

Nanofísica: Física en la nanoescala.
Conceptos básicos y aplicaciones en Nanociencia y Nanotecnología.

1 Introducción

- 1.1 Nanómetros, micrómetros, milímetros.
- 1.2 Nanociencia: leyes básicas de la Física aplicables a sistemas nanoestructurados. Síntesis y caracterización. Biomimetismo.
 - 1.2.1 Ladrillos fundamentales de los materiales sintéticos nanoestructurados: nanopartículas, nanotubos, nanoporos.
 - 1.2.2 Nanociencia y naturaleza: mecanismos de la naturaleza basados en procesos en la nanoescala.
 - 1.2.3 Técnicas tradicionales y avanzadas de caracterización en la escala nanométrica: espectroscopías, nanoscopías, luz de sincrotrón.
- 1.3 Nanotecnología: Leyes de Moore y desarrollos específicos.
 - 1.2.1 Diodos de Efecto Túnel de Esakis.
 - 1.2.2 “Quantum Dots” de colores variados.
 - 1.2.3 Aplicaciones en Nano-medicina (drug-delivery, biomimetics, etc).
 - 1.2.4 Discos rígidos y magnetoresistencia gigante.
 - 1.2.5 Acelerómetros y automóviles.
 - 1.2.6 Filtros nanoporosos.
 - 1.2.7 Elementos en la nanoescala en tecnologías tradicionales.

2 La mecánica clásica y la naturaleza en la nanoescala

- 2.1 Incremento de las frecuencias mecánicas en sistemas “pequeños”.
- 2.2 Relaciones de escala ilustradas a partir de un oscilador armónico simple.
- 2.3 Relaciones de escala ilustradas a partir elementos simples de un circuito.
- 2.4 Fuerzas viscosas como efectos dominantes en nanopartículas en medios fluidos.
- 2.5 Comportamiento de fuerzas de fricción a escala molecular.

3 La mecánica cuántica y la naturaleza en la nanoescala

- 3.1 Conceptos básicos y ejemplos de la Mecánica Cuántica útiles en Nanofísica.
 - 3.1.1 Modelo de Böhr de núcleo atómico.
 - 3.1.2 Naturaleza onda-partícula de la luz y la materia: relaciones de De Broglie.
 - 3.1.3 Función de onda del electrón, densidad de probabilidad y propagación y ondas estacionarias. Fermiones, bosones y reglas de ocupación.
 - 3.1.4 Principio de incerteza de Heisenberg.
 - 3.1.5 Ecuación de Schrödinger, estados cuánticos y energía, barreras y túneles de energía potencial. Partículas atrapadas en una dimensión. Reflexión y efecto túnel en un escalón de potencial. Penetración de una barrera.
- 3.2 Descripción cuántica de nanosistemas.

- 3.2.1 Partículas atrapadas en dos y tres dimensiones: puntos cuánticos (“Quantum dots”).
- 3.2.2 Bandas 2D alambres cuánticos.
- 3.3 Ecuaciones de Maxwell: los campos eléctrico y magnético como funciones de onda para fotones, modos en fibras ópticas.

4 Consecuencias de la mecánica cuántica en el “macromundo”

- 4.1 Tabla periódica de los elementos.
- 4.2 Nano-simetrías, di-átomos y ferromagnetos.
 - 5.2.1 Partículas indistinguibles e intercambio.
 - 5.2.2 La molécula de hidrógeno, di-hidrógeno: el enlace covalente.
- 4.3 Fuerzas en la escalana del nanometro: van der Waals, Casimir y el enlace de hidrógeno.
 - 4.3.1 Fuerzas polares y de van der Waals.
 - 4.3.2 La fuerza de Casimir.
 - 4.3.3 El enlace de hidrógeno.
- 4.4 Metales y “cajas” electrones libres: nivel de Fermi, DOS, dimensionalidad.
- 4.5 Estructuras periódicas (e.g. Si, GaAs, InSb, Cu): modelo de Kronig-Penney para bandas electrónicas y “gaps” electrónicos.
- 4.6 Bandas electrónicas y conducción en semiconductores y aisladores.
- 4.7 Donores y aceptores de hidrógeno.
- 4.8 El Ferromagnetismo y la nanofísica básico de los discos de memoria.
- 4.9 Efectos de superficie: espesor de las barreras Schottky.

5 Física Experimental de la nanofabricación y la nanotecnología

- 5.1 Tecnología de silicio: los modelos tecnológicos de INTEL-IBM
 - 5.1.1 Moldeado y replicación de un patrón nanoestructurado, máscaras nanométricas y fotolitografía.
 - 5.1.2 “Etching” de silicio.
 - 5.1.4 Métodos físicos para la deposición de películas.
 - 5.1.4 Métodos químicos para la deposición de películas.
- 5.2 Técnicas físicas para generar superficies ordenadas en la nanoescala.
 - 5.2.1 Litografía óptica y por rayos-X.
 - 5.2.2 Litografía electrónica.
- 5.3 Métodos de “Scanning Probe”: construcción átomo por átomo.
- 5.4 Arreglos nanoestructurados con Microscopía por efecto túnel (STM) como prototipo de “ensamble” molecular.
- 5.5 Arreglos nanoestructurados con Microscopía de Fuerza Atómica.

6 Caracterización en la nanoescala

- 6.1 Espectroscopías tradicionales aplicadas a estudios en nanociencia: XPS, Raman, UV.
- 6.1 Nanoscopías: AFM, STM, TEM, SEM.
- 6.2 Luz de sincrotrón: absorción, dispersión y emisión de rayos X.
 - 6.2.1 El laboratorio de luz sincrotrón.
 - 6.2.2 Técnicas basadas en la dispersión de rayos X: SAXS, DSXAS, GISAXS.
 - 6.2.3 Técnicas basadas en la absorción y emisión de rayos X: XANES, EXAFS, DXAS, XMCD, XES, RIXS, ARPES.

7 Nanomáquinas: el límite de lo pequeño.

- 7.1 Partículas y materia: fotones, electrones, átomos y moléculas.
- 7.2 Ejemplos en biología: nanodispositivos y nanomotores.
 - 7.2.1 Motores basados fuerzas elásticas.
 - 7.2.2 Motores lineales.
 - 7.2.3 Nano-Rotores.
 - 7.2.4 Canales iónicos, nanotransistores en biología.
- 7.3 Límites en la fabricación en la nanoescala.
 - 7.3.1 Métodos de síntesis de objetos nanométricos.
 - 7.3.2 Sistemas auto-ensamblados en la nanoescala.
 - 7.3.4 Caracterización de objetos nanométricos.
 - 7.3.3 Conexión entre los objetos nanométricos y los sistemas másicos.

BIBLIOGRAFÍA:

- *Edward L Wolf*. Nanophysics and Nanotechnology. An Introduction to Modern concepts in Nanoscience. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2004.
- *Charles P. Pool Jr. and Frank J. Owens*. Introduction to Nanotechnology. John Wiley and Sons Inc. Publications. 2003.
- Springer Handbook of Nanotechnology. Bharat Bhushan Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004.
- Characterization of Nanophase Materials. Zhong Lin Wang Ed. Wiley VCH Verlag GmbH 2000.
- *J.M. Ramallo López and F.G. Requejo*. CHAPTER 7 - X-ray absorption fine structure studies of fundamental properties of nanostructures in Recent Advances in Nanoscience, Marcelo M. Mariscal and Sergio A. Dassie. Eds. Research Signpost, Kerala, India. 2007.