

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Nanofísica I
<b>Clave de la asignatura:</b>	NAF-0915
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en Nanotecnología

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

La intención de esta asignatura es que el estudiante comprenda y profundice sobre conceptos de física en el ámbito de la nanotecnología. Los temas tratados se relacionan con los efectos físicos en la escala nanométrica, particularmente aquellos de importancia a pequeña escala de aplicaciones tecnológicas. Se abordan conceptos de mecánica cuántica considerando que estos conocimientos son fundamentales para entender los fenómenos a la escala de 1 nm.

La asignatura, por su aportación al perfil profesional, debe impartirse en el quinto semestre de la carrera cuando el alumno ya tiene conocimientos de química, física básica, física del estado sólido y matemáticas necesarios para entender los fenómenos y principios analizados en esta materia.

Esta materia, junto con Nanobiología y Nanoquímica, proporciona al estudiante los conocimientos necesarios para puntualizar, interpretar y replantear conceptos del nivel macroscópico al nivel de la nanoescala, siendo los primeros cursos de estas asignaturas de una importancia tal que sustentarán la construcción de su conocimiento como Ingenieros en Nanotecnología.

### Intención didáctica

En esta materia se desarrollan temas concernientes con las leyes físicas que se vinculan a la escala nanométrica y que pueden aplicarse para predecir el comportamiento a esta escala “no visible”. El comportamiento físico a la escala nanométrica se predice adecuadamente por la mecánica cuántica, representada por la ecuación de Schrödinger que proporciona una comprensión cuantitativa de la estructura y propiedades de los átomos.

En función de la importancia de esta asignatura como parte del primer bloque de conocimientos profundos de la nanoescala, es necesario que el profesor como facilitador del aprendizaje proporcione las herramientas adecuadas al nivel de desarrollo planteado en la materia, de manera tal que la introducción del estudiante a los conceptos permita la construcción de un conocimiento profundo y con conocimientos vanguardistas.

Este curso se organiza en cuatro temas. El primero se enfoca en la enseñanza de superficie, volumen, forma y orientación de las nanopartículas. El segundo trata de conceptos básicos y ejemplos de la mecánica cuántica donde el tamaño nanométrico juega un rol crucial al

<sup>1</sup> Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

determinar las propiedades y el comportamiento de las estructuras. En el tercer tema se analiza la naturaleza física de las uniones nanométricas: enlace covalente, fuerzas polares, de Van der Waals, de Casimir y puentes de hidrógeno, asimismo se tratan temas relacionados con la naturaleza de la semiconducción, bandas electrónicas y saltos de energía. Finalmente, en el tema cuatro se explican las características distintivas de sistemas de dimensión cero, uno y dos.

Las actividades de aprendizaje sugeridas pretenden hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas pueden hacerse como actividades extra clase. Se busca que la formalización del aprendizaje sea a través de la observación, la reflexión, solución de problemas, exposición de temas y su discusión.

El enfoque sugerido para la materia requiere de actividades que promuevan el desarrollo de habilidades para la comunicación oral y escrita, investigación documental, trabajo en equipo y capacidad de organización. En el transcurso de esta asignatura es muy importante que el estudiante valore las actividades que realiza y comprenda que está adquiriendo las competencias necesarias para su hacer futuro y por tanto actúe de manera profesional, así mismo el estudiante deberá apreciar la importancia del conocimiento aprendido y generado y los hábitos de estudio y de trabajo para que desarrolle características tales como la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo, el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

**3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa**

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez del 27 al 29 de Abril de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Celaya, Saltillo, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua.	Reunión Nacional de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología e Ingeniería en Logística del SNEST.
Instituto Tecnológico de Puebla del 8 al 12 de Junio de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Celaya, Saltillo, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua.	Reunión de seguimiento de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de las carreras de Ing. en Nanotecnología, Gestión Empresarial, Logística, y asignaturas comunes del SNEST.
Instituto Tecnológico de Mazatlán del 23 al 27 de Noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua.	Reunión de seguimiento de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de la carrera de



		Ing. en Nanotecnología, del SNEST.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de Mayo de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Superior de Irapuato, Chihuahua, Saltillo.	Reunión de consolidación de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ing. en Nanotecnología, del SNEST.
Tecnológico Nacional de México, del 26 al 30 de agosto de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río y Mazatlán.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología, Ingeniería Petrolera, Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías, Ingeniería Naval y Gastronomía del SNIT.

**4. Competencia(s) a desarrollar**

<b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer los fenómenos físicos involucrados en las características superficiales, enlaces y fuerzas de atracción de las nanoestructuras y de los sistemas de pequeñas dimensiones, así como profundizar en el aprendizaje de los conceptos de mecánica cuántica que rigen el comportamiento nanométrico.</li> </ul>

**5. Competencias previas**

<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica los diferentes tipos de enlaces químicos y fuerzas de enlace.</li> <li>Conoce los principios básicos de la mecánica cuántica.</li> <li>Aplica los conceptos de teoría del orbital molecular.</li> <li>Identifica las características de semiconductores y bandas electrónicas.</li> <li>Busca información por Internet.</li> <li>Aplica conocimientos fundamentales de álgebra.</li> <li>Redacta textos y reportes, empleando la computadora.</li> <li>Busca y selecciona información de fuentes confiables en portales y buscadores de asociaciones y organismos de prestigio internacional.</li> </ul>
--

**6. Temario**

No.	Temas	Subtemas
1	Superficie y orientación de partículas	1.1. Importancia de la superficie. 1.2. Forma de la partícula y superficie. 1.2.1. Superficie exterior y forma de la partícula. 1.2.2. Área superficial interior a nanoescala. 1.3. Superficie y volumen. 1.3.1. Relación de superficie geométrica a volumen. 1.3.2. Área superficial específica. 1.3.3. Aproximación esférica de los aglomerados. 1.4. Orientación de partícula 1.4.1. Polarización de superficie en metales. 1.4.2. Factor de despolarización de una partícula y parámetros de apantallamiento. 1.4.3. Límite cuasi-estático. 1.4.4. Orientación de nanometales en un medio de transporte.
2	Conceptos de la Mecánica Cuántica en Nanofísica	2.1. Modelo de Böhr de núcleo atómico. 2.2. Naturaleza onda-partícula de la luz y la materia: relaciones de De Broglie. 2.3. Función de onda del electrón, densidad de probabilidad y propagación de ondas estacionarias. Fermiones, bosones y reglas de ocupación. 2.4. Principio de incertidumbre de Heisenberg. 2.5. 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	Comportamiento físico de enlaces según la mecánica cuántica	3.1. Relación de la mecánica cuántica y la tabla periódica de los elementos. 3.2. Nanosimetrías, di-átomos y ferromagnetos. 3.2.1. Partículas indistinguibles y su intercambio. 3.2.2. La molécula de hidrógeno, di-hidrógeno: el enlace covalente. 3.3. Fuerzas en la escala nanométrica.



		<p>3.3.1. Fuerzas polares y de van der Waals.</p> <p>3.3.2. Fuerza de Casimir</p> <p>3.3.3. El enlace de hidrógeno.</p>
4	Casos de estudio de mecánica cuántica	<p>4.1. Metales como cajas de electrones libres: nivel de Fermi, DOS y dimensionalidad.</p> <p>4.1.1. Conducción electrónica, resistividad, camino libre medio, efecto Hall, magnetorresistencia.</p> <p>4.2. Estructuras periódicas: modelo de Kronig-Penney para bandas y saltos electrónicos.</p> <p>4.3. Bandas electrónicas y conducción en semiconductores y aislantes.</p> <p>4.4. Donadores y aceptores de hidrógeno.</p> <p>4.4.1. Concentraciones de carga en semiconductores, dopado metálico.</p>
5	Estructuras de pequeña dimensión	<p>5.1. Materia continua.</p> <p>5.1.1. Introducción</p> <p>5.1.2. Fenómenos y propiedades de los materiales.</p> <p>5.2. Materiales con dimensión cero.</p> <p>5.2.1. Aglomerados</p> <p>5.2.2. Aglomerados metálicos y HOCO-LUCO.</p> <p>5.2.3. Propiedades ópticas de aglomerados.</p> <p>5.2.4. Otras propiedades físicas: energía superficial, propiedades térmicas y conductividad.</p> <p>5.3. Materiales con dimensión uno.</p> <p>5.3.1. Tipos de nanoalambres sus fenómenos y propiedades físicas.</p> <p>5.4. Materiales con dos dimensiones.</p> <p>5.4.1. Tipos de películas delgadas y sus propiedades físicas.</p>

**7. Actividades de aprendizaje de los temas**

<b>1. Superficie y orientación de partículas</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce la relación entre la superficie de las partículas, su forma geométrica y su volumen.</li> <li>• Comprende la relación entre la forma de las partículas y el fenómeno de la polarización de la luz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las principales formas geométricas de las partículas debido a su superficie.</li> <li>• Resolver problemas de estimación de área superficial específica para diferentes partículas.</li> <li>• Exponer en clase el fenómeno de la polarización de la luz debido a las</li> </ul>

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera de Física del estado sólido, electricidad y magnetismo, análisis instrumental, química, mecánica clásica.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidades de gestión de información</li> <li>• Habilidades de investigación para búsqueda, análisis y síntesis de información</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<p>partículas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver problemas de aproximación esférica de aglomerados de partículas.</li> <li>• Investigar el fenómeno de orientación de nanometales en diferentes medios de transporte..</li> </ul>
<p><b>2. Conceptos de la Mecánica Cuántica en Nanofísica</b></p>	
<p><b>Competencias</b></p>	<p><b>Actividades de aprendizaje</b></p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende los aspectos más relevantes de la mecánica cuántica en el desarrollo de la nanofísica.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera de Física del estado sólido, electricidad y magnetismo, análisis instrumental, química, mecánica clásica.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidades de gestión de información</li> <li>• Habilidades de investigación para búsqueda, análisis y síntesis de información</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir el modelo atómico de Bohr</li> <li>• Investigar la naturaleza de onda-partícula de la luz.</li> <li>• Discutir de manera grupal las relaciones de De Broglie sobre el momento de una partícula con la longitud de onda.</li> <li>• Investigar las definiciones y características de Fermiones, bosones y reglas de ocupación.</li> <li>• Discutir el principio de incertidumbre de Heisenberg.</li> <li>• Investigar y discutir la ecuación de Schrödinger.</li> <li>• Deducir la ecuación de Schrödinger para el átomo de hidrógeno..</li> </ul>
<p><b>3. Comportamiento físico de enlaces según la mecánica cuántica</b></p>	
<p><b>Competencias</b></p>	<p><b>Actividades de aprendizaje</b></p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entiende las principales fuerzas de enlace que actúan en los nanomateriales.</li> <li>• Identifica el tipo de fuerza de enlace en diferentes compuestos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponer por equipos de trabajo la relación de la mecánica cuántica y la tabla de los elementos químicos.</li> <li>• Investigar las características nanosimétricas, los di-átomos y las</li> </ul>

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera de Física del estado sólido, electricidad y magnetismo, análisis instrumental, química, mecánica clásica.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidades de gestión de información</li> <li>• Habilidades de investigación para búsqueda, análisis y síntesis de información</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<p>aplicaciones de los ferromagnetos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir las principales características del enlace covalente.</li> <li>• Investigar las principales fuerzas de enlace en la escala nanométrica.</li> <li>• Clasificar diferentes enlaces en ejemplo de moléculas, como fuerzas polares y de Van der Waals.</li> <li>• Investigar el experimento de Casimir-Polder sobre la fuerza entre materiales conductores y dieléctricos.</li> <li>• Investigar la ecuación de Casimir y su aplicación en el cálculo de la fuerza por unidad de área para placas ideales y perfectamente conductoras con vacío entre ellas.</li> </ul>
<p><b>4. Casos de estudio de mecánica cuántica</b></p>	
<p><b>Competencias</b></p>	<p><b>Actividades de aprendizaje</b></p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplica los principios de la mecánica cuántica para explicar algunas propiedades de los materiales conductores, semi-conductores y aislantes.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera de Física del estado sólido, electricidad y magnetismo, análisis instrumental, química, mecánica clásica.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidades de gestión de información</li> <li>• Habilidades de investigación para búsqueda, análisis y síntesis de información</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la importancia del nivel de Fermi en las propiedades de los materiales sólidos.</li> <li>• Discutir de manera grupal el efecto Hall.</li> <li>• Investigar la relación en conducción electrónica y la resistividad en los materiales.</li> <li>• Investigar la aplicación del modelo de Kronig-Penney en la determinación de los estados de energía de los electrones en un cristal.</li> <li>• Elaborar una tabla con las propiedades de los conductores, semi-conductores y aislantes eléctricos.</li> <li>• Realizar prácticas de laboratorio donde utilice el conductímetro para clasificar diferentes materiales como conductores, semi-conductores y aislantes.</li> <li>• Investigar el efecto del dopado metálico sobre algunas propiedades del material que se dopa.</li> </ul>

<b>5. Estructuras de pequeña dimensión</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende la dependencia de las propiedades ópticas, magnéticas, térmicas, etc. respecto a la dimensión del nanomaterial.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera de Física del estado sólido, electricidad y magnetismo, análisis instrumental, química, mecánica clásica.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidades de gestión de información</li> <li>• Habilidades de investigación para búsqueda, análisis y síntesis de información</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir de manera grupal las definiciones de materia continua y discontinua.</li> <li>• Elaborar una tabla donde aparezcan las principales propiedades y fenómenos asociados con los materiales (propiedades ópticas, magnéticas, etc).</li> <li>• Investigar los materiales que presentan una dimensión cero y sus propiedades</li> <li>• Investigar el estado del arte de los aglomerados metálicos, sus propiedades ópticas, térmicas, conductivas y sus aplicaciones actuales.</li> <li>• Investigar los materiales que presentan una dimensión uno (nanoalambres) y sus propiedades físicas.</li> <li>• Investigar los materiales que presentan dos dimensiones (películas) y sus propiedades físicas..</li> </ul>

**8. Práctica(s)**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterizar una suspensión de nanopartículas mediante el uso del polarímetro.</li> <li>• Resolver ejercicios de aplicación de la ecuación de Schrödinger para el átomo de hidrógeno.</li> <li>• Preparar ferromagnetos a base de barras de hierro y níquel.</li> <li>• Evaluar la polaridad de diferentes materiales, mediante columna de cromatografía.</li> <li>• Construir un sensor Hall para detectar la presencia de un campo magnético.</li> <li>• Caracterizar diferentes materiales como conductores, semi-conductores y aislantes; corroborar la relación resistencia-conductividad.</li> <li>• Realizar mediciones de conductividad electrónica en electrodos dopados con diferentes materiales.</li> </ul>
--

**9. Proyecto de asignatura**

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fundamentación:</b> marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.</li> </ul>
--



- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

### 10. Evaluación por competencias

- Participación activa del estudiante en las actividades organizadas.
- Examen escrito y oral.
- Exposición oral de conceptos, desarrollos o aplicaciones de las técnicas de análisis instrumental.
- Elaboración de reportes escritos de los temas indicados para su análisis en el curso.
- Análisis y exposición de artículos técnico-científicos donde se involucran las diferentes técnicas de análisis instrumental.

### 11. Fuentes de información

1. Hornyak G.L., Dutta J., Tibbals H.F., Rao A.K., (2008). Introduction to Nanoscience. CRC Press, Boca Raton, FL., Estados Unidos.
2. Wolf E.L. (2006). Nanophysics and Nanotechnology: An introduction to modern concepts in nanoscience. Wiley-VCH, Alemania.
3. <http://www.nano-physics.com>