



# Planificaciones

8203 - Física III

Docente responsable: MARTINEZ OSCAR EDUARDO

## OBJETIVOS

### ACLARACIÓN IMPORTANTE

SE DICTARÁ LA MATERIA EN DOS CURSOS INDEPENDIENTES, CON TURNOS TARDE Y VESPERTINO RESPECTIVAMENTE, UN DOCENTE RESPONSABLE DE CADA UNO Y LA COORDINACIÓN GENERAL DE MARÍA TERESA GAREA

### CURSO 1:

DOCENTE RESPONSABLE: MARTÍNEZ, OSCAR EDUARDO

### CURSO 2:

DOCENTE RESPONSABLE: OZOLS, ANDRÉS

### OBJETIVOS PARA AMBOS CURSOS

Se trata de proveer a los estudiantes de las Ingenierías Electrónica y Eléctrica de una base sólida, que les permita comprender los fundamentos de la física de los dispositivos electrónicos existentes y futuros. Los involucrados con la industria electrónica y eléctrica destinados a las comunicaciones, informática, sistemas de control de procesos, generación de energía convencionales y en desarrollo a partir de fuentes renovables y no renovables, Esta formación les permitirá acceder la electrónica y estadísticas cuánticas, que son el sustento actual de la mayor parte de la micro y nano tecnología, en evolución continua. El contenido de la asignatura trata de evolucionar a la par del desarrollo tecnológico. Se provee a los estudiantes de herramientas para el análisis crítico, la inquisitoria y búsqueda de información tecnológica a medida que esta surja. Esto facilitará su inserción laboral y poder ser partícipes de la eventual labor de investigación, desarrollo y producción tecnológica en el ámbito estatal o privado.

## CONTENIDOS MÍNIMOS

-

## PROGRAMA SINTÉTICO

### PARA CURSO 2

Introducción a la mecánica cuántica para luego entrar en la descripción cuantitativa de las propiedades electrónicas de los materiales y finalmente derivar en la descripción detallada de distintos dispositivos. Se inicia con una introducción a ondas en general, la ecuación de ondas para electrones, descripción de los estados del electrón sometido a diversos potenciales en una dimensión. Descripción del átomo de hidrógeno. Ligaduras. Metales, semiconductores y aislantes. Estadística de Fermi-Dirac. Propiedades específicas de semiconductores y su utilización para el diseño de dispositivos. Materiales dieléctricos y magnéticos. Interacción de los materiales con la luz y dispositivos derivados.

### PARA CURSO 1

El contenido de esta materia se concentra en la física de los dispositivos electrónicos utilizando las herramientas del electromagnetismo, la mecánica cuántica y la mecánica estadística.

El Electromagnetismo se centra en el contenido físico de las ecuaciones de Maxwell, la relación de las ondas electromagnéticas y la radiación en su interacción con la materia,

La Física Cuántica /pre-cuántica estudiará los fenómenos físicos, que describen el comportamiento de partículas dentro de la materia condensada. Las evidencias experimentales han demostrado que la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento como las partículas, conocidas como fotones (radiación de cuerpo negro, los efectos fotoeléctricos y Compton). Como contra parte, las partículas pueden manifestar comportamiento ondulatorio (difracción). Este comportamiento es conocido como Dualidad Onda-Partícula y acuña el concepto de "ondículas", que depende del tipo de situación, que afronta el ente físico (partícula, radiación, vibración molecular o atómica, etc.). Las hipótesis básicas que rigen este comportamiento son las hipótesis de De Broglie, Planck-Einstein y el principio de incerteza de Heisenberg. El comportamiento ondulatorio de cualquier ente físico sigue la ecuación de Schrödinger, otra hipótesis básica. Esta ecuación de onda introduce el concepto de función de onda y densidad de probabilidad de localización en el espacio, permitiendo explicar la estructura atómica, molecular y la del sólido. Este último se constituye por combinaciones de orbitales atómicos, que forma los enlaces químicos, donde habitan los electrones de valencia, cada uno caracterizado por estados indexados por números cuánticos enteros y semi-enteros. Estos implican la cuantificación de la energía e impulso angular (orbital e intrínseco) y una configuración electrónica específica de todos los elementos de la Tabla Periódica de Elementos.

Las múltiples interacciones dan origen a bandas permitidas de energía separadas por otras prohibidas y determinan las características de materiales conductores, aislantes y semiconductores, componentes de todos los dispositivos electrónicos. Los semiconductores son el motivo fundamental de este curso, ya sea en estado



de alta pureza o de contaminación controlada (dopada), para construir uniones de materiales con diferente dopaje y ancho de banda prohibida (homojunturas) o diferente (heterojunturas).

La mecánica estadística permite establecer las herramientas para contabilizar la concentración de portadores de carga, los electrones y su ausencia de carga negativa (denominada hueco). Las combinaciones de diferentes semiconductores y de estos con metales y aislantes originan una distribución de carga libre (portador de carga), que puede ser modificada con campos eléctricos y magnéticos o radiación externos. Aquí, es fundamental el conocimiento de la estructura de bandas de energía permitidas, las de valencia y las de conducción. Las últimas dos pobladas por portadores de carga y responsables de la conductividad eléctrica. Este tipo modificación de estas bandas permite el control de la densidad de corriente-tensión aplicada en cada juntura, o en la combinación de las heterojunturas (hetero- estructuras). Este es el principio de funcionamiento de transistores bipolares, de las múltiples variantes de transistores basados en junturas metal-óxido-semiconductor, el diodo led y el láser, componentes de la optoelectrónica.

## PROGRAMA ANALÍTICO

### CURSO 2

1. Ondas. Distintas ecuaciones de onda, propagación y condiciones de borde. Interferencia y difracción
2. El electrón como partícula. Efecto de un campo eléctrico y conductividad eléctrica. Modelo hidrodinámico. Efecto Hall. Ondas electromagnéticas en sólidos. Ondas de plasma.
3. El electrón como onda. El microscopio electrónico. Ecuación de Schrödinger. Reformulación de la dinámica. Imposibilidad de definir la trayectoria. La evolución temporal de la función de onda. Ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Las soluciones estacionarias. La densidad de probabilidad espacial. La cuantificación de la energía. La familia de soluciones. Operadores y valores medios de observables. Evolución temporal de los valores medios. Densidad de corriente de partículas.
4. El átomo de hidrógeno y la tabla periódica. Los números cuánticos. El espín del electrón y el principio de exclusión de Pauli.
5. Ligaduras. propiedades mecánicas de las ligaduras. Tipos de ligaduras. La aproximación de modos acoplados de Feynman. Fuerzas nucleares. La molécula de hidrógeno.
6. Teoría de electrones libres para metales. Electrones libres. Densidad de estados y distribución de Fermi-Dirac. Calor específico de los electrones. Función trabajo. Emisión termoiónica. Efecto Schottky. Emisión de campo. Efecto fotoeléctrico. Juntura entre dos metales.
7. Teoría de bandas en sólidos. Modelo de Kronig-Penney. Modelo de Ziman. Modelo de Feynman. Masa efectiva. Número efectivo de electrones libres. metales y aislantes. Huecos.
8. Semiconductores. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. Dispersión. Densidad de electrones y huecos. Compuestos semiconductores. Medición de propiedades en semiconductores.
9. Dispositivos semiconductores. Juntura p-n en equilibrio. rectificación. Inyección. Capacidad de juntura. El transistor. Junturas metal-semiconductor. Estados superficiales. Junturas metal-aislante-semiconductor. Distintos diodos. Transistor de efecto de campo. Heteroestructuras. CCD. Efecto Gunn. Otros dispositivos.
10. Materiales dieléctricos. Descripción macroscópica. Descripción microscópica. Polarización. Constante dieléctrica compleja y el índice de refracción. Propagación de la luz. Ondas acústicas. Otras propiedades y aplicaciones.
11. Materiales magnéticos. Descripción macroscópica y microscópica. Dominios magnéticos e histéresis. paramagnetismo, ferromagnetismo, ferrimagnetismo, antiferromagnetismo. Resonancia magnética. Efecto Hall cuántico. Magnetoresistencia. Spintrónica.
12. Introducción al láser y fotónica. Sistema de dos estados. Absorción y amplificación. Láseres. Láseres semiconductores, estructura y desempeño. LEDs. detectores de luz. Moduladores.

### CURSO 1

1. Ondas. Ecuación de onda. Soluciones generales de la ecuación de onda. Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de onda de los Campos eléctrico y Magnético. Ondas planas. Relación entre los Campos. Propagación de las ondas. Densidad de Energía. El espectro electromagnético
2. Flujo de impulso y de energía vector de Poynting. Superposición de ondas: interferencia, batidos, ondas estacionarias: Análisis de Fourier. Paquetes de onda de ondas y partículas, velocidad de fase y de grupo, dispersión.
3. Dualidad onda-partícula: Experiencias de difracción de ondas y partículas. Efecto fotoeléctrico. Concepto del fotón como cuanto de energía. Efecto Compton-interacción electrón-fotón. La experiencia de las dos rendijas. Conceptos de Feynman.
4. Postulado de Broglie vinculación corpuscular y ondulatoria y la constante de Planck. El principio de Heisenberg. Postulado de la Ecuación de Schrödinger. Ondas de materia. La separación de variables. Las soluciones estacionarias. La densidad de probabilidad espacial. La cuantificación de la energía. La familia de soluciones. La evolución temporal de la función de onda.
5. Propiedades del Espacio de Hilbert- Autovectores- Autovalores y la representación de bra y ket de las



funciones de onda y los operadores. El álgebra de operadores y su relación con los observables físicos (observables). Los postulados de la Mecánica Cuántica-ejemplos de aplicación.

6. Resolución de la ec. de Schrödinger en un potencial central-simetría esférica. La cuantificación de la energía y el impulso angular. Los niveles estacionarios. Los números cuánticos principal, orbital y magnético. Las densidades de probabilidad.
7. El spin del electrón. El concepto de orbital y su representación. La regla de Madelung. La estructura electrónica de los átomos multi-electrónicos y construcción de La Tabla Periódica de Elementos.
8. La interacción entre orbitales atómicos. La formación de sólidos ordenados. El concepto de estructura amorfa. Los electrones en potenciales iónicos periódicos con el teorema de Bloch y sus consecuencias.
9. La interacción de orbitales atómicos y la generación de bandas de energías permitidas y propiedades en 3-D. Cálculo de las bandas en una dirección del potencial periódico. Bandas permitidas y Zonas de Brillouin. Difracción de Bragg en bordes de zonas. Los gaps de energía. La Valencia y de Conducción. Tipos de sólidos cristalinos: metales, aislantes y semiconductores. Sus aplicaciones en dispositivos electrónicos.
10. Concepto de la masa efectiva y del hueco y el cálculo de su dinámica en campos externos al sólido. Ejemplos de bandas en semiconductores reales.
11. Los semiconductores y su descripción con orbitales híbridos  $sp^3$ . La formación de la estructura diamantina. Los semiconductores de los grupos II al VI. Gaps de energía-parámetros de red y sus aplicaciones tecnológicas.
12. La Mecánica Estadística aplicada a electrones y huecos con la estadística de Fermi Dirac. El principio de Exclusión de Pauli. La función de onda antisimétrica de sistemas de partículas múltiples idénticas e indistinguibles. La densidad de partículas en el límite entre la descripción clásica y cuántica. Cálculo de la distribución de densidad de partículas, la energía de Fermi. energía media, capacidad calorífica, velocidad, camino libre medio en metales.. Semiconductores intrínsecos y cálculo de la energía de Fermi.
13. Dopaje de semiconductores como necesidad tecnológica y métodos para producirla. Cálculo de niveles y radios de ionización. Cálculo de concentraciones de huecos y electrones en equilibrio. Semiconductores tipo p y n. Balance detallado. Movilidad y conductividad eléctricas en diferentes regímenes de conducción. 14.Semiconductores fuera del equilibrio. Efecto de la inhomogeneidad en la concentración y los campos externos. Corrientes de difusión y arrastre. Ecuación de Continuidad. Ecuación de Einstein.
- 15.Ecuación de transporte ambipolar de cargas (electrones y huecos) y deducción. Aplicaciones a semiconductores fuertemente extrínsecos y simplificaciones. Casos de interés tecnológico.
- 16.Heterojuntura abrupta rectificante en equilibrio. Estructura de bandas y métodos de construcción.
17. Formación de pozos de potencial, su simplificación y su relevancia tecnológica. Métodos de cálculo de niveles de energía. Estructura de las bandas de energía. Distribución de carga, campo eléctrico y potencial. Formación de la zona desierta. Efecto de un campo externo sobre estos parámetros y la capacidad de juntura. Cálculo de la densidad de corriente en polarización directa e inversa en régimen de corriente continua en diodos largos y cortos.
18. Juntura metal-Semiconductor. Las cuatro situaciones en relación a las funciones de trabajo y las bandas de energía. Junturas óhmicas y rectificantes. Cálculo de campo y potencial en la juntura. Cálculo de la corriente de los portadores mayoritarios.
19. Heterojunturas conceptos básicos y requerimientos tecnológicos. Tipos de heterojunturas, función del ancho del gap de energía y dopaje.
20. La distribución de Bose Einstein aplicada a cuasi partículas (fonones cuantos de la energía vibracional de la red cristalina) y fotones. Cálculo de las densidades de estados y la densidad de partículas.
21. El láser. El modelo de Einstein de Emisión estimulada e radiación. El láser de estado sólido. Estructura de bandas, como combinación de heterojunturas y la heterojuntura formada. Zona activa. La inversión de población y las propiedades de los leds y diodos láser.
22. Heterojuntura Metal-Oxido-Semiconductor. Estructura de bandas aproximada. Zona de carga inducida. Transistor de efecto de campo MOS. Efecto de la polarización y formación del canal de conducción entre compuerta y fuerte. Esquema de polarización del dispositivo. Cálculo de la distribución de cargas y campo eléctrico.

## BIBLIOGRAFÍA

### CURSO 2

- 1-L. Solymar, D. Walsh y R. R. A. Syms. Electrical properties of materials. 9na edición 2014. Oxford University Press.
- 2-J. Livingston Electronic Properties of Engineering Materials MIT series in material sciences.
- 3-John Morrison Modern Physics, Second Edition for Scientists and Engineers
- 4-Alonso - Finn, "Fundamentos Cuánticos y Estadística Cuántica"
- 5-Eisberg- Resnick, "Física Cuántica".
- 6-Mc. Kelvey - "Física del estado sólido y los semiconductores".

**CURSO 1**

- 1- Apuntes del Campo virtual o Dropox /guías de problemas, problemas resueltos, presentaciones Power Point, apuntes manuscritos y editados, respuestas a preguntas conceptuales, etc.)  
Libros generales de Física Moderna y Dispositivos Electrónicos
- 2- Marcelo Alonso, Edward J. Finn. "Fundamentos Cuánticos y estadísticos" Física Vol. 3. Ed. Fondo Educativo Interamericano.
- 3- J. J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics.. Ed. Addison-Wesley
- 4- David A.B. Miller, "Quantum Mechanics for Scientists and Engineers", Ed. Cambridge.
- 5- S. M. Sze- "Semiconductor Devices, Physics and Technology". Ed. John Wiley.
- 6- Chihiro Hamaguchi. "The Materials Science of Semiconductors", Ed. Springer.
- 7- Donald Neamen. "Semiconductor Physics & Devices, Basic Principles". Ed. Irwin.

**RÉGIMEN DE CURSADA****Metodología de enseñanza****CURSO 2**

Clases teórico-prácticas con fuerte contenido de laboratorio.

**CURSO 1**

Clases Teórico – Prácticas. Los temas de desarrollo teórico están distribuidas entre las dos clases de 3 horas con desarrollo de fundamentos teóricos, herramientas de trabajo y resolución de problemas numéricos, deducciones y propuestas a soluciones de cuestiones tecnológicas específicas. Visitas al Laboratorio de Física III para observar experiencias relativas a Física Cuántica y semiconductores y laboratorios con equipamiento relativo a estos temas (difracción de rayos X, microscopia electrónica de barrido, espectrometría de plasma acoplado, etc.).

**Modalidad de Evaluación Parcial****CURSO 2**

Dos parciales.

Trabajos prácticos de laboratorio.

Exposición de trabajos de laboratorio y trabajos especiales.

**CURSO 1**

Consisten en la resolución de problemas y la respuesta a preguntas conceptuales, del mismo nivel y contenido que los resueltos en las clases en dos parciales escritos – orales, con fechas de recuperación.

## CALENDARIO DE CLASES

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 13/04 al 14/04	<p>CURSO 2 : Ondas. Distintas ecuaciones de onda, propagación y condiciones de borde. Interferencia y difracción</p> <p>CURSO1 Ondas Planas. Relación entre los Campos. Propagación de las ondas. Densidad de Energía. Flujo de impulso y de energía vector de Poynting. Superposición de ondas: interferencia, batidos, ondas estacionarias: Análisis de Fourier. Paquetes de onda de ondas y partículas, velocidad de fase y de grupo, dispersión</p>	<p>CURSO 2</p> <p>CURSO 1 Teórica-Practica Ondas. Ecuación de onda. Soluciones generales de la ecuación de onda. Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de Onda de los Campos eléctricos y Magnéticos. El espectro electromagnético</p>				<p>CURSO 2 La recomendada en la bibliografía general</p> <p>CURSO 1 Apuntes del Campo Virtual "Ondas electromagnéticas" Libros generales de Física Moderna Alonso - Finn, "Fundamentos Cuánticos y Estadística Cuántica" Eisberg-Resnick, "Física Cuántica"2</p>
<2> 27/04 al 01/05	<p>CURSO 2 El electrón como partícula.</p> <p>CURSO1 Dualidad onda-partícula. Experiencias de difracción de ondas y partículas. Postulado de Broglie vinculación corpuscular y ondulatoria y la constante de Planck. El principio de Heisenberg</p>	<p>CURSO 2</p> <p>CURSO 1 Teórica-Practica Efecto Fotoeléctrico. Concepto de fotón como cuanto de Energía. Efecto Compton-Interacción electrón-fotón. Las soluciones estacionarias. La densidad de probabilidad espacial. La cuantificación de la energía. La familia de soluciones.</p>	<p>CURSO 2 Práctica demostrativa de difracción de electrones.</p>			<p>CURSO 2 La recomendada en la bibliografía general</p> <p>CURSO 1 Apuntes del Campo Virtual "Ecuación de Schrodinger" Libros generales de Física Moderna Alonso - Finn, "Fundamentos Cuánticos y Estadística Cuántica" Eisberg-Resnick, "Física Cuántica</p>
<3> 04/05 al 08/05	<p>CURSO 2 EEI electrón como onda. Ecuación de</p>	<p>CURSO 2 Solución de la ecuación de Schrödinger</p>				<p>CURSO1 Apuntes del Campo Virtual</p>

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	Schrödinger CURSO 1 Orbitales Los niveles estacionarios. Los números cuánticos principal, orbital y magnético. Las densidades de probabilidad	para una partícula y su interacción para distintos potenciales.  CURSO1 Teórica-Practica Propiedades del Espacio de Hilbert- Auto-vectores Auto-valores y la representación de bra y ket de las funciones de onda y los operadores. El álgebra de operadores y su relación con los observables físicos Los postulados de la Mecánica Cuántica- ejemplos de aplicación.				"Espacio de Hilbert" "Operadores" "El átomo de hidrógeno" Libros generales de Física Moderna (IV y V) Alonso - Finn, "Fundamentos Cuánticos y Estadística Cuántica" Eisberg-Resnick, "Física Cuántica"
<4> 11/05 al15/05	CURSO 2 LEI átomo de hidrógeno y la tabla periódica  CURSO 1 La estructura electrónica de los átomos multielectrónicos La regla de Madelung. La Tabla Periódica de los Elementos y sus propiedades generales por grupos y periodos. La interacción entre orbitales atómicos. El concepto de estructura amorfa. Los electrones en potenciales periódicos. El teorema de Bloch y sus consecuencias.	CURSO 2 Solución de la ecuación de Schrödinger para una partícula y su interacción para distintos potenciales.  CURSO 1 Teórica-Practica El cuanto número-el spin del electrón. La formación de sólidos ordenados- los cristales con orden de largo alcance.	CURSO 2 Explicación TP simulación de la temporal y espacial de un electrón interactuando con un potencial.			CURSO 1 CampusVirtual "Átomo de Hidrógeno" "Teorema de Bloch" "Estructura electrónica" Libros generales de Física Moderna (IV y V) Alonso - Finn, "Fundamentos Cuánticos y Estadística Cuántica" Eisberg-Resnick, "Física Cuántica"

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<5> 18/05 al 22/05	<p>CURSO 2 Ligaduras</p> <p>CURSO 1 La interacción de orbitales atómicos y la generación de bandas de energías permitidas y prohibidas. Zonas de Brioullin. Difracción de Bragg en bordes de zonas. Los gaps de energía. Las bandas pobladas de Valencia y de Conducción. Los tipos de sólidos: metales, aislantes y semiconductores. Sus aplicaciones en dispositivos electrónicos. Concepto de la masa efectiva y del hueco y el cálculo de su dinámica en campos externos al sólido</p>	<p>CURSO 2</p> <p>CURSO 1 Teórica-Práctica Cálculo de las bandas en 1-D. Elementos de cristalografía</p>				<p>CURSO 1 Campus Virtual "Cálculo de Bandas de Energía de Energía Energía-Modelo de Kronig-Penney" "Niveles de Energía" "Cristales" Libros generales de Física Moderna (IV y V) Alonso - Finn, "Fundamentos Cuánticos y Estadística Cuántica" Eisberg-Resnick, "Física Cuántica"</p>
<6> 25/05 al 29/05	<p>CURSO 2 Electrones en metales</p> <p>CURSO 1 Los semiconductores de los grupos II al VI. Gaps de energía- parámetros de red y sus aplicaciones tecnológicas. El principio de Exclusión de Pauli. La 4. Mecánica Estadística aplicada a electrones y huecos con la estadística de Fermi Dirac. La función de</p>	<p>CURSO 1 Teórica - Práctica Los semiconductores y su descripción con orbitales hibridizados sp<sup>3</sup>. La formación de la estructura diamantina. La densidad de partículas en el límite entre la descripción clásica y cuántica. Cálculo de la distribución de densidad de partículas. La Energía de Fermi. energía</p>				<p>CURSO 1 Campus Virtual "Hibridización de Orbitales Estadística Cuántica Introducción a Metales Semiconductores Intrínsecos Libros generales de Física Moderna Alonso - Finn, "Fundamentos Cuánticos y Estadística Cuántica" Eisberg-Resnick, "Física Cuántica"</p>



Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	onda antisimétrica de sistemas de partículas múltiples idénticas e indistinguibles Semiconductores intrínsecos y cálculo de la energía de Fermi.	media, velocidad, camino libre medios, capacidad calorífica				
<7> 01/06 al 05/06	CURSO 2 Teoría de bandas en sólidos CURSO 1 Dopaje de semiconductores como necesidad tecnológica y métodos para producirla. Balance detallado. Movilidad y Conductividad eléctrica y sus regímenes. Semiconductores fuera del equilibrio. Efecto de la inhomogeneidad en la concentración y los campos externos. Corrientes de difusión y arrastre. Ecuación de Continuidad.	CURSO 1 Teórico-Práctico Cálculo de niveles y radios de ionización Cálculo de concentraciones de huecos y electrones en Semiconductores equilibrio. tipo p y n. Ecuación de Einstein				CURSO 1 CampUS virtual Semiconductores Extrínsecos Semiconductores Fuera del equilibrio Libros generales de Física Moderna
<8> 08/06 al 12/06	CURSO 2 Semiconductores.  CURSO 1 Transporte ambipolar de cargas. Heterojuntura abrupta del tipo pn en equilibrio. Estructura de las bandas de energía. Distribución de carga, campo eléctrico y potencial. Formación de la zona desierta. Efecto de un campo externo sobre estos	CURSO 1 Teórico-práctico Aplicaciones de la ecuación amapolar semiconductores fuertemente extrínsecos y simplificaciones. Casos de interés tecnológico. Cálculos sobre heterojunturas . Diagramas de bandas. Evaluación parte I	CURSO 2 Explicación TP de termistores			CURSO 1 La bibliografía general recomendada  CURSO 2 Campus Virtual Transporte ambipolar Semiconductores Fuera del equilibrio. Diodo PN Heterojuntura Mc. Kelvey- "Física del estado sólido y los semiconductores". Shalimova K.V.- "Física de los semiconductores". Ed. Mir



Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	<p>parámetros y la capacidad de juntura. Densidad de corriente en polarización directa e inversa en régimen de corriente continua. Evaluación de la parte I.</p>					<p>Moscu; SEEC (Semiconductor Electronics Education Committee) tomo I: "Introducción a la física de los semiconductores". Ed. Revert Tomo II: "Electrónica física y modelos de circuitos de transistores". Ed. Revert S. M. Sze- "Semiconductor Devices, Physics and Technology". Ed. Wiley. Müller y Kamins- "Dispositivos Eléctricos para Circuitos Integrados" D. A. Neaman- "Semiconductor Physics &amp; Devices, Basic Principles". Ed. Irwin.</p>
<9> 15/06 al 19/06	<p>CURSO 2 Compuestos semiconductores. Medición de propiedades en semiconductores.</p> <p>CURSO 1 Metales. Aplicación de la Estadística de Fermi-Dirac a metales Conductividad eléctrica. Juntura Metal-Semiconductor. Condiciones para comportamiento óhmico y rectificante. Cálculo de campo y</p>	<p>CURSO 1 Diodo Gunn: efectos de campos intensos. Repaso para primer parcial.</p> <p>CURSO 2 Teórico-Prácticas Cálculo de la Energía media, la capacidad calorífica en metales. Bandas de energía en Junturas metal semiconductor</p>				<p>CURSO 1 Campus Virtual Metales Juntura Metal-semiconductor. Mc. Kelvey- "Física del estado sólido y los semiconductores". Shalimova K.V.- "Física de los semiconductores". Ed. Mir Moscu; SEEC (Semiconductor Electronics Education Committee) tomo I: "Introducción a la física de los semiconductores"</p>

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	potencial en equilibrio y fuera del equilibrio. Cálculo de la densidad de corriente					res". Ed. Revert Tomo II: "Electrónica física y modelos de circuitos de transistores". Ed. Revert S. M. Sze- "Semiconductor Devices, Physics and Technology". Ed. Wiley. Müller y Kamins- "Dispositivos Eléctricos para Circuitos Integrados" D. A. Neaman- "Semiconductor Physics & Devices, Basic Principles". Ed. Irwin. Para Circuitos Integrados" D. A. Neaman- "Semiconductor Physics & Devices, Basic Principles". Ed. Irwin.
<10> 22/06 al 26/06	CURSO 2 Dispositivos semiconductor res. Diodos CURSO 1 Tipos de Heterojuntas Estructura de bandas y métodos de construcción. Formación de pozos de potencial, su simplificación y su relevancia tecnológica. Métodos de cálculo de niveles de energía.	CURSO 1 Primer Parcial  CURSO 2 Teórico-Prácticas Cálculo de bandas de heterojuntura. Cálculo de densidades de corriente.				CURSO 1 Campus Virtual Física del Estado Sólido. Heterojuntura. Diodo de Heterojuntura. D. A. Neaman- "Semiconductor Physics & Devices, Basic Principles". Ed. Irwin. S. M. Sze- "Semiconductor Devices, Physics and Technology". Ed. Wiley.
<11> 29/06 al 03/07	La Distribución	Recuperación de la primera evaluación parte I				CURSO 1 Campus virtual: Diodo de Heterojuntura. D. A. Neaman- "Semiconductor

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	de Bose Einstein aplicada a cuasi partículas fonones (vibraciones de la red cristalina) y fotones. Cálculo de las densidades de estados y de partículas					or Physics & Devices, Basic Principles". Ed. Irwin. S. M. Sze- "Semiconductor Devices, Physics and Technology". Ed. Wiley
<12> 08/07 al 10/07	El láser. El modelo de Einstein de Emisión estimulada e radiación. Estructura básica de los láseres y sus componente. Ganancia del sistema. Coherencia de la radiación emitida. El láser de estado sólido. Estructura de bandas, como combinación de heterojunturas . Zona activa. La inversión de población. Propiedades de los leds diodos láser					CURSO 1 Campus Virtual Heteroestructura S. M. Sze- "Semiconductor Devices, Physics and Technology". Ed. Wiley. Müller y Kamins- "Dispositivos Eléctricos para Circuitos Integrados" D. A. Neaman- "Semiconductor Physics & Devices, Basic Principles". Ed. Irwin.
<13> 13/07 al 17/07	Heterojuntura Metal- Oxido-Semiconductor. Estructura del Capacitor MOS. Estructura de bandas aproximada. Zona de carga				CURSO 1 CampUS Virtual Transistor MOSFET D. A. Neaman-	"Semiconductor Physics " Devices, Basic Principles". Ed. Irwin.

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	inducida. Transistor de efecto de campo MOS. Efecto de la polarización y formación del canal de conducción entre compuerta y fuerte. Esquema de polarización del dispositivo. Cálculo de la distribución de cargas y campo eléctrico					
<14> 20/07 al 24/07	Transistor bipolar. Combinación de dos homojunturas, esquema de las bandas de energía. Cálculo de la densidad de portadores y la densidad de corriente. Esquemas de polarización.					CURSO 1 Campus virtual Transistor Bipolar D. A. Neaman- "Semiconduct or Physics & Devices, Basic Principles". Ed. Irwin.
<15> 27/07 al 31/07	CURSO 1 Clases de repaso					CURSO 2 IDEM ANTERIOR  CURSO 1 D. A. Neaman- "Semiconduct or Physics " Devices, Basic Principles". Ed. Irwin.
<16> 28/07 al 31/07 03/08 al 07/08 10/08 al 14/08 17/08 al 21/08 24/08 al 28/08 01/09 al 04/09	1er parcial  Rec. 1 er parcial 2do parcial y rec.2 do.					CURSO 1 D. A. Neaman- "Semiconduct or Physics " Devices, Basic Principles". Ed. Irwin.

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º				
2º				
3º				
4º				
Observaciones sobre el Temario de la Evaluación Parcial				
CURSO 1 Semanas 8 12 14 y 16				
CURSO 2 La semana 8 es la primera evaluación de la parte I. La semana 11 es la recuperación de la evaluación de la parte I. La semana 15 es la primera evaluación de la parte II. La semana 16 es la recuperación de la evaluación de la parte II.				
Otras observaciones				
CURSOS 1 Y 2 La calificación de los trabajos prácticos comprende, no solo las de las evaluaciones parciales, sino también la correspondiente a la realización de las experiencias de laboratorio y la participación de los alumnos en las clases.				