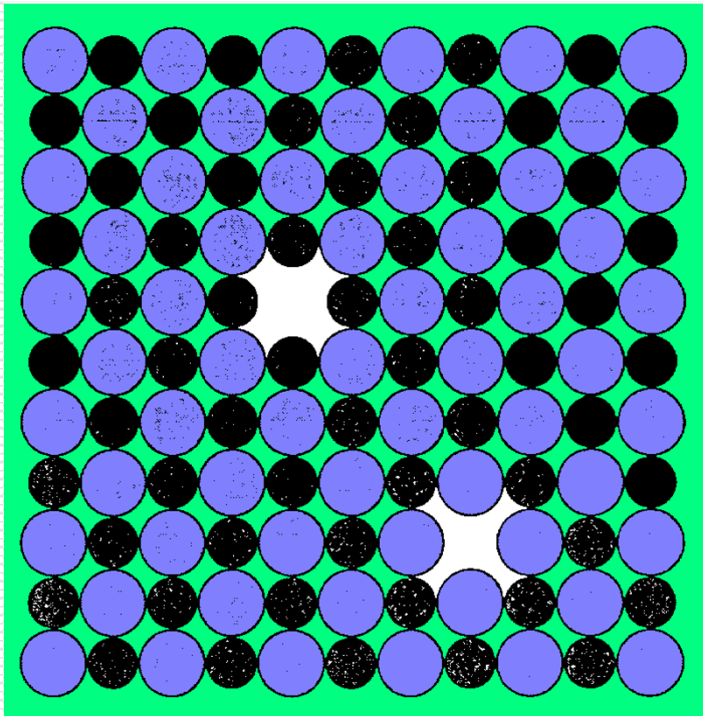


Cristal Ideal

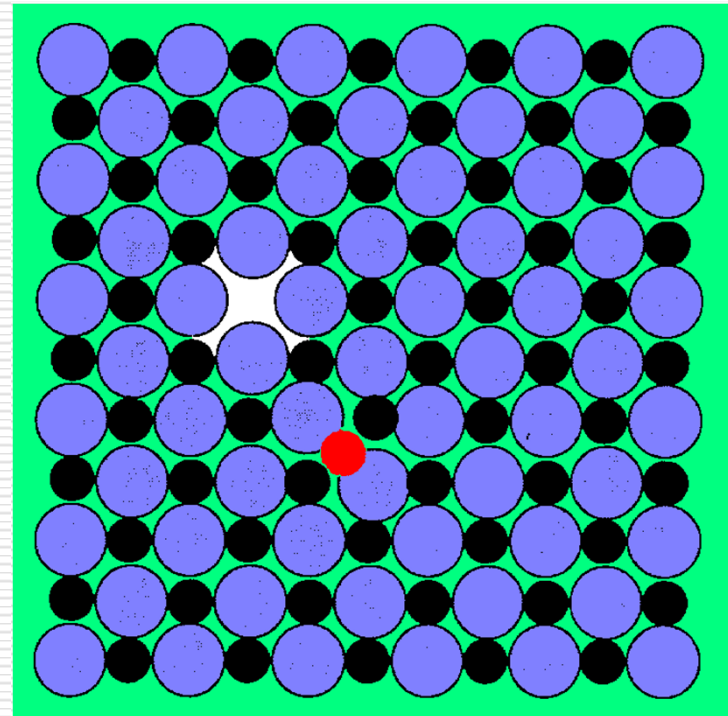


Cristal Real

Defectos Cristalinos

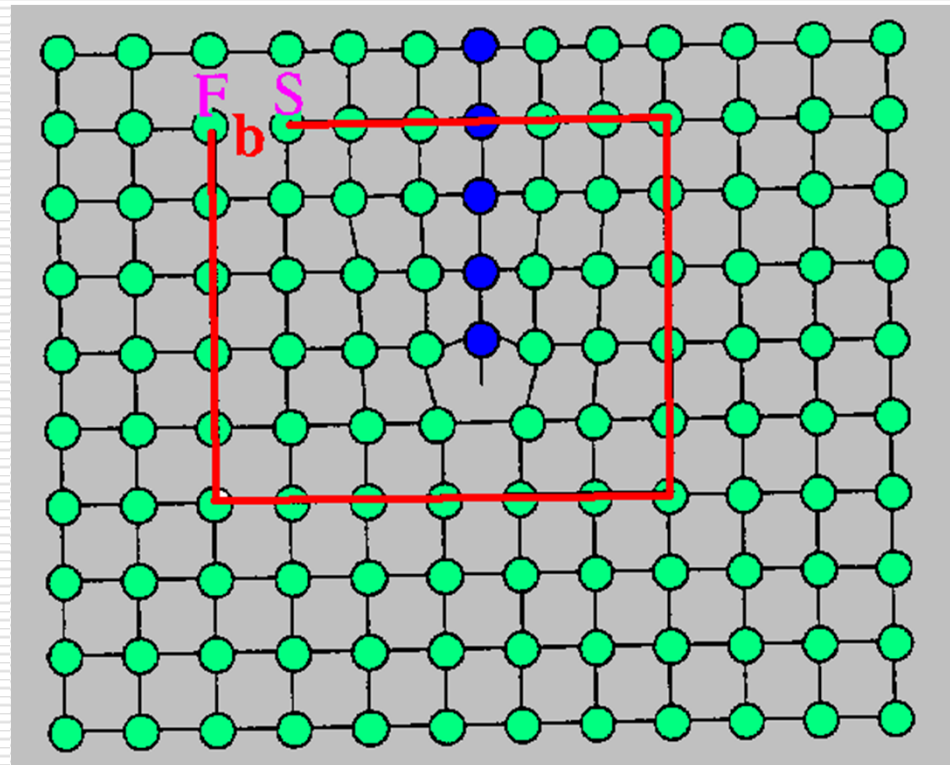


Defecto Schotky

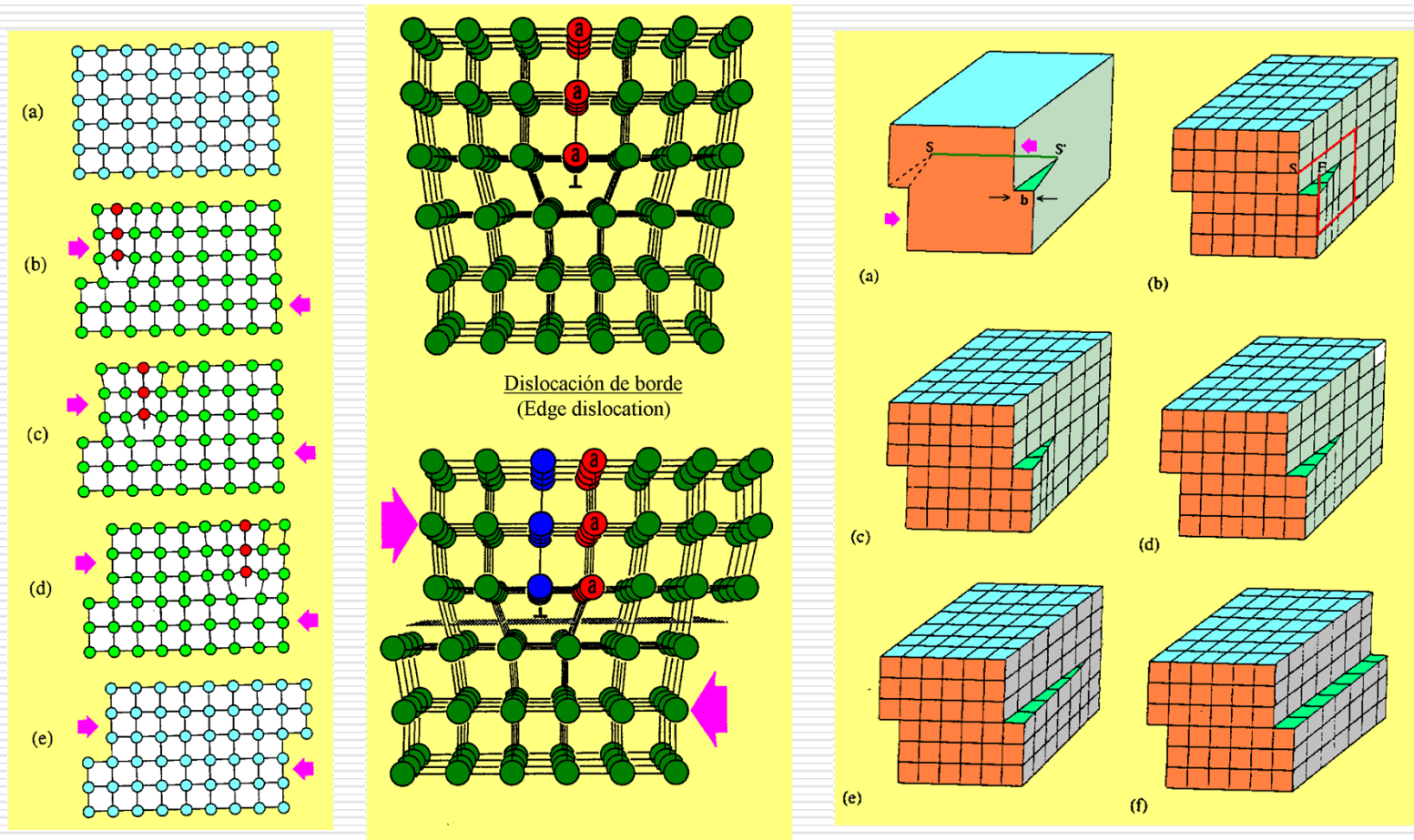


Defecto Frenkel

Defectos Cristalinos



Defectos Cristalinos



Propiedades Físicas de los Minerales

- ❑ Dependenden de su composición y la estructura
 - ❑ Forma cristalina
 - ❑ Color
 - ❑ Transparencia
 - ❑ Brillo
 - ❑ Raya
 - ❑ Fractura
 - ❑ Maleabilidad
 - ❑ Tenacidad
 - ❑ Dureza
 - ❑ Exfoliación
 - ❑ Densidad
 - ❑ Luminiscencia
 - ❑ Conductividad eléctrica
 - ❑ Magnetismo
 - ❑ Sabor
 - ❑ Olor
 - ❑ Tacto
 - ❑ Radioactividad



Pirita

Propiedades Físicas de los Minerales

□ Forma Cristalina:

- Cristal viene del griego κρύσταλλος (krystallos) que significa hielo
- Cristal: debe tener una estructura atómica ordenada
- Hábito: forma externa de un cristal (equidimensional, prismático, tabular, fibroso,...)



Cristal de H₂O



Cristal de Cuarzo

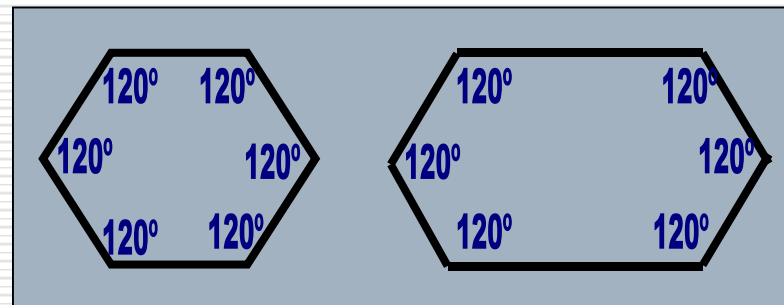


Cristal de Cuarzo



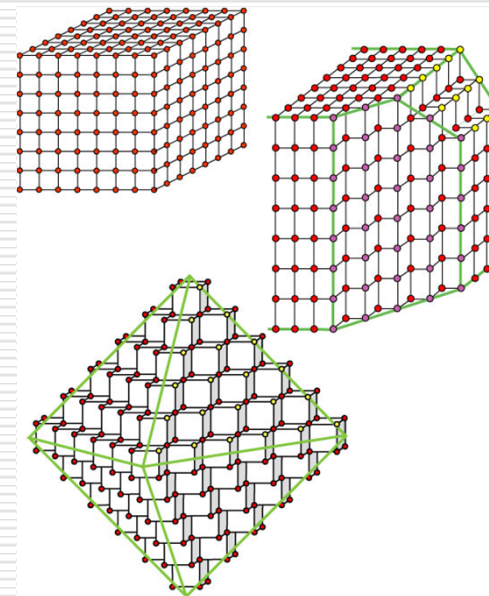
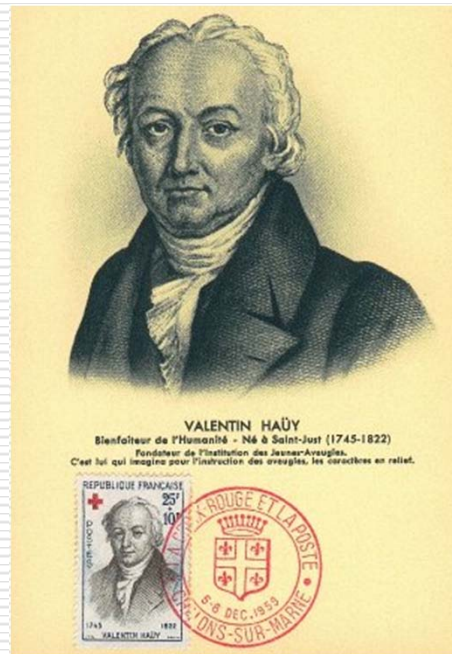
En 1669 el danés N. Steno descubrió que “...el ángulo entre dos caras equivalentes de un cristal es constante es igual entre todos los minerales de la misma especie...”
(Ley de la Constancia de los Ángulos Diedros)

Ley de Steno



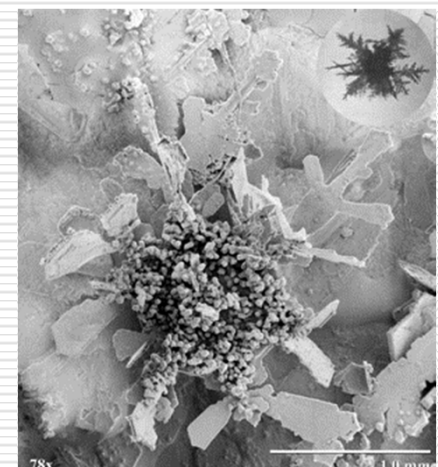
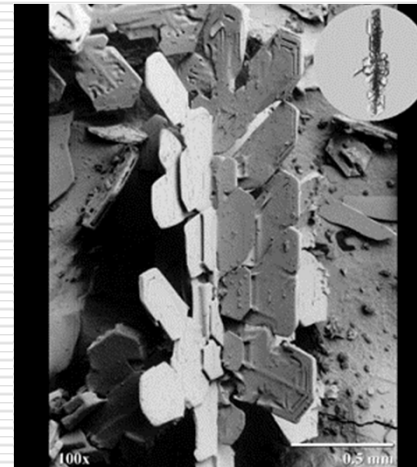
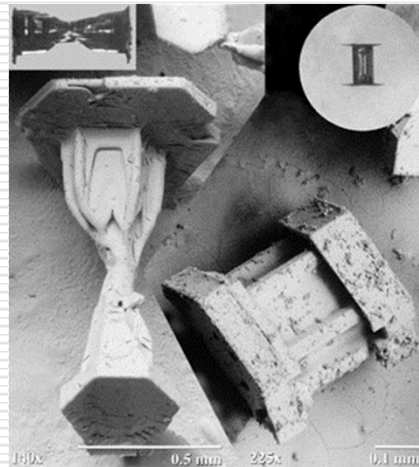
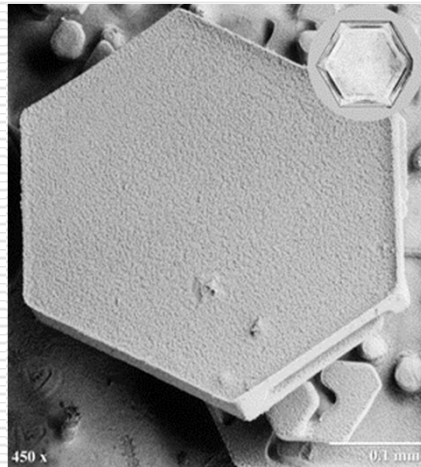
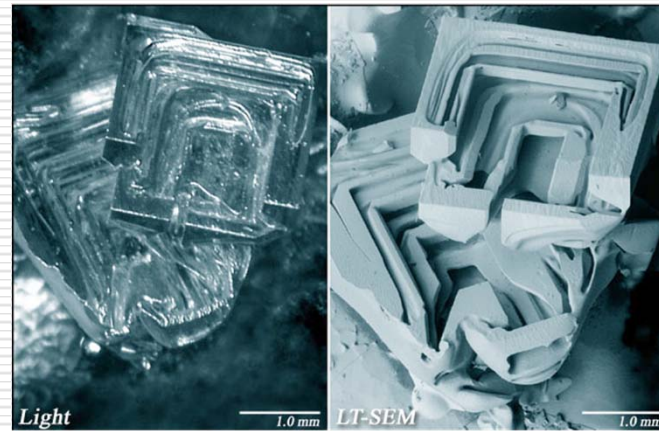
Propiedades Físicas de los Minerales

- René-Just Haüy (1743-1822) demostró que la forma cristalina externa de un mineral (morfología) era un reflejo de su orden interno



Propiedades Físicas de los Minerales

Cristales de
 H_2O



Redes de Bravais

cúbico

$$a = b = c$$

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

tetragonal

$$a = b \neq c$$

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

ortorrómbico

$$a \neq b \neq c$$

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

hexagonal

$$a = b \neq c$$

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

$$\gamma = 120^\circ$$

monoclínico

$$a \neq b \neq c$$

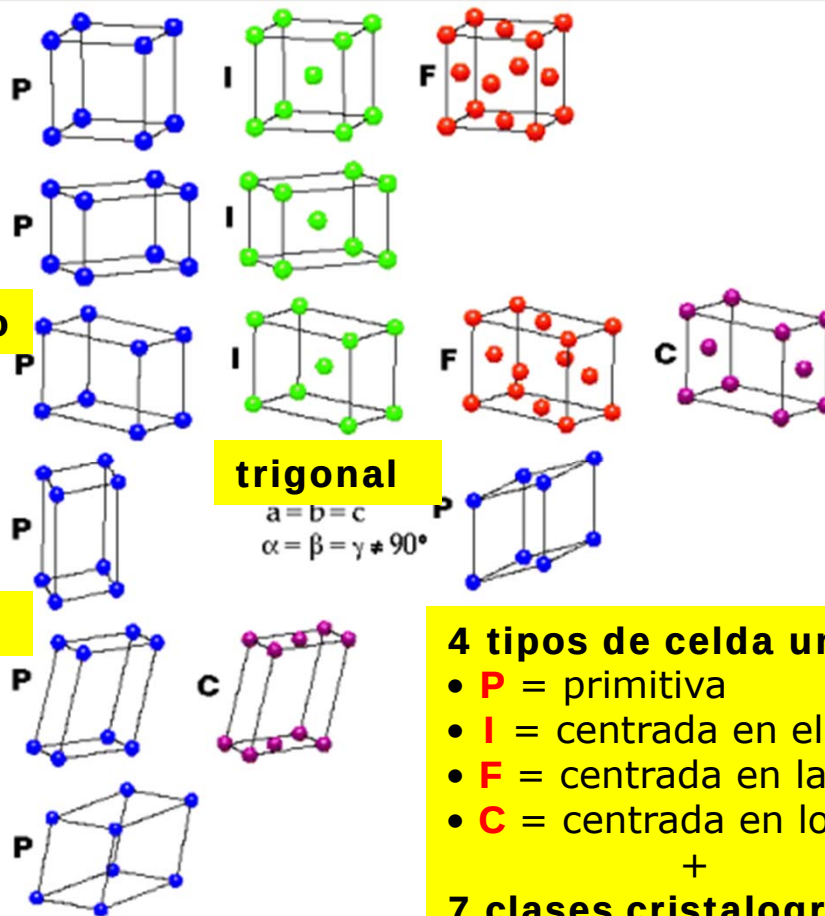
$$\alpha = \gamma = 90^\circ$$

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

triclínico

$$a \neq b \neq c$$

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

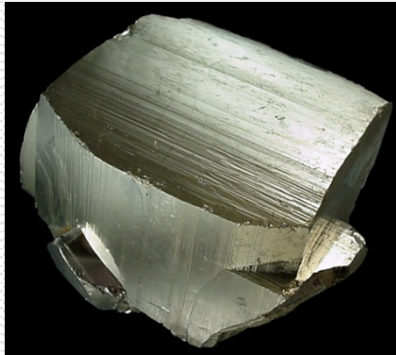
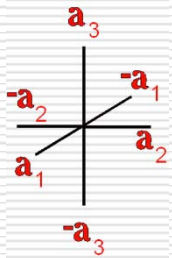


4 tipos de celda unidad

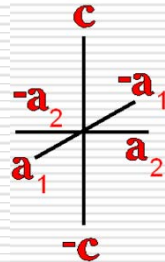
- **P** = primitiva
 - **I** = centrada en el cuerpo
 - **F** = centrada en las caras
 - **C** = centrada en los lados
- +

7 clases cristalográficas

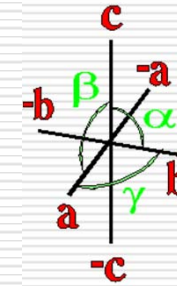
Propiedades Físicas de los Minerales



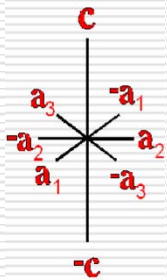
Isométrico o cúbico (pirita)



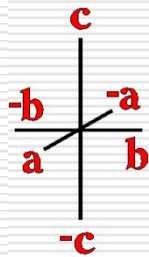
Tetragonal (zircón)



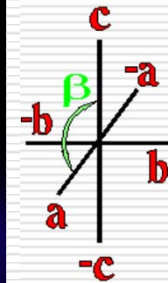
Triclinico (Microclina)



Hexagonal (Berilo)



Ortorrómbico (Topacio)

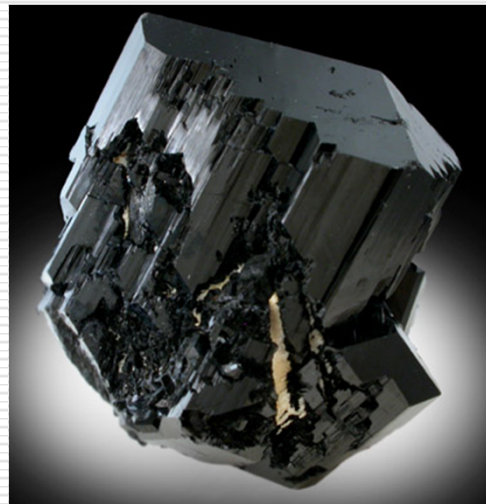


Monoclinico (Yeso)

Propiedades Físicas de los Minerales

□ Color:

- Controlado por la composición química, la presencia de "impurezas" (elementos traza) y defectos



Turmalina

Propiedades Físicas de los Minerales

Cuarzo



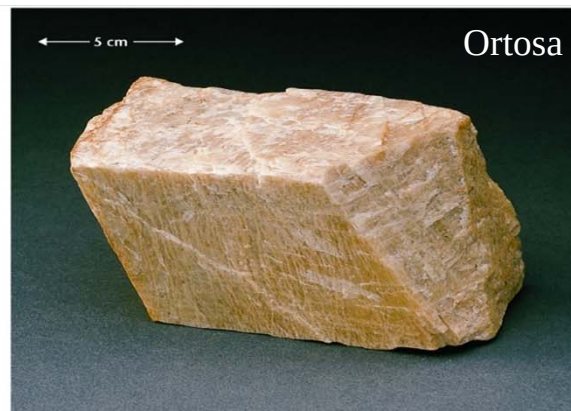
Propiedades Físicas de los Minerales

❑ El color puede ser:

❑ Idiocromático

❑ Alocromático

❑ Pseudocromático



Andalucita (var. Quiastolita)



Ortosa
(var. Amazonita)

Berilo
(var. Esmeralda)



Zircón (var. Rubí)



Zircón (var. Zafiro)

Propiedades Físicas de los Minerales

□ Raya:

- Aunque el color de un mineral puede variar, el color del polvo más fino es generalmente el mismo. Esto se observa al rayarlo sobre una placa de porcelana rugosa



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

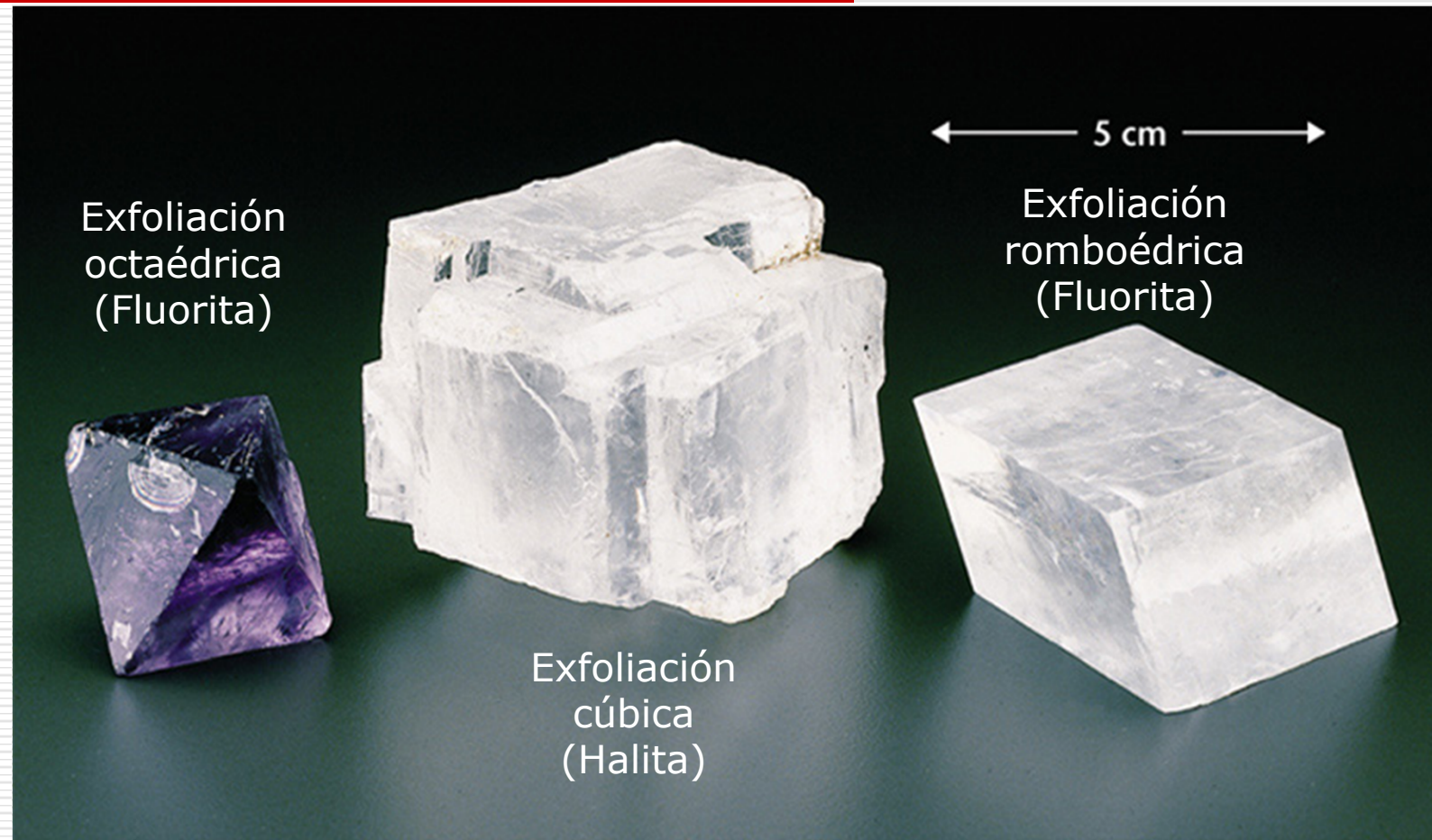


Propiedades Físicas de los Minerales

- **Exfoliación:** Rotura en una dirección preferencial. Generalmente se califica como perfecto, bueno, pobre o inexistente...



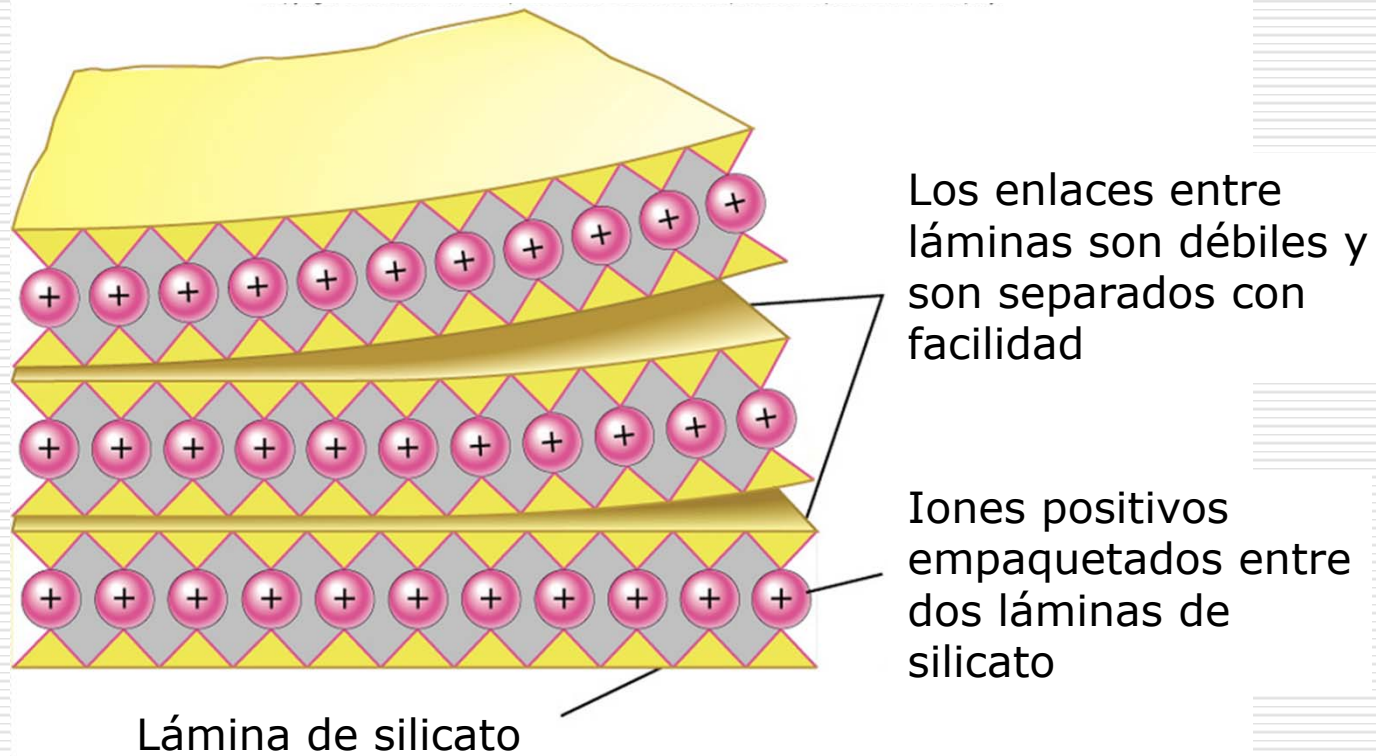
Propiedades Físicas de los Minerales



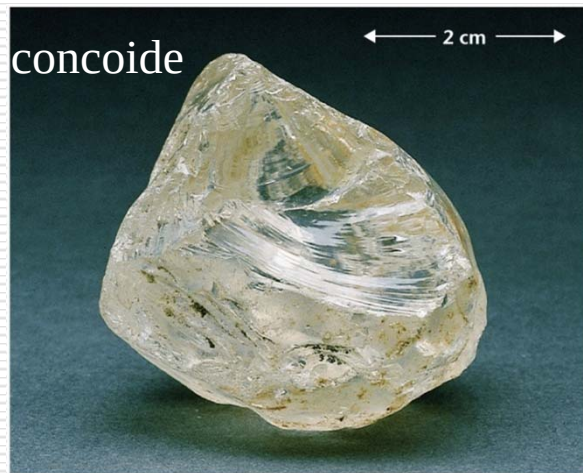
Exfoliación



Exfoliación



Propiedades Físicas de los Minerales



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Fractura



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Propiedades Físicas de los Minerales

- Transparencia: Capacidad de un mineral para dejar pasar la luz a su través
 - Transparente
 - Traslúcido
 - Opaco
- Brillo: Calidad e intensidad de la luz reflejada por un mineral
 - Vitreo
 - Adamantino
 - Sedoso
 - Metálico
 - Semimetálico
 - Céreo
 - Graso
 - Resinoso
 - Mate

Brillo



Vítreo y
transparente
(Fluorapofilita)



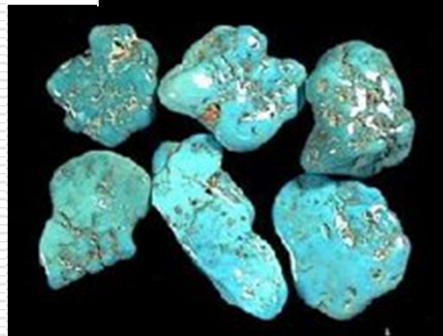
Adamantino (diamante)



Sedoso (crisotilo)



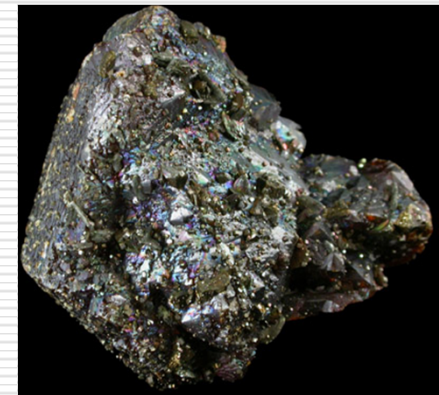
Metálico (Oro nativo)



Graso (turquesa)



Nacarado (labradorita)



Resinoso (esfalerita)

Propiedades Físicas de los Minerales

□ Dureza:

- Capacidad de un mineral para ser rayado
- Controlada por la estructura cristalina y la fuerza de los enlaces químicos
- La dureza relativa puede establecerse al observar la capacidad de un mineral para rayar a otro.



F. Mohs (1773 - 1839)

Dureza

Escala de Mohs:

- | | |
|-------------|--------------|
| 1. Talco | 6. Ortosa |
| 2. Yeso | 7. Cuarzo |
| 3. Calcita | 8. Topacio |
| 4. Fluorita | 9. Corindón |
| 5. Apatito | 10. Diamante |

Escala práctica:

- 2.5 Uña
3.5 Moneda de cobre
5.5 Vidrio
6.5 Navaja de acero

1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



Propiedades Físicas de los Minerales

□ Gravedad específica:

- Relación entre el peso de un mineral y el peso de un volumen igual de agua a 4°C. Un mineral con $G=2$ pesará dos veces más que un volumen igual de agua.
- Controlado por la estructura cristalina y el empaquetamiento atómico



Oro $G=19.3$



Galena $G=7.5$

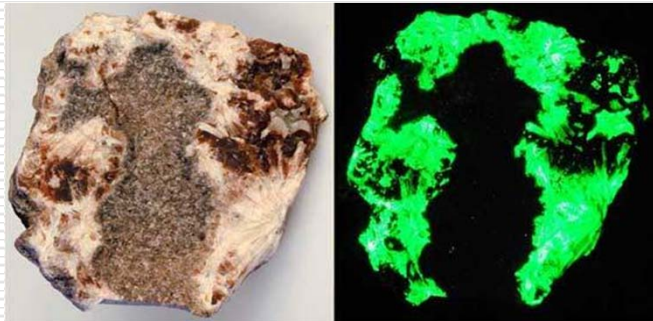


Cuarzo $G=2.65$

Propiedades Físicas de los Minerales

- Otras propiedades:
 - **Luminiscencia:** Emisión de luz
 - **Fluorescencia:** la luminiscencia producida por determinados minerales cuando son expuestos a la acción de ciertos rayos (rayos X, ultravioleta, visibles, catódicos y radiactivos). A diferencia de los casos de luminosidad fosforescente, en la fluorescente la emisión luminosa cesa en el instante en que se suprime la luz excitante. Ejemplo de minerales emisores de luz fluorescente son el ópalo, fluorita y algunas calcitas
 - **Fosforescencia:** luminiscencia producida por un mineral durante un tiempo más o menos largo, después de que ha cesado la fuente de radiación excitadora. Ejemplo de minerales fosforescentes son la blenda y determinadas calcitas
 - **Termoluminiscencia:** luminiscencia producida por determinados minerales al ser calentados, ejemplo de la calcita, apatito y feldespato
 - **Triboluminiscencia:** luminiscencia producida por determinadas sustancias cristalinas mediante acción física o mecánica, es decir, al romperse, triturarse, frotarse o rayarse, ejemplo de la fluorita, calcita y blenda
 - **Magnetismo:** capacidad para generar o alterar un campo magnético
 - Natural
 - Inducido

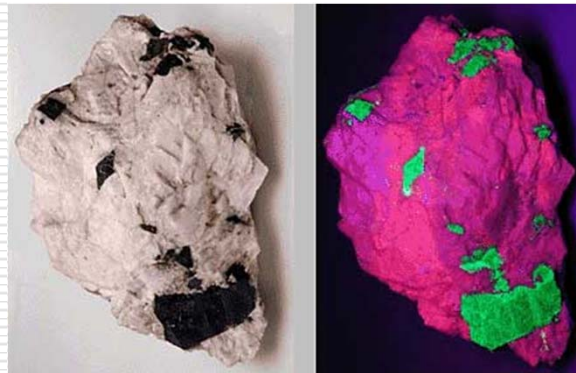
FLUORESCENCIA



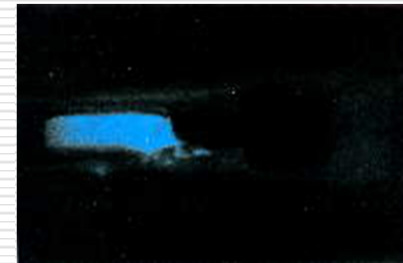
Franklinita (luz normal y luz ultravioleta)



Fluorita (luz normal y luz ultravioleta)



Willemita (luz normal y luz ultravioleta)



Terrón de azúcar
(triboluminiscencia)

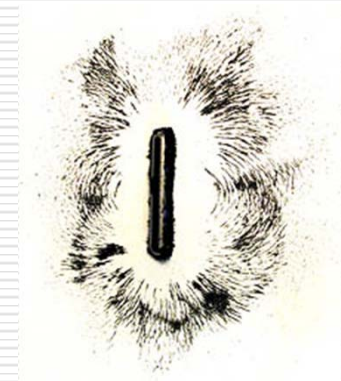
MAGNETISMO



Pirrotina

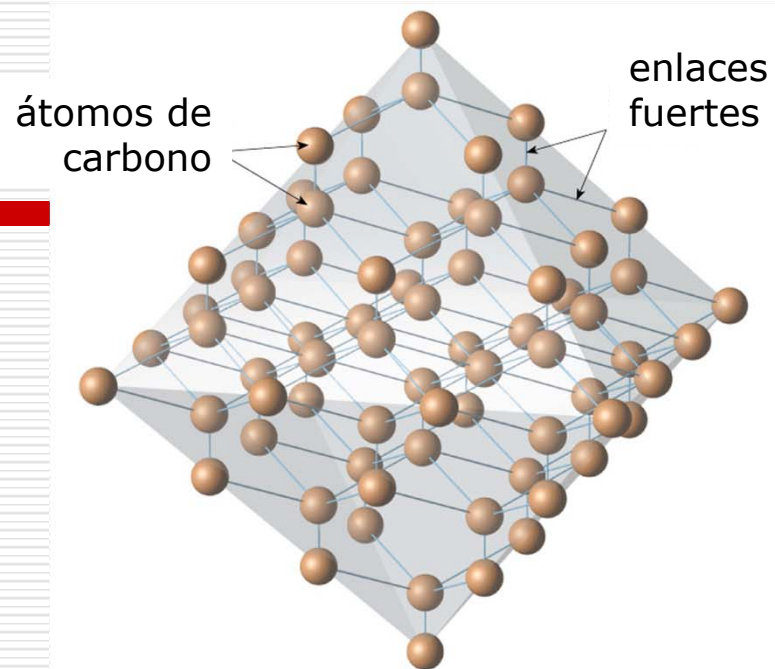


Magnetita

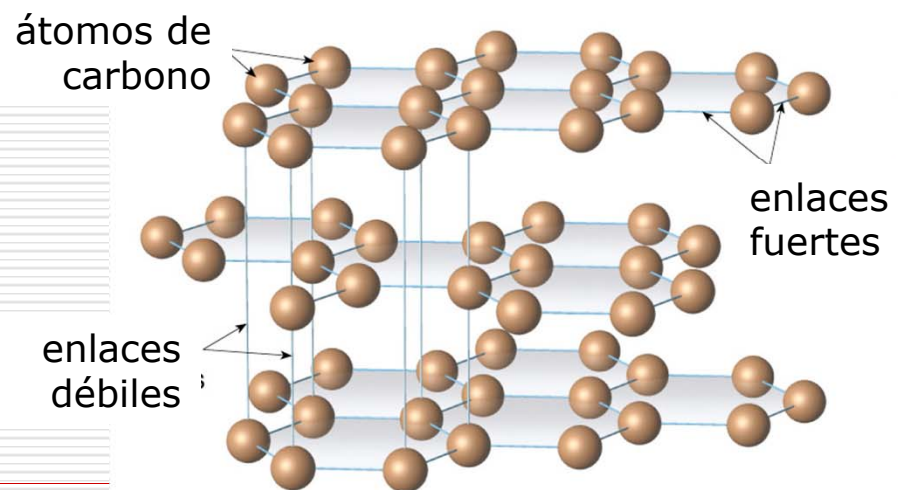


Isomorfos y Polimorfos

- **Isomorfos**: minerales con igual estructura cristalina pero distinta composición química: p. Ej. olivinos:
 - FORSTERITA: Mg_2SiO_4
 - FAYALITA: Fe_2SiO_4
- **Polimorfos**: minerales con igual composición química pero distinta estructura cristalina: p.Ej. grafito y diamante

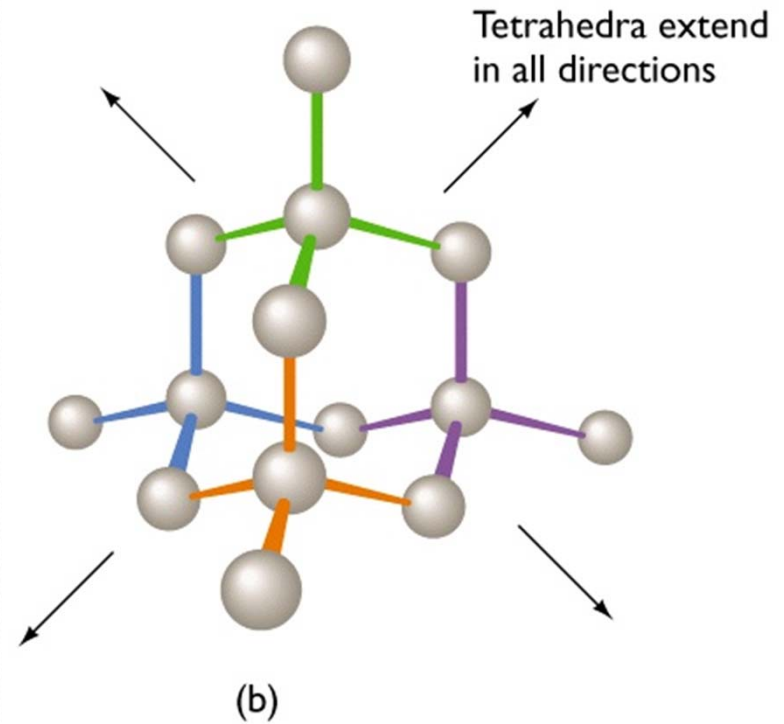
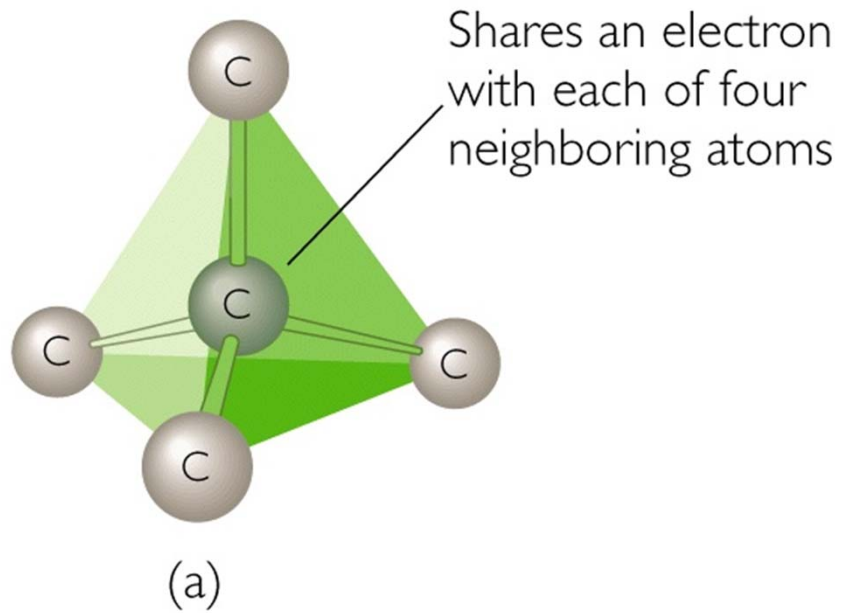


Diamante

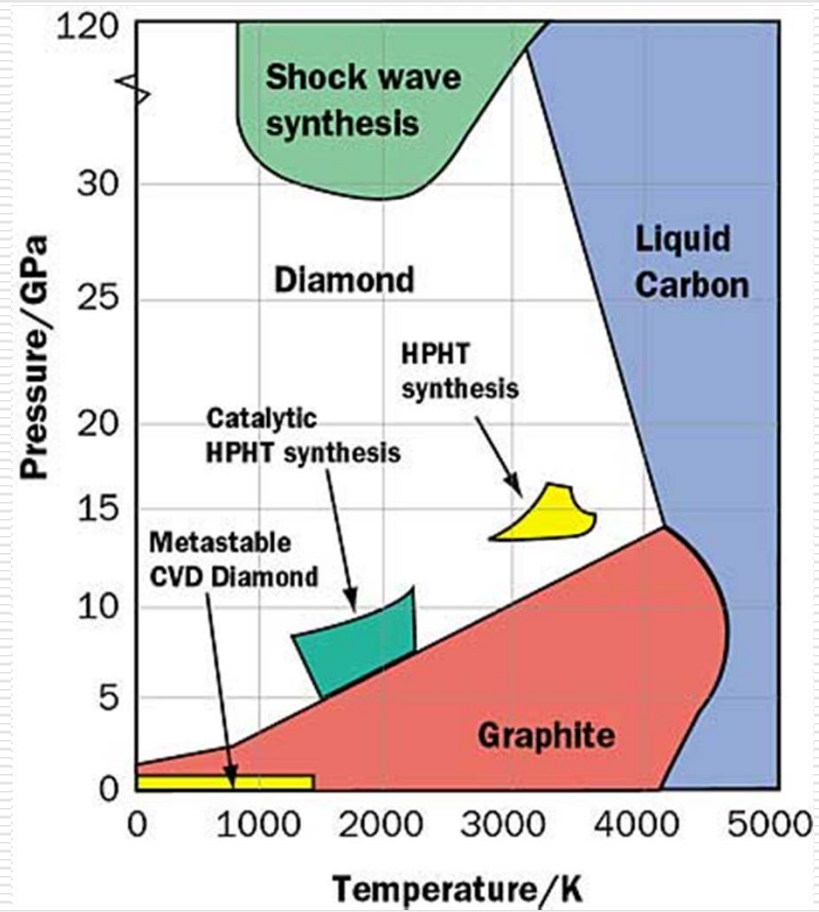


Grafito

Diamante



Diamantes



Minerales Formadores de Rocas

- ❑ Los minerales más abundantes son:
 - Silicatos: $(\text{SiO}_4)^{4-}$
 - Óxidos: O^{2-}
- ❑ Otros grupos de minerales comunes en la corteza:
 - Carbonatos: $(\text{CO}_3)^{2-}$
 - Sulfatos: $(\text{SO}_4)^{2-}$
 - Sulfuros: S^{2-}
 - Fosfatos: $(\text{PO}_4)^{3-}$