

**Universitat de València**  
**ETSE**

**Tema 3**  
**Enlace metálico**

**Juan José Borrás Almenar**  
**Departamento de Química**  
**Inorgánica**

**Asignatura:**

12555–Química Inorgánica  
Ingeniería Química

## Cuestiones

**EJERCICIO 1.** Define los siguientes términos: a) modelo de enlace del mar de electrones, b) celda unidad, c) aleación

**EJERCICIO 2.** Define los siguientes términos: a) red cristalina; b) número de coordinación; c) amalgama

**EJERCICIO 3.** ¿Cuáles son las características que definen a un metal?

**EJERCICIO 4.** Utilizando un diagrama de bandas, explica por que el Mg puede mostrar un comportamiento metálico a pesar de que la banda 3s está completamente ocupada

**EJERCICIO 5.** Construye el diagrama de bandas del Al

**EJERCICIO 6.** ¿Por qué el comportamiento metálico no es posible en fase gaseosa?

**EJERCICIO 7.** ¿Cuál es la fórmula del potasio en estado metálico? Dibuja el diagrama de OM.

**EJERCICIO 8.** ¿Cuáles son los dos tipos de disposición de esferas en una capa? ¿Cuál de ellas presenta un empaquetamiento más eficaz?

**EJERCICIO 9.** ¿Cuál es la diferencia entre un empaquetamiento cúbico de máxima densidad y hexagonal de máxima densidad?

**EJERCICIO 10.** Dibuja una celda unidad cúbica simple y muestra como se calcula el número de átomos por celda.

**EJERCICIO 11.** Dibuja una celda unidad cúbica centrada en el cuerpo y muestra como se calcula el número de átomos por celda.

**EJERCICIO 12.** ¿Qué condiciones son necesarias para la formación de una aleación tipo solución sólida?

**EJERCICIO 13.** Utiliza la geometría para mostrar que en una celda cúbica simple, alrededor de un 48 % del espacio esta vacío.

**EJERCICIO 14.** Utiliza la geometría para mostrar que en una celda cúbica centrada en el cuerpo, alrededor de un 32 % del volumen total está vacío.

**EJERCICIO 15.** En una celda unidad cúbica centrada en las caras, los átomos se tocan en la diagonal de la cara del cubo. Si el radio atómico es  $r$ , calcula la longitud de la arista de la celda unidad.

**EJERCICIO 16.** En una celda unidad cúbica centrada en el cuerpo, los átomos se tocan en la diagonal del cubo. Si el radio atómico es  $r$ , calcula la longitud de la arista de la celda unidad.

**EJERCICIO 17.** El cromo forma una red cúbica centrada en el cuerpo. La longitud de la arista de la celda unidad es 288 pm. Calcula (a) el radio metálico del cromo y (b) la densidad del cromo metal.

**EJERCICIO 18.** Los átomos de Ba se disponen en una celda unidad cúbica centrada en el cuerpo. Calcula el radio de un átomo de Ba si la densidad es  $3,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . (Utiliza la respuesta al ejercicio 16).

## Soluciones a los Ejercicios

**Ejercicio 1.** a) Modelo en el que se asume que el metal consiste en iones metálicos mantenidos unidos por electrones que se mueven libremente en la red; b) Es el más pequeño fragmento de una red cristalina, que al repetirse recrea la estructura completa; c) Combinación de dos o más metales sólidos.

Ejercicio 1

**Ejercicio 2.** a) ordenamiento repetitivo de los átomos que integran un cristal; b) Número de átomos vecinos alrededor de un átomo central; c) Combinación de un metal líquido con otro u otros metales.

Ejercicio 2

**Ejercicio 3.** Alta conductividad eléctrica, alta conductividad térmica, alta reflectancia, alto punto de ebullición.

Ejercicio 3

**Ejercicio 4.** El solapamiento entre la banda 3s y 3p hace que los electrones en la banda 3s completa puedan saltar a la 3p posibilitando la movilidad electrónica en la red cristalina.

Ejercicio 4

**Ejercicio 5.** La banda 3s estará completa; la 3p sólo a 1/3 de su máxima ocupación

Ejercicio 5

**Ejercicio 6.** Para posibilitar un comportamiento metálico, los orbitales de los átomos deben solapar. En fase gaseosa, los átomos metálicos se mueven libremente como átomos aislados o moléculas discretas, imposibilitando un solapamiento eficaz.

Ejercicio 6

**Ejercicio 7.** El K tiene una configuración electrónica  $[\text{Ar}]4s^1$ . Dos átomos forman la molécula  $\text{K}^2$  en fase gaseosa; se forma un enlace covalente.

Ejercicio 7

**Ejercicio 8.** Cúbico y hexagonal. La hexagonal es la que presenta un empaquetamiento más eficiente.

Ejercicio 8

**Ejercicio 9.** La diferencia es la disposición de la tercera capa. En la hexagonal, la tercera capa se sitúa sobre la primera, mientras que en la cúbica, la tercera capa se sitúa sobre los huecos de la primera y segunda capa.

Ejercicio 9

**Ejercicio 10.** La celda unidad contiene  $4 \times \frac{1}{4}$  átomos, es decir 1 átomo.

Ejercicio 10

**Ejercicio 11.** La celda unidad contiene  $4 \times \frac{1}{4} + 1$  átomos, es decir 2 átomos.

Ejercicio 11

**Ejercicio 12.** Los átomos que la forman deben aproximadamente el mismo tamaño, adoptar la misma estructura y tener propiedades químicas semejantes.

Ejercicio 12

**Ejercicio 13.** Si tomamos el radio atómico  $r$ , la longitud de la arista de la celda unidad para una red cúbica simple será  $2r$ . El volumen del átomo es  $\frac{4}{3}\pi r^3$ , mientras que el volumen del cubo es  $(2r)^3$ . La relación entre estas magnitudes es  $\frac{V_{\text{ocupado}}}{V_{\text{total}}} = \frac{\pi}{6} = 0,52$ . Por tanto el volumen vacío es 48 %.

Ejercicio 13

**Ejercicio 14.** Tomamos el radio del átomo  $r$ ; los átomos situados en la diagonal del cubo están en contacto siendo  $d = 4r$ . Utilizando el teorema de Pitágoras podemos

mostrar que la longitud de la arista del cubo vale  $\frac{4}{\sqrt{3}}r = 2,31r$ . En este tipo de empaquetamiento tenemos 2 átomos por celda cuyo volumen será  $2 \times (\frac{4}{3}\pi r^3)$ , mientras el volumen del cubo será  $(2,31r)^3$ . La relación entre estas magnitudes da 0,69. El espacio vacío por tanto es el 31 %.

Ejercicio 14

**Ejercicio 15.** La diagonal de la cara será  $4r$ . Utilizando el teorema de Pitágoras, la longitud de la arista de la celda unidad vale  $\frac{4}{\sqrt{2}}r = 2,83r$ .

Ejercicio 15

**Ejercicio 16.** La diagonal de la cara será  $4r$ . Utilizando el teorema de Pitágoras, la longitud de la arista de la celda unidad vale  $\frac{4}{\sqrt{3}}r = 2,31r$ .

Ejercicio 16

**Ejercicio 17.** (a) Utilizando la contestación a la pregunta 16 (la longitud de la arista de la celda unidad es  $\frac{4}{\sqrt{3}}r = 2,31r$ ), el radio metálico del Cr vale  $\frac{288}{2,31} = 125 \text{ pm}$ . (b) La densidad puede calcularse a partir de la relación  $d = \frac{\text{masa celda unidad}}{\text{volumen celda unidad}}$ . El volumen de la celda unidad  $V = r^3 = (288 \times 10^{-10})^3 \text{ cm}^3 = 2,39 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$ . Cada celda unidad contiene 2 átomos, por tanto la masa es  $m = 2 \times \frac{52,0 \text{ g mol}^{-1}}{6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,73 \times 10^{-22} \text{ g}$ . La densidad  $d = \frac{1,73 \times 10^{-22} \text{ g}}{2,39 \times 10^{-23} \text{ cm}^{-3}}$ .

Ejercicio 17

**Ejercicio 18.** Una celda unidad cúbica centrada en el cuerpo contiene dos átomos. Luego:

$$\text{Masa} = \frac{2 \times 137,3 \text{ g mol}^{-1}}{6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 4,56 \times 10^{-22} \text{ g}.$$

$$\text{Volumen} = \frac{4,56 \times 10^{-22}}{3,50 \text{ g cm}^{-3}} = 1,3 \times 10^{-22} \text{ cm}^3 = 1,3 \times 10^8 \text{ pm}^3.$$

$$\text{Longitud de la arista} = \sqrt[3]{1,3 \times 10^8} \text{ pm}$$

$$\text{Utilizando el resultado de 16, el radio del Ba será } r = 507 \text{ pm} / 2,31 = 219 \text{ pm}$$

Ejercicio 18