

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO  
Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería en su sesión ordinaria del 15 de octubre de 2008

**DISPOSITIVOS CUÁNTICOS**

**2048**

**8° ó 9°**

**06**

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

**Ingeniería Eléctrica**

**Ingeniería en Telecomunicaciones**

**Ingeniería en Telecomunicaciones**

División

Departamento

Carrera en que se imparte

**Asignatura:**

Obligatoria

Optativa

**Horas:**

Teóricas

Prácticas

**Total (horas):**

Semana

16 Semanas

**Modalidad:** Curso.

**Seriación obligatoria antecedente:** Ninguna.

**Seriación obligatoria consecuente:** Ninguna.

**Objetivo(s) del curso:**

El alumno comprenderá, analizará y valorará el funcionamiento y las características de diferentes dispositivos cuánticos: fuentes de luz de la naturaleza y técnicos incluyendo los diodos emisores de luz y láseres de diferentes tipos, detectores y moduladores externos de la radiación de una fuente. El alumno sabrá los fenómenos que limitan las características de los diferentes dispositivos cuánticos y cómo combatir estos efectos. El alumno determinará los parámetros básicos de un dispositivo cuántico para una aplicación y elegirá los dispositivos más adecuados. Conocerá los últimos desarrollos en las aplicaciones de dispositivos cuánticos en la industria, investigación científica etc.

**Temario:**

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Introducción	1.5
2.	Fundamentos de la mecánica cuántica	7.5
3.	Fuentes de la radiación óptica	4.5
4.	Detectores de la radiación óptica	4.5
5.	Láseres	9.0
6.	Modulación externa de una fuente de la radiación óptica	4.5
7.	Amplificadores ópticos	3.0
8.	Transmisión mediante los solitones ópticos	4.5
9.	Aplicaciones de los dispositivos cuánticos en telecomunicaciones	9.0
		48.0
	Prácticas de laboratorio	0.0
	Total	48.0



## 1 Introducción

**Objetivo:** El alumno conocerá los antecedentes de los dispositivos cuánticos y su importancia para la ciencia y tecnología de hoy.

**Contenido:**

1. Descubrimientos científicos que llevaron al desarrollo de la mecánica cuántica. Dispositivos cuánticos, máseres y láseres

## 2 Fundamentos de la mecánica cuántica

**Objetivo:** El alumno comprenderá y valorará los principales postulados de la mecánica cuántica y relacionará estos postulados con diferentes fenómenos en la banda óptica. Comprenderá y analizará las leyes de la radiación térmica.

**Contenido:**

1. Espectro electromagnético
1. Las bandas de espectro electromagnético
1. Luz visible, la radiación infrarroja y ultravioleta
1. Propiedades y aplicaciones de diferentes bandas de espectro electromagnético
1. El fenómeno de radiación de ondas electromagnéticas
1. Límite para la teoría electromagnética clásica
1. La mecánica cuántica y sus postulados principales
1. Energía de un fotón
1. La diferencia entre los fenómenos de radiación en la banda de radiofrecuencia y la banda
1. Óptica
1. Propiedades de radiación térmica
1. Definición de un cuerpo negro, y de un cuerpo gris
1. Leyes de radiación térmica
1. Ley de Stephan-Boltzmann
1. Ley de Planck
1. Ley de Wien
1. Ejemplos de aplicación de la radiación térmica en la industria, estudios de medicina etc.

## 3 Fuentes de la radiación óptica

**Objetivo:** El alumno conocerá y analizará las características de diferentes fuentes de la radiación óptica. El alumno seleccionará un dispositivo óptico para una aplicación en particular.

**Contenido:**

1. Características de una fuente de radiación óptica
1. Intensidad
1. Espectro de radiación
1. Sensibilidad de ojo humano a la radiación óptica
1. Unidades de radiación de sistema radiométrico y sistema fotométrico
1. Conversión de unidades de un sistema a otro
1. Características de fuentes de radiación de naturaleza y fuentes técnicas



1. Luminiscencia en materiales semiconductores
1. Luminiscencia, fosforescencia, y fluorescencia
1. Diodo emisor de luz (LED)
1. Estructura y características eléctricas y de radiación de un LED
1. Materiales semiconductores para LED's
1. Espectro de radiación de un LED
1. Ejemplos de las estructuras de LED's
1. Patrones de radiación de LED's
1. Características temporales (tiempo de respuesta) de LED's
1. Diodo emisor de luz super luminescente
1. Materiales, estructura y características espectrales y temporales de diodos de este tipo
1. Coherencia espacial y temporal de las ondas
1. Ecuación de una onda plana monocromática en el dominio de tiempo
1. Ecuación de una onda plana monocromática en el dominio de espacio
1. Coherencia espacial
1. Coherencia temporal
1. Un experimento sobre la coherencia espacial
1. Un experimento sobre la coherencia temporal (Experimento de Young)

#### 4 Detectores de la radiación óptica

**Objetivo:** El alumno conocerá diferentes tipos de detectores y escogerá un detector óptimo para una aplicación en particular.

**Contenido:**

1. Foto efecto externo
1. Foto celdas de vacío
1. Tubos foto multiplicadores
1. Foto efecto interno
1. Foto resistencias
1. Fotodiodos p-n
1. Característica eléctrica de un fotodiodo
1. Modo foto galvánico de operación
1. Operación de un fotodiodo en el modo de celda solar
1. Materiales para fotodiodos
1. Eficiencia de un fotodiodo
1. Fotodiodos p-i-n
1. Fotodiodos de avalancha
1. Características espectrales y temporales de foto diodos de diferentes tipos
1. Circuito receptor óptico en base de un foto diodo
1. Circuitos electrónicos de foto receptores
1. Foto receptores de transimpedancia
1. Detectores térmicos.
1. Bolómetros
1. Detectores piroeléctricos



## 5 Láseres

**Objetivo:** El alumno comprenderá y analizará el funcionamiento de diferentes tipos de láseres, propiedades de la radiación láser y en particular, conocerá las características de láseres para las comunicaciones ópticas.

**Contenido:**

1. Principios de operación de un máser y un láser
1. Elementos principales de un láser
1. Resonadores de láseres, sus propiedades y características
1. Características espectrales de un láser
1. Características geométricas del rayo de un láser
1. El rayo gaussiano y sus propiedades
1. Divergencia del rayo láser
1. Efecto de difracción sobre la divergencia del rayo láser
1. Enfoque de rayo de un láser por medio de lentes y espejos
1. Diámetro mínimo de mancha de enfoque
1. Varios tipos de láseres
1. Láseres de gas
1. Láseres de estado sólido
1. Láseres de colorantes
1. Láser de ruby
1. Láser de helio-neón
1. Láser de argón
1. Láser de dióxido de carbono
1. Aplicaciones de láseres de estos tipos en la práctica
1. Láseres semiconductores
1. Tipos de láseres semiconductores
1. Diodos láser
  1. Características espectrales, temporales, de potencia y de características geométricas del rayo de un diodo láser
1. Modulación de diodos láser mediante la corriente de inyección
1. Diodos láser para las comunicaciones ópticas

## 6 Modulación externa de una fuente de la radiación óptica

**Objetivo:** El alumno comprenderá, analizará y valorará lo relacionado a la modulación externa de una fuente de radiación óptica.

**Contenido:**

1. Moduladores externos de tipo magnetoóptico
1. Moduladores electroópticos
1. Moduladores acustoópticos
1. Comparación entre los moduladores externos de diferentes tipos



## 7 Amplificadores ópticos

**Objetivo:** El alumno conocerá, comprenderá y analizará el funcionamiento, las características y aplicaciones de los amplificadores ópticos en sistemas avanzadas de telecomunicaciones ópticas.

**Contenido:**

1. Funcionamiento y características principales de un amplificador óptico
1. Amplificadores ópticos semiconductores
1. Amplificadores Raman de fibra óptica
1. Amplificadores Brillouin de fibra óptica
1. Amplificadores ópticos EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifiers)
1. Aplicaciones de amplificadores ópticos en sistemas de telecomunicaciones

## 8 Transmisión mediante los solitones ópticos

**Objetivo:** El alumno comprenderá las técnicas de telecomunicaciones ópticas mediante solitones.

**Contenido:**

1. Solitones ópticos
1. Comunicaciones ópticas mediante solitones
1. Diseño de los sistemas de comunicaciones ópticas mediante solitones
1. Sistemas de alta capacidad que operan mediante solitones
1. Sistemas WDM con solitones

## 9 Aplicaciones de los dispositivos cuánticos en telecomunicaciones

**Objetivo:** El alumno conocerá, analizará y valorará diferentes aplicaciones de dispositivos cuánticos en telecomunicaciones, instrumentación, diferentes ramas de la industria, medicina, etc.

**Contenido:**

2. Aplicaciones de los dispositivos cuánticos en telecomunicaciones
3. Láseres de nuevos tipos en los sistemas de comunicaciones por fibra óptica
4. Avances en las comunicaciones ópticas en el espacio entre satélites
5. Sistemas ópticos terrestres “sin fibra óptica”
6. Instrumentación láser
7. Interferometría e interferómetros ópticos
8. Interferómetros de Mikelson, Mach-Zender, Fabri-Perot, Sagnac
9. Efecto Doppler y anemometría láser Doppler
10. Sensores con base en fibras ópticas
11. Aplicaciones de dispositivos cuánticos en la industria, investigación científica y medicina

**Bibliografía básica:**

AGRAWAL, Govind P.

*Fiber-Optic Communication Systems*

3rd edition

New York

John Wiley and Sons, Inc., 2002

**Temas para los que se recomienda:**

**Todos**

RIAZIAT, M. L.

*Introduction to High-Speed Electronics and Optoelectronics*

New York

John Wiley and Sons, 1996

**Todos**

WILSON, J. , HAWKES, J. F. B.

*Optoelectronics, An Introduction*

3rd edition

London

Prentice-Hall, 1998

**Todos**

YARIV, A.

*Optical Electronics in Modern Communications*

5th edition

New York

Oxford University Press, 1997

**Todos**

WEINERT Andreas

*Plastic Optical Fibers: Principles, Components, Installation*

Siemens-Actiengesellschaft, Berlin and Munich, Erlangen

München: Publicis-MCD-Verl., 1999

**Todos**

DAUM Werner, KRAUSER Jürgen, ZAMROW Peter, ZIEMANN

Olaf

*POF- Polymer Optical Fibers for Data Communication.*

Berlin – Heidelberg, Springer, 352pp, 2002

**Todos**

LARGE ,Marianne C. J., POLADIAN, Leon, BARTON, Geoff W.

VAN EIKELENBERG, Martin A.

*Microstructured Polymer Optical Fiber*

Springer, XXVI, 232pp., 2008

**Todos**

**Bibliografía complementaria:**

**Temas para los que se recomienda:**

GOFF, David R.

*Fiber Optic Reference Guide: a Practical Guide to Communications technology*

Boston

**Todos**

**DISPOSITIVOS CUÁNTICOS**

(7/7)



Focal, 2002

NISHIHARA, N.  
*Optical Integrated Circuits*  
 New York  
 McGraw-Hill, 1989

**Todos**

AGRAWAL, G. P., DUTTA, N.K.  
*Semiconductor Lasers*  
 2nd edition  
 New York  
 Van Nostrand Reinhold, 1993

**Todos**

THOMPSON, G. H. B.  
*Physics of Semiconductor Laser Devices*  
 Chichester  
 J. Wiley, 1980

**Todos**

O'SHEA, D., CALLEN, W. R., RODEES, W. T.  
*Introduction to Lasers and Their Applications*  
 New York  
 Addison-Wesley Publishing Company, 1977

**Todos**

PRATT, W. K.  
*Laser Communications Systems*  
 New York  
 Wiley, 1969

**Todos****Sugerencias didácticas:**

Exposición oral	<input checked="" type="checkbox"/>
Exposición audiovisual	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejercicios dentro de clase	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejercicios fuera del aula	<input type="checkbox"/>
Seminarios	<input type="checkbox"/>

Lecturas obligatorias	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajos de investigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Prácticas de taller o laboratorio	<input type="checkbox"/>
Prácticas de campo	<input type="checkbox"/>
Otras:	<input type="checkbox"/>

**Forma de evaluar:**

Exámenes parciales	<input checked="" type="checkbox"/>
Exámenes finales	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajos y tareas fuera del aula	<input checked="" type="checkbox"/>

Participación en clase	<input checked="" type="checkbox"/>
Asistencias a prácticas	<input checked="" type="checkbox"/>
Otras:	<input type="checkbox"/>

**Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura**

Profesores con doctorado en Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica Cuántica, ó Física Cuántica.