

Tarea 2

Agosto 2025

1 Grafeno y otros materiales bidimensionales

El **grafeno** es una forma alotrópica del carbono en la que los átomos están organizados en una red bidimensional con geometría hexagonal. Cada átomo de carbono está enlazado a tres vecinos mediante enlaces covalentes fuertes, generando una sola capa atómica. Su fórmula química es simplemente C (carbono puro en forma bidimensional).

Destaca por ser un excelente conductor eléctrico y térmico, así como por su resistencia mecánica superior al acero. Estas propiedades lo hacen atractivo para aplicaciones en transistores, sensores, baterías y materiales compuestos.

Además del grafeno, existen otros materiales 2D cuya estructura y propiedades son similares:

- **Siliceno** (Si): una forma bidimensional del silicio, con una estructura ligeramente ondulada. A diferencia del grafeno, presenta un pequeño gap de banda, lo cual lo hace útil en dispositivos semiconductores.
- **Germaneno** (Ge): es la contraparte bidimensional del germanio. Se sintetiza sobre superficies metálicas y presenta propiedades topológicas y electrónicas similares al grafeno.
- **Fosforeno** (P): proviene del fósforo negro. Posee una estructura en forma de "zigzag" es altamente anisotrópico. Tiene un gap de banda directo, ideal para aplicaciones optoelectrónicas.
- **Estaneno** (Sn): una capa bidimensional de átomos de estaño. Predice propiedades superconductoras a temperatura ambiente, lo cual ha generado mucho interés en la investigación de nuevos materiales topológicos.

2 Estructura cristalina en materiales

Los sólidos cristalinos tienen sus átomos ordenados periódicamente en el espacio. Esta disposición se describe mediante redes de Bravais y sistemas cristalinos.

2.1 Sistemas cristalinos bidimensionales y redes de Bravais

En dos dimensiones, los sistemas cristalinos posibles son cuatro, de los cuales derivan cinco redes de Bravais:

- **Sistema Cuadrado** → Red cuadrada simple
- **Sistema Rectangular** → Red rectangular simple y rectangular centrada
- **Sistema Hexagonal** → Red hexagonal
- **Sistema Oblicuo** → Red oblicua

Cada red de Bravais define una celda unitaria que se repite periódicamente para formar la red cristalina total. En materiales como el grafeno, la celda unidad contiene dos átomos de carbono en una disposición hexagonal.

2.2 Importancia en física del estado sólido

Estas redes permiten comprender fenómenos como la dispersión de electrones, la propagación de ondas y la formación de bandas electrónicas. La estructura de bandas en materiales como el grafeno muestra un comportamiento lineal en la vecindad de los puntos de Dirac, haciendo que los electrones se comporten como partículas relativistas sin masa.

2.3 Ejemplos de materiales y estructuras

- * **Diamante** (C): red cúbica centrada en la cara (fcc), tetraédrica.
- * **NaCl** (NaCl): estructura cúbica, con cada ión rodeado por 6 de signo opuesto.
- * **Silicio** (Si): estructura tipo diamante.
- * **Grafito** (C): estructura hexagonal con capas débilmente unidas mediante fuerzas de van der Waals.

3 Densidad del agua

Relación con la estructura cristalina del hielo

Cuando el agua se congela y forma **hielo**, sus moléculas adoptan una disposición cristalina específica, conocida como **estructura hexagonal** (hielo-Ih), en la cual cada molécula de H_2O está unida a otras cuatro mediante enlaces de hidrógeno formando una red abierta.

Esta estructura provoca que el **volumen del hielo sea mayor** que el del agua líquida, lo que explica por qué el hielo flota. Es decir, la densidad del hielo es menor, aproximadamente:

$$\rho_{\text{hielo}} \approx 0,917 \text{ g/cm}^3$$

Este fenómeno es inusual entre los compuestos y tiene consecuencias importantes para la vida: los cuerpos de agua se congelan desde la superficie hacia abajo, manteniendo una capa líquida aislada debajo del hielo que permite la supervivencia de organismos acuáticos durante el invierno.

Además, existen otras fases cristalinas del hielo (II, III, IV, etc.) que se forman bajo diferentes presiones y temperaturas, con estructuras aún más complejas.

La densidad del agua pura alcanza su máximo valor a 4°C , lo cual tiene consecuencias importantes en la física ambiental y procesos naturales como la estratificación en lagos:

$$\rho_{\text{agua}} = 1,000 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

A temperaturas mayores o menores, la densidad disminuye ligeramente, lo que permite el aislamiento térmico de los cuerpos de agua en invierno, protegiendo la vida acuática.

4 Aplicaciones tecnológicas de los materiales 2D

Los materiales bidimensionales han revolucionado varias ramas de la ciencia e ingeniería. Entre sus aplicaciones más destacadas están:

- Dispositivos electrónicos flexibles y transparentes.
- Transistores a nanoescala con mayor velocidad y menor consumo energético.
- Sensores químicos ultrasensibles.
- Baterías y supercondensadores con mayor capacidad de carga.
- Membranas de filtración molecular.

Referencias

- Novoselov, K. S., et al. (2004). Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science*, 306(5696), 666–669.
- Castro Neto, A. H., et al. (2009). The electronic properties of graphene. *Rev. Mod. Phys.*, 81, 109–162.
- Ashcroft, N. W., Mermin, N. D. (1976). *Solid State Physics*. Cengage Learning.
- Griffiths, D. J. (2017). *Introduction to Solid State Physics*. Pearson.
- <https://www.webelements.com>
- https://www.engineeringtoolbox.com/water-density-specific-weight-d_595.html
- <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.8b07993>