

Programa de
Física de los Dispositivos Electrónicos



Código/s: A6

Identificación y características de la Actividad Curricular

Carrera/s:	Ingeniería Electrónica		
Plan de Estudios:	2014	Carácter:	Obligatoria
Bloque/Campo:	Tecnologías Básicas	Área:	Dispositivos y Circuitos
Régimen de cursado:	Cuatrimestral		
Cuatrimestre:	5º [ECA]		
Carga horaria:	96 hs. / 6 hs. semanales	Formato curricular:	Asignatura
Escuela:	Formación Básica	Departamento:	Física y Química
Docente responsable:	MARCHISIO, Susana		

Programa Sintético

Física Cuántica. Conceptos e interpretaciones fundamentales. Modelos de Potencial y explicación mecánico-cuántica. Átomos. Moléculas. Cristales. Modelo de bandas. Materia condensada: Sólidos y Líquidos, efecto de las impurezas en sólidos. Cristales en interacción con el medio: En estado de equilibrio, bajo condiciones de no equilibrio. Proceso de conducción eléctrica. Conductividad en semiconductores, conductores y aislantes. Rupturas por campos intensos. La juntura. Formación. Tratamiento genérico. Propiedades y parámetros. Dispositivos de estado sólido. Efectos térmicos y ópticos. Modelos. Otros dispositivos. Dispositivos en circuitos. Propiedades y parámetros. Principios y modos de funcionamiento. Interacción con el medio. Modelos. Curvas y aplicaciones elementales. Tecnologías de fabricación de circuitos integrados. Métodos de fabricación. Tendencias actuales en dispositivos y circuitos.

Asignaturas Relacionadas

Previas: FB11 - Química, A2 - Teoría de Circuitos

Vigencia desde 2016

Firma Profesor

Fecha

Firma Aprob. Escuela

Fecha

Con el aval del Consejo Asesor:

Características generales

La asignatura está ubicada en el tercer año primer semestre del plan de estudios de la carrera Ingeniería Electrónica.

Para su cursado se requiere que los alumnos hayan superado, en el área de la Físico - Química, los cursos de Física General incluidos en el Plan (Introducción a la Física, Física I, Física II y Física III), que se corresponden con contenidos trabajados en el contexto de paradigmas clásicos, y de Química general; así como conocimientos fundamentales del análisis de circuitos. La formación necesaria en Matemáticas es en resolución de ecuaciones diferenciales.

Los contenidos desarrollados a lo largo de la asignatura incluyen aspectos fundamentales del área de estudio de la ciencia de materiales, la comprensión del funcionamiento físico y circuital de los dispositivos electrónicos elementales, su modelado físico y tecnológico, curvas características y empleo en circuitos de aplicación sencillos.

El enfoque, desde lo físico, se inicia con el análisis y reestructuración del basamento conceptual hacia un modelo de materia a partir de la necesidad de transición al paradigma cuántico. El estudio de los diferentes materiales hace uso de una caracterización que parte tanto del análisis de su estructura como de sus propiedades eléctricas, ópticas y magnéticas orientando el análisis con proyección tecnológica - ingenieril.

La permanente visualización del comportamiento de los dispositivos (concreciones tecnológicas de determinadas estructuras materiales) entendidos como sistema en diferentes condiciones de interacción, permite al alumno visualizar sus aplicaciones básicas, las que además son estudiadas en forma integrada y paralelamente en el dictado mediante la realización de ensayos experimentales; que involucran estudio de curvas y circuitos de aplicación sencillos.

La asignatura aporta contenidos fundamentales para la formación del ingeniero electrónico, tanto en lo que refiere a aspectos teórico como experimentales, integrando conceptos, procedimientos y metodologías de análisis propios de la Física y de la Ingeniería electrónica. El alumno logra interpretar distintos fenómenos físicos, construir modelos científicos y tecnológicos de los dispositivos básicos y experimentarlos en circuitos de aplicación sencillos del campo de la electrónica.

Se aporta asimismo a la formación integral del ingeniero en la realización de tareas en forma grupal tanto en el laboratorio como en entornos virtuales, con herramientas facilitadoras de trabajos colaborativos y el desarrollo de formas de evaluación que le exigen haber logrado una adecuada comunicación oral y escrita.

El dictado se organiza en grupos reducidos según horarios de teoría y laboratorio. Sobre la base de talleres, exposición dialogada y seminarios participativos, se organizan las actividades teóricas; incluyen resolución de problemas en la forma de pequeños proyectos realizados en forma grupal, dentro y fuera del aula. Los alumnos emplean software de diseño, simulaciones, materiales de estudio escritos (de cátedra y ampliatoria), videos e hipermedia desarrollado en la cátedra. Para el laboratorio, se conforman comisiones de no más de 15 alumnos, con trabajos prácticos consistentes en adquisición y análisis de datos, ensayos de circuitos sencillos y búsqueda de información a los fines del diseño y cálculo empleando dispositivos electrónicos y software específico.

Objetivos

Al finalizar la asignatura el estudiante habrá

- Comprendido los fundamentos de la Física de los dispositivos semiconductores elementales y de los principios de operación de los mismos para su aplicación en el diseño de circuitos electrónicos básicos en asignaturas posteriores del plan de estudios
- Experimentado dispositivos semiconductores elementales en uso en la Ingeniería Electrónica y comprendido su comportamiento en circuitos de aplicación sencillos.
- Adquirido dominio de metodologías de análisis del comportamiento de dichos dispositivos aplicando conocimientos teóricos y habilidades propias de la experimentación integrados en el desarrollo de actividades de proyectos y de resolución de problemas.
 - Adquirido destrezas en el uso de recursos de laboratorio y de técnicas informáticas y de simulación, con desarrollo de la capacidad de análisis, síntesis, cálculo y modelado de dispositivos semiconductores elementales
- Adquirido conocimiento de las técnicas de fabricación de los dispositivos.

- Desarrollado competencias instrumentales en la búsqueda, organización, análisis y planificación de actividades, así como competencias comunicativas oral, audiovisual y escrita.
- Desarrollado mayor autonomía en la toma de decisiones y de competencias interpersonales

Contenido Temático

Unidad 1. FUNDAMENTOS DE FÍSICA CUÁNTICA

- 1.1. Física Cuántica. Conceptos e interpretaciones fundamentales. Experiencias conflictivas: Radiación del cuerpo negro. Efecto fotoeléctrico. Efecto Compton. Espectros gaseosos
- 1.2. Modelos Atómicos. El átomo de Thompson - El átomo nuclear de Rutherford - Bohr (hidrógeno) - Hipótesis de De Broglie - El experimento de Davisson – Germer - La ecuación de Schrodinger - Principio de indeterminación de Heisemberg - Números cuánticos
- 1.3. Modelos de Potencial y explicación mecánico-cuántica. Átomos polielectrónicos. Principio de exclusión de Pauli. Moléculas. Cristales.

Unidad 2. MATERIA CONDENSADA. CRISTALES Y SU INTERACCIÓN CON EL MEDIO

- 2.1 Materia Condensada. Estructura y Estados de Agregación. Temperatura de la sustancia. Sólidos y sistemas cristalinos. Propiedades. Modelo de bandas
- 2.2. Impurezas e imperfecciones en redes cristalinas. Impurezas sustitucionales donantes y aceptantes en semiconductores. Semiconductores n y p. Bandas de impurezas. Impurezas indeseables. Impurezas en conductores. Contactos óhmicas y pistas conductoras.
- 2.3. Los cristales en interacción con el medio. Estados de Equilibrio. Efectos térmicos. Probabilidad de ocupación de estados. Función de distribución de Fermi-Dirac. Efectos radiativos Respuesta espectral. Fotoemisión. Concentración lumínica adicional en semiconductores. Efectos mecánicos - Piezoelectricidad.
- 2.4. Los cristales en interacción con el medio. Estados de no Equilibrio. Inyección. Generación. Difusión. Recombinación Retorno al equilibrio. Decaimiento y tiempo de vida de portadores .Longitud de difusión. Cinética del proceso de recombinación. Transiciones directas e indirectas.

Unidad 3. EL PROCESO DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA

- 3.1 Perturbaciones del movimiento de los portadores en la red cristalina. Masa eficaz. Movimiento térmico. Movimiento por campo eléctrico. Velocidad de arrastre. Movilidad. Resistividad. Efecto Joule. Conductividad en semiconductores, conductores y aislantes.
- 3.2. Interacción de semiconductores con el medio. Resistividad y temperatura. Efecto Thompson. Corriente fotoconduktiva y resistencia. Conducción eléctrica en campos magnéticos. Efecto Hall. LDR, Termistores y sensores hall.
- 3.3. Rupturas por campos intensos. Efectos avalancha y túnel. Efectos de altas corrientes en semiconductores. Superconductividad.

Unidad 4. JUNTURAS

- 4.1 Junturas semiconductoras, semiconductor-metal, metal-metal. Formación. Propiedades y parámetros. Relaciones electrostáticas. Región de carga espacial, campo eléctrico y bandas de energía. Su dependencia de la concentración de impurezas y otras variables de diseño. Junturas cuánticas.
- 4.2. Junturas en polarizaciones directa e inversa. Rectificación. Corrientes en el diodo. Relación Volt - ampere. Mecanismos físicos de ruptura. Capacidades de transición y de difusión. Dependencia C-V. Dispositivos de estado sólido de una sola unión. Diodos de contacto puntual; Schottky. Diodos Túnel, Inverso, Zener, Rectificadores. PIN. Estructuras, especificaciones, curvas y propiedades.
- 4.3. Interacción con el medio. Propiedades. Interacción térmica Efecto Seebeck. Termogeneración. Interacción lumínica Fotogeneración. Efecto Peltier. Emisión de fotones. Dispositivos de unión basados en efectos térmicos y ópticos. Celdas fotovoltaicas. Fotodiodos. Diodos LED. Optoacopladores. Termocuplas. Temperatura y rupturas zener y avalancha. Estructuras, especificaciones, curvas y propiedades.
- 4.3. Modelos. Circuitos básicos con diodos: rectificación, regulación, limitación.

Unidad 5. INTERACCIÓN ENTRE JUNTURAS

5.1. Interacción entre junturas. Formación. Propiedades y parámetros Transistores bipolares. Principios de funcionamiento Estructuras, propiedades, especificaciones, tipos y simbología.

5.2. Polarización y modos de trabajo. Configuraciones. Interacción con el medio. Rupturas en distintas configuraciones.

5.3. Modelos y simulación Curvas. Zonas de funcionamiento y aplicaciones elementales

Unidad 6. TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO DE JUNTURA

6.1. Transistor de Efecto de Campo de Juntura (Jfet). Propiedades y parámetros. Principios de funcionamiento Estructuras, propiedades, especificaciones, tipos y simbología.

6.2. Polarización y modos de trabajo. Configuraciones. Interacción con el medio.

6.3. Modelos. Curvas. Zonas de funcionamiento y aplicaciones elementales

Unidad 7. ESTRUCTURAS MOS

7.1. Estructuras MOS. Efectos de superficie Propiedades y parámetros Capacitores y Transistores MOS. Principios de funcionamiento - Estructuras, especificaciones, propiedades, tipos y simbología.

7.2. Influencia de las dimensiones. polarización y modos de trabajo. Efectos térmicos. Configuraciones.

7.3. Modelos. Curvas. Zonas de funcionamiento y aplicaciones elementales.

Unidad 8: TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DE CIRCUITOS INTEGRADOS

8.1. Tecnologías de fabricación de circuitos integrados. Métodos de fabricación. Tendencias actuales.

Modalidades de enseñanza-aprendizaje

Las “clases teóricas” asumen características de seminarios – taller en aula con PC mediante exposición dialogada, actividades grupales con empleo de libro, simulaciones, sistema hipermedia y laboratorio remoto de la cátedra.

Se dispone de aula virtual a través de la cual, mediante clave y usuario personales se accede a todos los recursos didácticos digitalizados. A través de ella se gestionan y organizan los procesos comunicativos con empleo de mensajería individual y de foros; así como las entregas de actividades individuales y grupales. Estas últimas incluyen resolución de problemas, desarrollo de modelado de dispositivos y otras actividades de cálculo, análisis y síntesis, en los que los estudiantes se involucran individual y grupalmente (según se solicite) con empleo de los recursos variados del aula: hipermedia, materiales didácticos escritos, bibliografía ampliatoria, simulaciones, laboratorio de ensayos remotos y laboratorio experimental tradicional, propio de la cátedra.

En laboratorio experimental tradicional las actividades prácticas se realizan en comisiones integradas por 4 o 5 grupos de 2 o 3 (máx) alumnos cada uno con guías desarrolladas por el equipo docente. Se realizan ensayos de dispositivos, adquisición de datos experimentales, análisis y experimentación sobre circuitos elementales de aplicación. Se emplean kits e instrumental propio. Evaluación continua formativa y sumativa y final

Actividades de Formación Práctica

Dentro de las actividades de formación práctica en la asignatura se distinguen: trabajos experimentales en laboratorios; resolución de problemas abiertos y actividades de diseño.

A los fines del dictado, el aula es concebida como ámbito de discusión, análisis, elaboración y re-elaboración de contenidos desde distintas perspectivas, empleándose como estrategias, la realización y comparación de mapas conceptuales individuales, el empleo de simulaciones, la experimentación real y el desarrollo de distintas actividades que incluyen la resolución de problemas involucrando procesos de investigación y/o diseño con el empleo de todos los recursos disponibles en la cátedra.

El trabajo en laboratorio se organiza en comisiones integradas por un número reducido de grupos constituidos

por no más de tres alumnos cada uno sobre la base de guías desarrolladas por la cátedra; involucran actividades de ensayo de dispositivos y adquisición de datos experimentales, con empleo de kits e instrumental propio y adecuado.

Respecto de los problemas abiertos de Ingeniería: La solución de los mismos requiere de parte del alumno ensayos de laboratorio y empleo de software para el cálculo y la simulación.

Nº	Título	Descripción
TE	Termistor	Ensayo de termistores; respuesta a cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales; así como la formulación de conclusiones en el informe correspondiente.
TE	LDR	Ensayo de LDR con filtros diversos; respuesta a cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales, así como la formulación de conclusiones en el informe correspondiente.
TE	La Juntura	Ensayo de diferentes tipos de diodos. Respuesta a cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales y la formulación de conclusiones en el informe correspondiente.
TE	Capacidades de juntura	Se visualizan mediante ensayos en diferentes condiciones de polarización las capacidades de transición y difusión de la Juntura. Se incluye cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales y la formulación de conclusiones en el informe correspondiente.
TE	Termocupla y T ⁰ de Junturas	El alumno analiza mediante diferentes ensayos los fenómenos térmicos que se producen en distintos dispositivos de una unión (uniones semic - semic; unión conductor- conductor). Se incluye cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales, así como describir aplicaciones. Se elaboran conclusiones en el informe correspondiente.
RP	Modelos atómicos	Modelos atómicos. Actividades desarrolladas sobre la base de video, observación de espectros y software de simulación. (material multimedia desarrollado en la cátedra). El estudiante analiza modelos atómicos desde inicios del siglo XX hasta alcanzar un modelo de materia plausible para el estudio de la Física electrónica.
PA	Estudio del comportamiento de distintas junturas inferir sobre sus características constructivas	En esta actividad, mediante laboratorio remoto, el estudiante ensaye diodos rectificadores de silicio y de germanio, diodo zener, unión base colector del transistor bipolar y diodo led. La actividad requiere <ul style="list-style-type: none"> • El análisis y la comparación de curvas, - completas y por tramos -, involucrando ensayos de uniones de distintos materiales (silicio, germanio y arseniuro de galio). a los fines de inferir acerca de las características de los procesos de recombinación que en cada condición experimental prevalecen. El alumno debe explicar los comportamientos observados desde la perspectiva de los procesos físicos involucrados y relacionar los mismos con posibles aplicaciones de los dispositivos ensayados

Diseño	Diseño de un diodo	<p>En esta actividad el alumno llega a plantear el diseño de un diodo semiconductor y a estimar los parámetros del mismo, conocidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tensión de ruptura del dispositivo • La tensión de arranque del diodo • El dopaje de la oblea base • El largo y el área transversal del diodo <p>Debe determinar y estimar para este diodo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • el material base • el dopaje a ser realizado en la oblea base para construir el otro lado del diodo • el tamaño de la zona de carga espacial y las longitudes de difusión adyacentes a esta, las capacidades de transición y de difusión para distintas condiciones de polarización. • El campo eléctrico interno de la juntura y determinar el tipo de ruptura. • Aproximar un valor de la resistencia dinámica de este. <p>Asimismo, debe explicar el posible uso del mismo (aplicación técnica) e inferir el comportamiento físico de la juntura.</p> <p>Para la resolución de la actividad el alumno apela a información experimental (en forma de Tablas, suministradas en los textos de la cátedra), software auxiliar de diseño (programas Poisson y Fermi de la universidad de Stanford), empleo de graficadores y software de cálculo, conocimientos teóricos, e incluso software de simulación (prueba/verificación) de diodos (sim win 5.1).</p> <p>Se trata de una actividad que le exige no sólo integrar/ revisar/ aplicar los conceptos trabajados en las distintas unidades de la asignatura, sino también resignificar otros trabajados en anteriores asignaturas del área Física</p>
PA	Obtención del modelo de Giacoletto de un transistor dado.	<p>En esta actividad el alumno debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el laboratorio obtener, mediante ensayos, las curvas y parámetros experimentales de un transistor dado en diferentes condiciones de funcionamiento y polarización. • A partir de un análisis de los fenómenos y efectos físicos involucrados en el funcionamiento de un transistor, el alumno identifica los posibles elementos a ser tenidos en cuenta para la elaboración un modelo teórico genérico. • Luego de esa identificación, procede a la representación gráfica del mismo, asumiendo sus elementos constitutivos la forma de circuito simple equivalente, a través de su reemplazo por un conjunto de elementos (R, L, C, fuentes de corriente, fuentes de tensión, etc.). • En este punto debe realizar consideraciones específicas de lo que se quiere lograr describir con el modelo, (en este caso las que corresponden al llamado modelo de Giacoletto) pasando a eliminar elementos innecesarios y/o superfluos que no hacen a la esencia de lo que se busca representar. • La descripción definitiva del modelo surge entonces a partir de las consideraciones físicas y de funcionamiento. • Por ultimo a partir de las mediciones realizadas en el laboratorio se estima el valor de los parámetros del modelo para el transistor previamente ensayado.

TE	Circuitos básicos con diodos	Con empleo de protoboard, manuales e instrumental de laboratorio, el alumno procede al armado y ensayo de circuitos básicos con diodos a los fines de visualizar rectificación, regulación y limitación. Se incluye cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales y la elaboración de conclusiones.
TE	BJT	Ensayo de Transistores Bijuntura. Ensayo de BJT en configuración EC. Análisis de curvas teóricas y experimentales. Empleo de manuales. Determinación de parámetros. Respuesta a cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales y la formulación de conclusiones en el informe correspondiente.
TE	Fototransistor y Transistor bijuntura con temperatura	El alumno analiza mediante diferentes ensayos los fenómenos térmicos que se producen en distintos transistores. Se incluye cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales, así como describir aplicaciones. Se elaboran conclusiones en el informe correspondiente.
TE	Circuitos básicos con BJT	Con empleo de protoboard, manuales e instrumental de laboratorio, el alumno procede al armado y ensayo de circuitos básicos con BJT a los fines de visualizar su funcionamiento con diversas polarizaciones (lineal y digital). Se incluye cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales y la elaboración de conclusiones.
TE	Circuitos básicos con Transistores efecto de campo	Con empleo de protoboard, manuales e instrumental de laboratorio, el alumno procede al armado y ensayo de circuitos básicos con MOS a los fines de visualizar su funcionamiento con diversas polarizaciones (lineal y digital). Se incluye cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales y la elaboración de conclusiones.
RP	Pozos de potencial	Actividad desarrollada con simulador de la Ecuación de Schrodinger elaborado en la cátedra. El estudiante modela, interactuando con el simulador pozos varios: potencial unidimensional infinito; átomo, la formación de moléculas, cristales, bordes de materiales; cristales con imperfecciones; efectos térmicos sobre el cristal. Se visualizan funciones de ondas, niveles y bandas de energía. Con la simulación de efectos térmicos sobre los cristales se orienta a la noción de incertidumbre en la energía de los estados electrónico y la formulación de Fermi.
E	Fermi	Actividad desarrollada con simulaciones interactivas. Se estudian los aportes de la estadística de Fermi - Dirac para el caso de semiconductores intrínseco y extrínsecos.
E	Recombinación, arrastre y difusión	Mediante el empleo de simulaciones interactivas se estudia la interacción lumínica con barras semiconductoras cristalinas, sin y con campo eléctrico. Se modifican parámetros y se analizan gráficos facilitando la comprensión de fenómenos asociados a la generación, difusión, recombinación y efectos por aplicación de campo eléctrico.
TE	MOSFET	Ensayo de MOSFET. Análisis de curvas teóricas y experimentales. Empleo de manuales. Determinación de parámetros. Respuesta a cuestionario que involucra la revisión integrada de aspectos teóricos y resultados experimentales y la formulación de conclusiones en el informe correspondiente.

Evaluación

Distribución de la carga horaria

Presenciales

Teóricas		38 Hs.
Prácticas	Experimental de Laboratorio	30 Hs.
	Experimental de Campo	0 Hs.
	Resolución de Problemas y Ejercicios	12 Hs.
	Problemas Abiertos de Ingeniería	8 Hs.
	Actividades de Proyecto y Diseño	8 Hs.
	Práctica Profesional Supervisada	0 Hs.
Total		96 Hs.
Evaluaciones		8 Hs.
Dedicadas por el alumno fuera de clase		
	Preparación Teórica	32 Hs.
	Preparación Práctica	32 Hs.
	Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.	32 Hs.
Total		96 Hs.

Bibliografía básica

Título	Autores	Editorial	Año	Ejem.
Fundamentos de Electrónica Física y Microelectrónica (ISBN 0-201-65363-X)	Albella, J.M., Martínez Duart, J.M	Addison Wesley Iberoamericana / Universidad Autónoma de Madrid	1996	3
Física Electrónica (ISBN: 978-950-673-429-9)	Von Pamel, O, Marchisio S.	Editorial de la Universidad Nacional de Rosario	2002	Soporte electrónico
Del átomo al sólido (ISBN 978-950-673-432-9)	Von Pamel, O., Marchisio, S. Ronco, J.)	Editorial de la Universidad Nacional de Rosario	2002	Soporte electrónico
Guías de laboratorio para el ensayo de dispositivos electrónicos : trabajos prácticos para la cátedra de física IV, FCEIA-UNR - ISBN: 978-950-673-434-3	Plano, M., Merendino, C.	Editorial de la Universidad Nacional de Rosario	2012	Soporte digital
SEMICONDUCTOR PHYSICS AND DEVICE (ISBN 007119862-08)	Neamen, D.	Editorial Mc Graw-Hill	2012	1
Física Universitaria con Física Moderna - Volumen 2	Sears y Zemansky	Addison-Wesley - PEARSON	2014	1

Bibliografía complementaria

Título	Autores	Editorial	Año	Ejem.
Electrónica integrada	JACOB MILLMAN; CHRISTOS C. HALKIAS	EDITORIAL HISPANO EUROPEA	1997	6
FUNDAMENTOS DE MICROELECTRONICA, NANOTECNOLOGÍA Y FOTÓNICA	Albella; Martinez-Duart;Agulló-Rueda	Prentice Hall	2012	1
Manuales de Diodos y Transistores.	Fapesa, Motorola, RCA., ARBÓ, National, Phillips,etc.	Varias		
Microelectrónica circuitos y dispositivos.	Horenstein Mark N.	Prentice Hall	1997	4
Electronic Properties of Materials	Hummel, R	Springer	2011	1

Recursos web y otros recursos

La signatura dispone de un aula virtual en la plataforma c-virtual (<http://c-virtual.fceia.unr.edu.ar/>) a la que se accede mediante usuario y clave personalizados. Desde el aula virtual se accede a:

Módulos de teoría (archivos pdf):

Física Electrónica I (Módulos 1 a 10)

Física Electrónica II (Módulos 11 a 19)

Guías para la realización de cada una de las actividades de Resolución de problemas y Experimentales de la asignatura

Materiales multimedia y otros recursos

Sistema Multimedia: "Del átomo a la materia", desarrollado en la cátedra

Videos: Física Cuántica N°1 (El átomo), Física Cuántica N°2 (Partículas y ondas)

Simulaciones de Mecánica Cuántica desarrolladas por la cátedra

Simuladores de la Universidad de Búfalo - <http://jas.eng.buffalo.edu/>

Simuladores de Universidad de Cambridge SSS (Fermi)

Simuladores de Universidad de Cambridge SSS (Poisson)

"Laboratorio remoto de Física Electrónico"; link propio del laboratorio remoto: <http://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/>

Grupo Física IV Laboratorio en Facebook

Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	1	<p>FUNDAMENTOS DE FÍSICA CUÁNTICA</p> <p>1.1. Física Cuántica. Conceptos e interpretaciones fundamentales. Experiencias conflictivas: Radiación del cuerpo negro. Efecto fotoeléctrico. Efecto Compton. Espectros gaseosos</p> <p>1.2. Modelos Atómicos. El átomo de Thompson - El átomo nuclear de Rutherford - Bohr (hidrógeno) - Hipótesis de De Broglie</p>	<p>RP: Modelos atómicos. Actividades desarrolladas sobre la base de video, observación de espectros y software de simulación</p>
2	1	<p>1.2. Cont. El experimento de Davisson – Germer - La ecuación de Schrodinger - Principio de indeterminación de Heisemberg - Números cuánticos</p> <p>1.3. Modelos de Potencial y explicación mecánico-cuántica. Átomos polielectrónicos. Principio de exclusión de Pauli. Moléculas. Cristales</p>	<p>TE.- Instrumental - Manejo de Osciloscopio y GAF - Errores</p> <p>RP: Modelizaciones (Schrodinger): casilla de potencial, átomos, moléculas, cristales, bordes de materiales, Actividad desarrollada sobre la base de simulaciones</p>
3	2	<p>MATERIA CONDENSADA. CRISTALES Y SU INTERACCIÓN CON EL MEDIO</p> <p>2.1 Materia Condensada. Estructura y Estados de Agregación. Temperatura de la sustancia. Sólidos y sistemas cristalinos. Propiedades. Modelo de bandas</p> <p>2.2. Impurezas e imperfecciones en redes cristalinas. Impurezas sustitucionales donantes y aceptantes en semiconductores. Semiconductores n y p. Bandas de impurezas. Impurezas indeseables. Impurezas en conductores. Contactos óhmicas y pistas conductoras.</p>	<p>RP. Modelizaciones (Schrodinger) (cont): cristales con impurezas; efectos térmicos - Actividad desarrollada sobre la base de simulaciones</p> <p>E. Fermi: Actividad desarrollada sobre la base de simulaciones</p>

4	2	<p>2.3. Los cristales en interacción con el medio. Estados de Equilibrio. Efectos térmicos. Probabilidad de ocupación de estados. Función de distribución de Fermi-Dirac. Efectos radiativos Respuesta espectral. Fotoemisión.</p> <p>Concentración lumínica adicional en semiconductores. Efectos mecánicos - Piezoelectricidad.</p> <p>2.4. Los cristales en interacción con el medio. Estados de no Equilibrio. Inyección. Generación. Difusión.</p> <p>Recombinación Retorno al equilibrio. Decaimiento y tiempo de vida de portadores .Longitud de difusión. Cinética del proceso de recombinación.</p>	<p>E: Cristales . Difusión, arrastre y recombinación. Actividad desarrollada sobre la base de Simuladores de Buffalo</p>
5	3	<p>EL PROCESO DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA</p> <p>3.1 Perturbaciones del movimiento de los portadores en la red cristalina. Masa eficaz. Movimiento térmico.</p> <p>Movimiento por campo eléctrico. Velocidad de arrastre. Movilidad. Resistividad. Efecto Joule. Conductividad en semiconductores, conductores y aislantes.</p> <p>3.2. Interacción de semiconductores con el medio. Resistividad y temperatura. Efecto Thompson. Corriente fotoconductiva y resistencia. Conducción eléctrica en campos magnéticos. Efecto Hall. LDR, Termistores y sensores hall.</p> <p>3.3. Rupturas por campos intensos. Efectos avalancha y túnel. Efectos de altas corrientes en semiconductores. Superconductividad.</p>	<p>TE- LDR: Trabajo experimental</p> <p>TE.- Termistor</p>
6	4	<p>Evaluación UD 1 a 3</p> <p>JUNTURAS</p> <p>4.1 Junturas semiconductoras, semiconductor-metal, metal-metal. Formación. Propiedades y parámetros. Relaciones electrostáticas. Región de carga espacial, campo eléctrico y bandas de energía. Su dependencia de la concentración de impurezas y otras variables de diseño. Junturas cuánticas.</p>	<p>E. Formación de Juntura. Actividad desarrollada con Simulaciones de Buffalo</p> <p>TE: La Juntura: diodos Rectificadores y Fotodiodo</p>

7	4	<p>4.2. Junturas en polarizaciones directa e inversa. Rectificación. Corrientes en el diodo. Relación Volt - ampere. Mecanismos físicos de ruptura. Capacidades de transición y de difusión. Dependencia C-V.</p> <p>4.3. Interacción con el medio. Propiedades. Interacción térmica Efecto Seebeck. Termogeneración. Interacción lumínica Fotogeneración. Efecto Peltier. Emisión de fotones.</p>	<p>TE: Capacidades de Juntura</p> <p>TE: Termocupla y T° de Junturas</p>
8	4	<p>4.3 (Cont.) Dispositivos de unión basados en efectos térmicos y ópticos. Celdas fotovoltaicas. Fotodiodos. Diodos LED. Optoacopladores. Termocuplas. Temperatura y rupturas zener y avalancha. Estructuras, especificaciones, curvas y propiedades.</p> <p>4.4. Modelos. Circuitos básicos con diodos: rectificación, regulación, limitación</p>	<p>D: Simulación de Junturas (diseño de diodo): Actividad desarrollada con Simulador de Poisson</p> <p>TE: Circuitos básicos con diodos: rectificación, regulación, limitación</p>
9	5	<p>INTERACCIÓN ENTRE JUNTURAS</p> <p>5.1. Interacción entre junturas. Formación. Propiedades y parámetros Transistores bipolares. Principios de funcionamiento Estructuras, propiedades, especificaciones, tipos y simbología</p> <p>5.2. Polarización y modos de trabajo. (base común)</p>	<p>RP: Comparativa del comportamiento de junturas; analítico de curvas a partir de ensayos juntura de BJT; led infrarrojo y diodo rectificador - Actividad con Laboratorio remoto</p> <p>TE .- Transistor Bijuntura (BJT)</p> <p>TE: Fototransistor y Transistor bijuntura con temperatura</p>
10	5	<p>5.2. (Cont). Polarización y modos de trabajo. (emisor común). Configuraciones. Interacción con el medio. Rupturas en distintas configuraciones</p> <p>5.3. Modelos y simulación Curvas. Zonas de funcionamiento y aplicaciones elementales</p>	<p>RP: Mod: Modelos Ebers y Moll y Giacolleto - Trabajo práctico</p> <p>TE. Zonas de funcionamiento y aplicaciones elementales con BJT: fuente de corriente, circuito inversor, funcionamiento como llave.</p>
11	6	<p>TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO DE JUNTURA</p> <p>6.1. Transistor de Efecto de Campo de Juntura (Jfet). Propiedades y parámetros. Principios de funcionamiento Estructuras, propiedades, especificaciones, tipos y simbología.</p>	<p>Actividad integradora BJT (Evaluación de Unidades 4 y 5)</p>
12	6/7	<p>6.2. Polarización y modos de trabajo. Configuraciones. Interacción con el medio.</p> <p>6.3. Modelos. Curvas. Zonas de funcionamiento y aplicaciones elementales</p> <p>ESTRUCTURAS MOS</p> <p>7.1. Estructuras MOS. Efectos de superficie Propiedades y parámetros</p>	<p>TE: Transistores de efecto de campo de juntura - Actividad mediante laboratorio remoto</p>

13	7	7.1. (cont.) Capacitores y Transistores MOS. Principios de funcionamiento - Estructuras, especificaciones, propiedades, tipos y simbología. 7.2. Influencia de las dimensiones. polarización y modos de trabajo. Configuraciones. Efecto de la temperatura	TE.- Transistores de efecto de campo de estructuras MOS. Característica
14	7	7.3. Modelos. Curvas. Zonas de funcionamiento y aplicaciones elementales.	TE.- Transistores de efecto de campo de estructuras MOS. Aplicaciones elementales- fuente de corriente, circuito inversor, funcionamiento como llave.
15	8	Evaluación Unidades 6 y 7 TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DE CIRCUITOS INTEGRADOS 8.1.Tecnologías de fabricación de circuitos integrados. Métodos de fabricación. Tendencias actuales	RP: Modelos de JFET y MOSFET
16		Coloquios de promoción	Coloquios de promoción