

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA
COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA
PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

1. **Unidad Académica:** Facultad Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada.
2. **Programa Educativo:** Ingeniero en Nanotecnología.
3. **Plan de Estudios:** 2019-2
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Optoelectrónica
5. **Clave:** 33589
6. **HC:** 02 **HL:** 02 **HT:** 02 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 08
7. **Etapas de Formación a la que Pertenece:** Terminal
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Optativa
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



Equipo de diseño de PUA
Enrique Efrén García Guerrero
Arturo Velázquez Ventura

Firma

Vo.Bo. de Subdirector de Unidad Académica
Humberto Cervantes De Avita



FACULTAD DE INGENIERÍA,
ARQUITECTURA Y DISEÑO
ENSENADA, B.C.

Firma

Fecha: 08 de agosto de 2018

II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

La unidad de aprendizaje de Optoelectrónica tiene como finalidad proporcionar al estudiante el marco teórico y experimental sobre los dispositivos cuyo funcionamiento depende de la interacción de la dualidad onda-partícula y el material. El curso tiene la utilidad de proyectar aplicaciones de vanguardia en ciencia, ingeniería y en la vida cotidiana considerando el desarrollo de nuevos materiales nanoestructurados. Es de carácter optativo, pertenece a la etapa terminal y al área de conocimiento de Ciencias de la Ingeniería.

III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Emplear los conceptos de la electrónica, la tecnología de materiales y el principio de dualidad onda-partícula, a través de las técnicas experimentales, para dar solución a problemas que involucren el diseño y aplicación de dispositivos fotoeléctricos e implementar arreglos ópticos, circuitos electrónicos y sistemas de adquisición de datos.

IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

Entrega un compendio de los problemas resueltos en clase, taller y tareas extras, de forma analítica y numérica, donde se especifique:

- Planteamiento del problema
- Desarrollo detallado del procedimiento matemático empleado
- Interpretación del resultado obtenido.

Además este compendio debe integrar reportes de cada práctica de laboratorio realizada, donde se especifique: i) Introducción, ii) Objetivo, iii) Metodología, iv) Recursos materiales y equipo, v) Desarrollo, vi) Resultados y conclusiones y vii) Bibliografía.

Entrega un escrito formal de una investigación sobre desarrollos tecnológicos que involucren dispositivos fotosensibles de última generación, donde se especifique:

- Introducción
- Objetivo
- Metodología
- Desarrollo
- Resultados y conclusiones
- Bibliografía.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

UNIDAD I. Conceptos preliminares

Competencia:

Relacionar conceptos de la física cuántica y la óptica, a través de la interpretación física de las leyes y principios de la mecánica cuántica y la óptica física, para construir las bases conceptuales del funcionamiento de dispositivos que operen bajo el formalismo de la dualidad onda-partícula y el material, con una actitud honesta, creativa y con buena disposición al trabajo colaborativo.

Contenido:**Duración:** 8 horas

- 1.1. Física submicroscópica.
 - 1.1.1. Principio de Incertidumbre.
 - 1.1.2. Hipótesis de De Broglie.
 - 1.1.3. Hipótesis de Max Planck.
- 1.2. Nomenclatura óptica.
 - 1.2.1. Polarización de la luz.
 - 1.2.2. Reflexión y refracción.
 - 1.2.3. Efectos de interferencia y difracción.
- 1.3. Mecánica cuántica.
 - 1.3.1. Ecuación de Schrödinger.
 - 1.3.2. Cuantización de la energía.
 - 1.3.3. Efecto túnel.

UNIDAD II. Materiales para la electrónica.

Competencia:

Desglosar las propiedades cuánticas, ópticas y magnéticas de diferentes materiales, para analizar su potencialidad como materiales base en el diseño de dispositivos fotoeléctricos, a través de la interpretación física-matemática del comportamiento micro y macro de metales, aislantes y semiconductores, con objetividad y buena disposición al trabajo en equipo.

Contenido:

Duración: 8 horas

- 2.1. Bandas de energía.
- 2.2. Metales.
 - 2.2.1. Efecto Hall.
- 2.3. Aislantes.
 - 2.3.1. Estadísticas de Boltzmann.
- 2.4. Semiconductores.
 - 2.4.1. Estructuras de bandas.
 - 2.4.2. Densidad de portadores libres.
 - 2.4.3. Conductividad.
 - 2.4.4. Ecuación de continuidad: generación y recombinación.
- 2.5. Propiedades ópticas y magnéticas.
 - 2.5.1. Propiedades ópticas.
 - 2.5.2. Propiedades magnéticas.

UNIDAD III. Estructuras electrónicas básicas.

Competencia:

Examinar las estructuras electrónicas básicas, a través de la interpretación física de sus ecuaciones de transporte, para fundamentar el diseño y operatividad de los dispositivos fotoeléctricos, con creatividad, actitud propositiva y tolerancia para el trabajo colaborativo.

Contenido:

Duración: 8 horas

- 3.1. Diodo de unión.
 - 3.1.1. Modelo de Shockley.
 - 3.1.2. Capacitancia de la zona desértica.
 - 3.1.3. Ruptura de la unión p-n.
 - 3.1.4. Transitorios de la unión p-n.
- 3.2. Contactos óhmicos y rectificantes.
 - 3.2.1. Diagramas de energía en los contactos rectificantes.
 - 3.2.2. Diagramas de energía en los contactos óhmicos.
- 3.3. Capacitor metal-oxido-semiconductor.
 - 3.3.1. Diagrama de energía del capacitor MOS.
- 3.4. Transistor bipolar de unión BJT.
 - 3.4.1. Ecuaciones de transporte.
 - 3.4.2. Ganancia de corriente.
- 3.5. MOSFET
 - 3.5.1. Ecuaciones de transporte.
 - 3.5.2. Funcionamiento.
- 3.6. LED, SLEDS, Láser.
- 3.7. Fotodetectores, fototransistores, fotodiodos, fotorresistencias.

UNIDAD IV. Aplicaciones.

Competencia:

Examinar dispositivos fotoeléctricos tradicionales y de nueva generación, para interpretar los desarrollos tecnológicos actuales en los que intervienen y potencializar aplicaciones futuras, a través de la identificación de los mecanismos internos de foto inducción, con creatividad, visión innovadora y respecto al entorno.

Contenido:

- 4.1. Moduladores ópticos integrados.
- 4.2. Dispositivos fotovoltaicos.
- 4.3. Controladores optoeléctricos.
- 4.4. Opto-aisladores.
- 4.5. Compuertas ópticas.
- 4.6. Nanofotónica.

Duración: 8 horas

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD I				
1	Encontrar la solución a problemas sobre el concepto de la dualidad onda-partícula, a través de la interpretación física de la hipótesis de De Broglie y Max Plank, para conceptualizar que toda la materia presenta características tanto ondulatorias como corpusculares, con objetividad y buena disposición para el trabajo en equipo.	Determina las cantidades físicas relacionadas con fenómenos de radiación, efectos fotoeléctricos y Compton. Coteja los resultados en equipo. Entrega la solución del problema.	Pizarrón, marcadores, animaciones numéricas, software de aplicación y videos.	4 horas
2	Encontrar la solución a problemas sobre reflexión y refracción, para conceptualizar el comportamiento de la luz al incidir en una interfaz, a través de las leyes de Snell y los coeficientes de Fresnel, con creatividad y tolerancia al trabajo colaborativo.	Determina las cantidades físicas relacionadas con el fenómeno de la reflexión y la refracción de la luz a incidencia normal y oblicua en la interfaz de diferentes tipos de materiales. Coteja los resultados en equipo. Entrega la solución del problema.	Pizarrón, marcadores, animaciones numéricas, software de aplicación y videos.	4 horas
UNIDAD II				
3	Encontrar la solución a problemas sobre las propiedades físicas de diferentes materiales, para analizar sus comportamientos micro y macro bajo efectos de radiación fotónica, a través de la interpretación del formalismo fisicomatemático, con creatividad y actitud propositiva para el trabajo en grupo.	Emplea los modelos que describen el comportamiento de metales, aislantes y semiconductores, para evaluar los parámetros que determinan su utilidad en dispositivos fotoelectrónicos. Coteja los resultados en equipo. Entrega la solución del problema.	Pizarrón, marcadores, animaciones numéricas, software de aplicación y videos.	4 horas
4	Encontrar la solución a problemas que involucren operadores lineales,	Emplea las herramientas de la mecánica cuántica para	Pizarrón, marcadores, animaciones numéricas,	4 horas

	notación de Dirac, y eigenvectores, para interpretar los fenómenos de la física microscópica, a través de la interpretación de los postulados de la mecánica, con honestidad y propositivo para el trabajo colaborativo.	interpretar los fenómenos de la física microscópica. Coteja los resultados en equipo. Entrega la solución del problema.	software de aplicación y videos.	
UNIDAD III				
5	Resolver problemas que involucren diodos y transistores BJT, para analizar sus comportamientos como parte de circuitos electrónicos y ópticos más complejos, a través de las leyes y teoremas de circuitos, con objetividad, respeto y actitud crítica.	Emplea los modelos que describen el comportamiento de diodos y transistores, para evaluar sus funcionamientos en arreglos de circuitos fotoeléctricos más complejos. Coteja los resultados en equipo. Entrega la solución del problema.	Pizarrón, marcadores, animaciones numéricas, software de aplicación y videos.	4 horas
6	Resolver problemas que involucren fototransistores, fotodiodos y fotorresistencias, para analizar sus comportamientos como parte de circuitos electrónicos y ópticos más complejos, a través de las leyes y teoremas de circuitos, con una actitud creativa, crítica y tolerante.	Emplea los modelos que describen el comportamiento de fotodiodos, fototransistores y fotorresistencias, para evaluar sus funcionamientos en arreglos de circuitos fotoeléctricos más complejos. Coteja los resultados en equipo. Entrega la solución del problema.	Pizarrón, marcadores, animaciones numéricas, software de aplicación y videos.	4 horas
UNIDAD IV				
	Resolver problemas sobre circuitos en los que intervienen dispositivos fotoeléctricos, para analizar aplicaciones tecnológicas en ciencia, ingeniería y en la vida cotidiana, a través del manejo de las técnicas de análisis y diseño óptico y electrónico, con visión innovadora y respecto al	Emplea las técnicas de análisis de circuitos fotoelectrónicos, para interpretar las aplicaciones tecnológicas que integren en su estructura dispositivos fotoeléctricos. Coteja los resultados en equipo. Entrega la solución del problema.	Pizarrón, marcadores, animaciones numéricas, software de aplicación y videos.	4 horas

	entorno.			
	Consultar el estado del arte y de la técnica, para identificar desarrollos tecnológicos de vanguardia en los que intervengan dispositivos fotoeléctricos de última generación, a través de las bases de datos de divulgación científica, artículos JCR y patentes, con actitud crítica, visión innovadora y proactivo al trabajo colaborativo.	Presenta un desarrollo tecnológico de aplicación en la ciencia, en la tecnología o en la vida cotidiana donde involucren el empleo de dispositivos fotoeléctricos de última generación. Entrega un escrito formal sobre la investigación efectuada.	Bases de datos de divulgación científica, artículos JCR, patentes, videos.	4 horas

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD I				
1	<p>Evaluar experimentalmente la constante de Planck, para conocer un método de evaluación utilizando el concepto de la cuantización de la energía, a través de la interpretación física de la ecuación fotoeléctrica de Einstein, con actitud creativa y tolerancia para el trabajo en equipo.</p>	<p>A partir del efecto fotoeléctrico se determina la constante de Planck, se trabaja con una señal monocromática modulada y amplificada con un lock-in y se efectúan mediciones de la diferencia de potencial que se registra en un ánodo y cátodo en un fototubo al que se le hace incidir la señal.</p> <p>Estructura y entrega un reporte de su experimento por equipo de trabajo, enfatizando sus observaciones y conclusiones de manera individual.</p>	<p>Monocromador, lámpara dicromica, chopper, fototubo, lock-in, voltímetro, amperímetro, fuentes de voltaje y computadora personal.</p>	4 horas
2	<p>Verificar la ley de Snell, para determinar el comportamiento de la luz al interactuar con una interfaz, a través de la validación de las leyes de reflexión y refracción, de la observación de la reflexión total interna y de la evaluación del índice de refracción de diferentes materiales, con actitud creativa y buena disposición al trabajo colaborativo.</p>	<p>Estudiar experimentalmente las leyes de reflexión y refracción de la luz y valida sus cálculos numéricos en relación a los parámetros experimentales, participando activamente en equipos de trabajo.</p> <p>Estructura y entrega un reporte de su experimento por equipo de trabajo, enfatizando sus observaciones y conclusiones de manera individual.</p>	<p>Elementos mecánicos, lentes y bancos ópticos, superficies planas de diferentes materiales, láseres de diferentes longitudes de onda y sensores ópticos.</p>	4 horas
3	<p>Obtener los patrones de difracción de diferentes tipos de rejillas, para estimar los parámetros característicos de la difracción, a través de los arreglos</p>	<p>Analiza experimentalmente la difracción para una rendija rectangular simple, doble y múltiple, así como aberturas</p>	<p>Elementos mecánicos, lentes y bancos ópticos, colimadores, rejillas de difracción, láseres de</p>	4 horas

	<p>ópticos específicos y las evaluaciones numéricas respectivas, con honestidad y actitud creativa.</p>	<p>rectangulares y circulares, valida sus resultados experimentales con sus cálculos numéricos y participa activamente en equipos de trabajo. Estructura y entrega un reporte de su experimento por equipo de trabajo, enfatizando sus observaciones y conclusiones de manera individual.</p>	<p>diferentes longitudes de onda y sensores ópticos.</p>	
4	<p>Obtener experimentalmente las características de las radiaciones electromagnéticas polarizadas, para estimar los efectos que la polarización genera en materiales fotosensibles, a través de las leyes de Brewster y Malus, con honestidad y actitud creativa.</p>	<p>Estudiar experimentalmente la polarización lineal y circular de la luz validando la ley de Brewster y Malus y participa activamente en equipos de trabajo. Estructura y entrega un reporte de su experimento por equipo de trabajo, enfatizando sus observaciones y conclusiones de manera individual.</p>	<p>Elementos mecánicos, lentes y bancos ópticos, colimadores, polarizadores, láseres de diferentes longitudes de onda, fuentes de luz y sensores ópticos.</p>	4 horas
UNIDAD II				
5	<p>Obtener los espectros de transmisión, dependencia espectral del índice de refracción y la posición del frente de absorción correspondiente a la polarización electrónica, para analizar las propiedades ópticas de capas finas dieléctricas y semiconductoras, a través de la técnica de espectrofotometría, con responsabilidad, creativo y que motive el trabajo colaborativo.</p>	<p>Estima experimentalmente la zona de débil absorción en capas finas de algunos materiales como CdS, TiO₂, ZnO y silicio amorfo, participa de manera activa en equipos de trabajo. Estructura y entrega un reporte de su experimento por equipo de trabajo, enfatizando sus observaciones y conclusiones de manera individual.</p>	<p>Monocromador, detector de efecto voltaico, amplificador, multímetro digital, portamuestras, dispositivo motorizado para barrido espectral, fuente de luz, fuentes de alimentación, motor paso-paso, computadora personal y sistema de adquisición de datos.</p>	4 horas
UNIDAD III				
6	<p>Obtener experimentalmente las características de diferentes dispositivos detectores de luz, para</p>	<p>Se obtienen las características de fotorresistencias, fotodiodos y fototransistores para un rango de</p>	<p>Fotorresistencias, RGB Leds, Fotodiodos, Fototransistores, IR Fototransistor, IR Led,</p>	4 horas

	estimar sus parámetros de operación y establecer sus curvas características, a través de mediciones directas de impedancia, tensión y corrientes, con honestidad y actitud creativa.	frecuencias a través de la implementación de circuitos electrónicos con acondicionamiento de señal. Estructura y entrega un reporte de su experimento por equipo de trabajo, enfatizando sus observaciones y conclusiones de manera individual.	caja oscura, reguladores, foco de halógeno, fuente de alimentación, generador de funciones, Placa de pruebas, Luxómetro, Multímetro, Resistencias varias, Amplificadores operacionales, comparador, diodos zener, condensadores varios, transistor BJT pnp, potenciómetro.	
UNIDAD IV				
7	Implementar un circuito que opere como detector de presencia, para estudiar la eficiencia del sistema bajo diferentes entornos de iluminación, a través de las propiedades de las fotorresistencias y complementando el funcionamiento con diodos y amplificadores operacionales, con responsabilidad, honesto y actitud innovadora.	Se implementa un circuito en base a fotorresistencias que funcione como detector de presencia que active una señal de alarma cuando se modifique el estado de iluminación del entorno. Estructura y entrega un reporte de su experimento por equipo de trabajo, enfatizando sus observaciones y conclusiones de manera individual.	Fotorresistencias, RGB Leds, Fotodiodos, Fototransistores, IR Fototransistor, IR Led, caja oscura, reguladores, foco de halógeno, fuente de alimentación, generador de funciones, Placa de pruebas, Luxómetro, Multímetro, Resistencias varias, Amplificadores operacionales, comparador, diodos zener, condensadores varios, transistor BJT pnp, potenciómetro.	4 horas
8	Implementar un circuito que opere como emisor y receptor en el rango de frecuencias del infrarrojo, para estudiar la eficiencia de la transmisión y recepción de información por el espacio libre, a través del aprovechamiento de las propiedades del fototransistor, con honestidad, creatividad y tolerante para el trabajo	Se implementa un circuito en base a fototransistores que trabaje como emisor y receptor de información en el infrarrojo. Estructura y entrega un reporte de su experimento por equipo de trabajo, enfatizando sus observaciones y conclusiones de manera individual.	Fotorresistencias, RGB Leds, Fotodiodos, Fototransistores, IR Fototransistor, IR Led, caja oscura, reguladores, foco de halógeno, fuente de alimentación, generador de funciones, Placa de pruebas, Luxómetro, Multímetro, Resistencias varias,	4 horas

	en equipo.		Amplificadores operacionales, comparador, diodos zener, condensadores varios, transistor BJT pnp, potenciómetro.	
--	------------	--	---	--

VII. MÉTODO DE TRABAJO

Encuadre: El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno.

Estrategia de enseñanza (docente)

Expondrá los temas centrales del curso y resolverá problemas típicos a manera de ejemplo en metodología, análisis y manejo matemático e interpretación física. Se apoyará en algunos casos de algunas simulaciones numéricas y videos cortos, a manera de conceptualizar conceptos y reforzar ideas en los estudiantes.

Estrategia de aprendizaje (alumno)

Taller: A partir de la información que se proporcione de problemas específicos, el estudiante debe: i) visualizar e interpretar el requerimiento solicitado, ii) plasmar una representación gráfica de lo solicitado, iii) planear una estrategia que le permita ejecutar un desarrollo matemático, a fin de obtener y/o proponer un resultado, iv) analizar e interpretar el resultado obtenido para validar si cumple los requerimientos solicitados, v) cotejar sus resultados en su equipo de trabajo, vi) exponer sus resultados frente al grupo y vii) entregar las soluciones de los problemas al finalizar el taller como evidencias.

Laboratorio: A partir de la información que se proporcione para el desarrollo de las prácticas experimentales, el estudiante debe: i) interpretar e implementar el requerimiento solicitado, ii) a partir de un diagrama a bloques plasmar una representación gráfica de lo solicitado, iii) planear una estrategia que le permita ejecutar la implementación experimental a fin de obtener lo solicitado, iv) analizar e interpretar el resultado obtenido para validar si cumple los requerimientos solicitados, v) participar activamente en su equipo de trabajo, vi) elaborar un reporte de la práctica experimental solicitada con los requerimientos en formato y contenidos solicitados y vii) entregar el reporte elaborado por el equipo de trabajo, en donde se plasmen de manera individual sus observaciones y conclusiones.

VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

Criterios de acreditación

- 80% de asistencia para tener derecho a examen ordinario y 70% de asistencia para tener derecho a examen extraordinario de acuerdo al Estatuto Escolar artículos 71 y 72.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

Criterios de evaluación

- 4 exámenes parciales..... 30%
- Participación en clase..... 10%
- Evidencia de desempeño 1 (Compendio de problemas y prácticas de laboratorio)..... 50%
(El compendio de problemas comprende los talleres que representa un 15% y las tareas 15%, y las prácticas de laboratorio 20%)
- Evidencia de desempeño 2 (Escrito formal de una investigación)..... 10%
- Total..... 100%

IX. REFERENCIAS

Básicas

Chrostowski, L. y Hochberg, M. (2015). *Silicon Photonics Design*. Reino Unido: Cambridge University Press.

Feynman, R.C. (1966). *The Feynman Lectures on Physics I, II and III*. Estados Unidos: Addison Wesley. [Clásica]

Roddy, R. (1978). *Intoduction to microelectronics*. Ontario Canada: Pergamon Press. [Clásica]

Vivien, L y Pavesi L. (2013). *Handbook of Silicon Photonics*. Estados Unidos: CRC Press. [Clásica]

Wartak, M. (2013). *Computational Photonics*. Estados Unidos: Cambridge. [Clásica]

Waser, R. (2012). *Nanoelectronic and Information Technology*. Alemania: WILEY-VCH. [Clásica]

Complementarias

Huebener, R. (2016). *Conductors, Semiconductors, Superconductors*. Alemania: Springer.

PennWell Corporation. (2018). LaserFocusWorld. Recuperado de: <https://www.laserfocusworld.com/magazines.html>

X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente que imparta el curso de Optoelectrónica, requiere título de licenciatura o ingeniería en el área de ciencias exactas. De preferencia con posgrado en ciencias exactas o ingeniería. Se sugiere que el docente presente una experiencia laboral y docente mínima de cinco años, debe contar con experiencia impartiendo asignaturas de matemáticas, física, electrónica o asignaturas afines. Así como tener habilidad para conducir a los estudiantes en la apropiación del conocimiento a través de preguntas que lleven a la reflexión y al análisis. Tener conocimientos de las aplicaciones o paqueterías actuales que realicen cálculos matemáticos, herramientas de cálculos y diseño electrónico. Es deseable que cuente con experiencia en la aplicación de los contenidos a situaciones reales para despertar el interés y la motivación entre los estudiantes.