

FÍSICA III

ORIENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

Física III es una asignatura de la unidad docente Básica Física del tercer nivel de la Carrera de Ingeniería Electricista que tiene a Análisis Matemático I, Análisis Matemático II, Geometría Analítica, Física I y Física II como asignaturas correlativas para cursar, mientras que Análisis Matemático II y Física II constituyen las materias correlativas para aprobar.

La asignatura está diagramada en vista a la formación de un alumno de la carrera de Ingeniería Electricista como futuro ingeniero. Se trata de proveer a estos estudiantes una base de física moderna sólida para encarar el estudio que harán en las materias posteriores sobre el comportamiento de los dispositivos electrónicos y también facilitarles el futuro acceso a la comprensión de cualquier nuevo descubrimiento científico-tecnológico en esta área en continua evolución. El plan de la asignatura está diseñado principalmente para brindar al alumno el conocimiento de aquella temática particular de la Física Moderna que permite sustentar a ese vasto mundo tecnológico con el cual va a interactuar. Para lograr tal propósito la asignatura lo introduce en la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein y de la Mecánica Cuántica. El estudio de este nuevo conocimiento se pretende completar la formación en las ciencias físicas del futuro ingeniero, ya iniciada en los cursos de física clásica de Física I y Física II, incluidos el plan de la carrera. Sin duda contar con una mejor formación general en Física, permite al estudiante desarrollar una visión más abarcativa del mundo profesional, de la investigación y desarrollo. Es de esperar que el conocimiento de la física, más allá de la clásica, despierte en el alumno curiosidad y espíritu crítico por acceder a la comprensión de las teorías y aplicaciones ubicadas en la vanguardia del conocimiento respecto de la constitución y estructura de la materia. A tal efecto, se procura enfatizar en los alumnos la fuerte vinculación existente entre el desarrollo de la tecnología actual con la física. Además se contribuye a que los estudiantes valoren la importancia de la búsqueda del conocimiento y descubran la trascendencia de su futura inserción en el mundo laboral como usuarios y generadores del desarrollo tecnológico. Sin duda, también el conocimiento de la física moderna termina brindando al alumno una mayor riqueza cultural. Se pretende que el desarrollo de esta temática permita al alumno lograr incorporar valiosos objetivos y desarrollar adecuadas competencias, las cuales se analizan a continuación para cada grupo temático en que se ha dividido el plan de estudio de la asignatura Física III, a saber:

El contenido sumario de Ondas consiste en

- Ondas elásticas longitudinales y transversales. Velocidad de propagación Ecuación de onda.
- Argumento viajero. Transformación de coordenadas de Galileo.
- Propagación de energía y de cantidad de movimiento a la velocidad de propagación
- Ondas armónicas. Representación de ondas con fasores temporales.
- Efecto Doppler. Onda de Choque.
- Ondas incidente, transmitida y reflejada. Onda estacionaria.
- Ondas electromagnéticas planas. Propagación de la energía: vector de Poyting
- Coherencia. Polarización. Fenómenos de Difracción e Interferencia. Experiencia de las dos rendijas de Young Superposición de ondas en una dimensión. Velocidad de grupo.

Esta temática se incorpora para permitir desarrollar en el alumno conceptos ondulatorios básicos, introduciéndolos mediante las ondas mecánicas. Las mismas resultan ser ampliamente didácticas al poder ser captadas por medio de los sentidos, favoreciendo así la comprensión por parte del alumno del comportamiento típico ondulatorio. Estos conceptos comprenden observar la constancia de la velocidad de propagación, tanto para pulsos y ondas armónicas, cuando la condiciones del medio no se cambian, deducir el argumento viajero para pulsos y ondas mediante sencillos razonamientos físicos que muestran que aunque las partículas materiales del medio tienen leves desplazamientos locales provocados por el pasaje de las ondas, existe transporte de energía y de cantidad de movimiento a la velocidad de propagación. Resulta interesante destacar la particular propiedad de interferencia de ondas, la cual puede ser usada para identificar el comportamiento ondulatorio. Con este fin se introduce la descripción de la experiencia de Young con dos rendijas. Se agrega también la descripción de una onda transmitida y otra reflejada cuando hay una discontinuidad en las características del medio de propagación, cuyas amplitudes pueden deducirse analizando

las condiciones de borde que impone el marco físico correspondiente. Se completa con describiendo y analizando el efecto Doppler sonoro y el Boom sónico. Cabe resaltar que todo comportamiento ondulatorio para las ondas mecánicas, son extensivos por analogía a las ondas de otra naturaleza, como ser las electromagnéticas. Sin embargo existe una violenta discrepancia cuando se busca observar un cambio en velocidad relativa de propagación de la luz respecto a un observador móvil, discrepancia que aceptada conduce a la teoría de la Relatividad Especial de Einstein. El fenómeno de propagación de ondas queda formalmente confirmado si es posible llegar a la ecuación de onda a partir de las leyes generales, que en el caso de las ondas mecánicas, por ej. son la segunda ecuación de Newton y la ley de elasticidad de Hooke para el medio material. Es conveniente utilizar la representación compleja de ondas armónicas, sin olvidar que la onda física es real y se recupera de ella mediante la operación de proyección que otorga obtener su parte real o imaginaria.

El contenido sumario de la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein incluido en la asignatura es el siguiente:

- Sistemas de la referencia inerciales. Transformación de coordenadas de Galileo.
- Experimento de Michelson-Morley.
- Postulados de la relatividad especial de Einstein.
- Transformación de coordenadas de Lorentz.
- Consecuencias de la teoría de relatividad especial: dilatación del tiempo, contracción de longitudes, transformación de velocidades relativistas, masa relativista y energía relativista.

Se pretende que al desarrollar esta temática sobre relatividad el alumno comprenda la importancia de los sistemas de referencia inerciales dado que en ellos se deducen y valen la mismas leyes de la Física. Su equivalencia para tal fin se resalta aprendiendo a aplicar entre ellos las transformaciones de coordenadas de Galileo, y a calcular las velocidades relativas galileanas de móviles, que resultan ser excelentes aproximaciones para describir el movimiento relativo de objetos dentro de nuestro mundo cotidiano regido por las bajas velocidades. Entender el fracaso a que conduce la transformación de Galileo cuando se aplica a una fuente móvil de luz, equivalente a considerar la errada hipótesis de la existencia del eter como supuesto medio material de sustento de la propagación electromagnética. La predicción galileana de diferentes velocidades relativas de la luz contrasta violentamente con la evidencia experimental de su constancia, obtenida a través de los experimentos de Michelson-Morley. En este entorno resulta adecuado introducir al alumno en los postulados de la teoría de relatividad especial y analizar las propiedades que debe tener una correcta transformación de coordenadas para cumplir con ellos. Debe notar que el concepto de simultaneidad, adquirido intuitivamente como una propiedad absoluta, pierde vigencia para convertirse en un concepto completamente local. Los sencillos pasos para la obtención de la nueva transformación de coordenadas, conocida como la transformación de Lorentz, le permite al alumno aceptar su validez. También a aceptar sus consecuencias: la dilatación del tiempo, la contracción de longitudes, las nuevas transformaciones de velocidades, la variación de la masa relativista con la velocidad, y especialmente cabe resaltar las relaciones de equivalencia entre masa y energía, las cuales permiten justificar las enormes energías liberadas en reacciones nucleares más adelante tratadas.

La temática a desarrollar de física cuántica comprende:

- Experiencia de Young con electrones. Longitud de onda de Broglie.
- Efecto Compton. El fotón. Relación de Einstein.
- Comportamiento complementario dualidad onda-partícula
- Ecuación de Schrödinger.
- Interpretación estadística de su solución, la función de ondas.
- Solución e interpretación de problemas sencillos: partícula en un pozo de potencial de barreras infinitas
- Cuantización de la energía.
- Principio de incertidumbre.
- Efecto túnel.
- Atomo de Bohr. Niveles de energía cuantizados de los átomos
- Láser.

Cabe destacar que el camino aquí utilizado para introducir la física cuántica va de acuerdo con los lineamientos bibliográficos más modernos por resultar de esta manera al alumno más didáctica su comprensión, dejando de lado el camino histórico que comienza con el estudio de la radiación térmica, común de hallar en la vieja bibliografía, el cual confronta al alumno con mayores dificultades.

Se pretende que el alumno pueda discutir el fracaso de la física clásica para explicar los resultados de la experiencia de las dos rendijas de Young con electrones como también el Efecto Compton. Se pretende que el alumno justifique con sencillos razonamientos relativistas las propiedades de masa en reposo nula y la cantidad de movimiento que posee la nueva partícula introducida para poder describir el efecto Compton, el fotón. En contrapartida, al emplear los revolucionarios y complementarios conceptos de la física cuántica, la dualidad onda-partícula, le permitan arribar a una acertada descripción estadística de sus correspondientes resultados experimentales. Aceptando estos resultados experimentales como válidos también el alumno termina aceptando los postulados de la mecánica cuántica, la ecuación de Schrödinger y la interpretación que se postula sobre su solución, la función de ondas. La resolución del problema de una partícula confinada en un pozo de potencial de barreras infinitas le permite descubrir la cuantización de la energía. Además por medio de razonamientos sencillos se pretende que utilice este resultado para justificar cuánticamente el modelo de átomo de Bohr, en lo respectivo a sus niveles cuantizados de energía; también el hecho de que un electrón orbital a pesar de estar acelerado no irradia energía electromagnética, en contradicción a lo que predicen las ecuaciones de Maxwell. La extensión de este modelo a átomos más pesados le permite estudiar el comportamiento de los electrones ligados. La evidencia experimental de este modelo puede ser corroborada por el alumno observando el espectro de emisión de mercurio gaseoso de los tubos fluorescentes empleando un sencillo espectrómetro en el aula. Aplicar el modelo de Bohr a estudiar los niveles discretos de energía de los electrones en átomos aislados, usando adecuadamente los conceptos de absorción, emisión espontánea, emisión estimulada y descubriendo que estas transiciones son acompañadas por procesos fotónicos, prepara el camino para introducir el Láser. Para conseguir la acción láser es necesario lograr las condiciones que garanticen obtener la inversión de población. Se completa con una breve descripción de las propiedades macroscópicas del láser y de diversos dispositivos prácticos que permiten su implementación.

Las temáticas de radiaciones y radioactividad, y de reacciones nucleares y reactores, comprenden:

- Isótopos, isótonos e isóbaros. Masas atómicas. Propiedades del núcleo
- Energía de enlace nuclear. Fuerzas nucleares
- El deuterón. El modelo de la gota líquida. El modelo de capas
- Transmutaciones artificiales y neutrones. Masas y energía de ligadura.
- Transformaciones nucleares con partículas aceleradas artificialmente
- Reacciones nucleares. Reacciones con neutrones
- Sección de choque; su variación con la energía
- Fisión nuclear. Emisión de neutrones y productos de reacción. Reacción en cadena
- Energía liberada en la fisión. El reactor nuclear. Tipos básicos de reactores.
- Fusión nuclear.
-

Es importante que el alumno adquiera un conocimiento adecuado de la estructura del núcleo, para el cual no rige una teoría simple formal sino que el grado de conocimiento actual del mismo está representado y resumido por el modelo cuántico de capas. Dado que el modelo en sí es altamente complejo no resulta adecuado para presentarlo a un alumno de ingeniería, siendo más adecuado emplear una descripción semiclásica a la hora de abordarlo. El modelo de capas puede imaginarse mediante una analogía al modelo atómico, lo cual permite inferir estados excitados y fundamentales de los nucleones e inferir otras propiedades interesantes de los núcleos. Se pretende que el alumno logre describirlo a través de sus partículas constituyentes básicas, protones y neutrones, que son partículas compuestas por lo tanto no son fundamentales. Debido a las enormes fuerzas de repulsión entre protones al estar confinados en el pequeño volumen del núcleo de dimensiones del orden de fermímetros, basta con aceptar que se mantienen cohesionadas allí dentro postulando la existencia de fuerzas nucleares fuertes de atracción protón-protón, y protón-neutrón y neutrón-neutrón, que no se manifiestan fuera de él. Surgen propiedades sorprendentes como ser la altísima densidad del núcleo, valores que se mantienen dentro del mismo orden en núcleos livianos y pesados. Es permite a su vez transmitirle al alumno la imagen de un núcleo formado por esferas prácticamente iguales en diámetro y en contacto para representar a los nucleones constituyentes, protones y neutrones. Esta

descripción aunque sencilla permite justificar un volumen del núcleo proporcional a su número másico. Es conveniente presentar la conocida curva de energía de ligadura prorrateada por nucleón del núcleo, para que el alumno aprenda a estimar de antemano cuales procesos de fisión (núcleos pesados) y de fusión (núcleos livianos) son útiles para liberar enormes cantidades de energía, la cual es justificada por una pérdida de masa en la/las estructura/s final/es de la reacción nuclear. Esta pérdida de masa se transforma en energía, de acuerdo con la teoría de la relatividad. Se estudian los núcleos inestables o radioactivos que conducen a desintegraciones y reacciones nucleares, los cuales estadísticamente responden a una ley de decaimiento radiactivo exponencial. Es interesante mostrarle al alumno las aplicaciones prácticas que puede dársele a este comportamiento para su uso en la datación temporal tanto de especímenes biológicos (datación por carbono radioactivo) como de muestras geológicas, su empleo en la fabricación de fuentes eléctricas de alta duración para usos espaciales y muchas otras. Finalmente son analizados los procesos de fisión del uranio 235 con su cadena típica de desintegración. La misma permite su uso tanto en cadenas de fisión controladas con criticidad cercanas a la unidad para generar energía como en bombas nucleares, donde se busca una cadena de desintegración con criticidad tendiendo a infinito, empleando para lograrlo, entre otras, técnicas de implosión con explosivos tradicionales. Mientras que las reacciones de fusión para obtener energía están en etapas tempranas de estudio con diversos métodos de confinamiento, no así su empleo para bombas, como las denominadas bombas termonucleares; en éstas primero se hace explotar una pequeña bomba nuclear a fin de lograr las condiciones de alta presión y temperatura que requiere la fusión de núcleos livianos.

Las temáticas de conducción en gases comprende:

- Descarga en gases: Característica volt-ampere de las descargas gaseosas
- Descarga no-autónoma, semiautónoma y autónoma
- Ley de Pachen.
- Incandescencia y luminiscencia. Luminiscencia en gases.
- Composición de sustancias luminiscentes. Descarga luminiscente.
- Fluorescencia y fosforescencia. Sustancias fluorescentes. Nociones sobre tubos fluorescentes.
- Teoría del arco eléctrico. Aplicación de sus conceptos: arco en presencia de gas, en vacío, ignición, duración y extinción. Apertura en C.A. y en C.C.. Transferencia de material entre electrodos.

Bajo esta temática se pretende brindar al alumno un conocimiento general de los varios tipos de plasmas de descarga en gases, sus respectivas descripciones de cómo trabajan y finalmente, sus aplicaciones más corrientes. El estado plasma es conocido en la jerga física como el cuarto estado de la materia, dado que son gases ionizados, pudiendo estar constituidos por iones, electrones como también especímenes neutros, variando su grado de ionización desde gases altamente ionizados en un 100%, pasando por parcialmente ionizados, 10^{-4} , hasta los bajamente ionizados, 10^{-6} . Existen plasmas de alta temperatura o fusión y también de baja temperatura denominados descarga en gases, de los cuales nos ocuparemos en detalle. Se pretende que el alumno pueda describir los plasmas tanto en equilibrio térmico (LTE) como aquellos que no lo están, de acuerdo a su equilibrio térmico, propiedad intimamente ligada a la presión en el plasma, con algunas excepciones. La descarga en gases queda mejor clasificada empleando el producto de la presión por el largo de separación de los electrodos (pD), aunque es multiparamétrico, existiendo una amplia variedad de plasmas de descarga en gases para las más diversas aplicaciones. Tres tipos de plasmas, la descarga Glow (GD), el plasma acoplado inductivamente (ICP), y el plasma inducido por microondas (MIP) son comúnmente empleados en espectroquímica, como también en muchos campos altamente desarrollados tecnológicamente.

LAS ACTIVIDADES QUE SE DESARROLLAN DURANTE EL CURSADO

Durante el cursado las clases son dictadas desarrollando sus contenidos en el pizarrón, con el apoyo de fotocopias y/o transparencias adecuadamente introducidas con fines didácticos ilustrativos. La exposición en pizarrón de los temas brinda al alumno una apropiada velocidad de aprendizaje para abordar la comprensión de los mismos. Esta metodología incluye intercalar en clase la ejecución demostrativa de sencillos experimentos didácticos. Con el mismo fin se guía a los alumnos a visualizar laboratorios simulados brindados por sitios de Internet en applets interactivos y películas, que brindan con realismo la vivencia de la

ejecución de experimentos físicos. También, están diagramados algunos laboratorios experimentales para ser ejecutados por los propios alumnos. Las experiencias de laboratorio, en sus versiones simuladas y experimentadas, permiten involucrar al alumno en las habilidades del razonamiento científico, desde el mismo proceso de preparación del experimento, su ejecución con la toma de mediciones y sus errores, el análisis y procesamiento de datos, la discusión de resultados y finalmente la confrontación con el resultado teórico físico esperado. Paralelamente con el desarrollo de cada tema se introduce una guía de problemas, permitiendo al alumno profundizar sus conceptos, generar estrategias de resolución de los mismos y analizar sus resultados dentro del tema estudiado. La articulación adecuada de este conjunto de herramientas didácticas mencionadas busca motivar la curiosidad y el interés del alumno, fomentando su capacidad inquisitiva y expresión de comentarios científicos.

Se tomará tres instancias de evaluación, más una única instancia de recuperación al final del cuatrimestre en la cual el alumno podrá recuperar cualquiera de aquella/s que hubiera desaprobado. El alumno logrará aprobación directa si aprueba cada instancia de aprobación con 60 puntos sobre 100 o más, conformando con el promedio de las tres su nota final. Para aquellas instancias de aprobación en las cuales el alumno obtenga menos de 60 puntos puede optar por rendir su respectiva instancia de recuperación en el único día al final del cuatrimestre que se asigna para ello. Según la nueva reglamentación (Ordenanza Ordenanza C.S. 1549-Reglamento de Estudios C.S. 1549- Reglamento de Estudios) la nota de la instancia de recuperación reemplaza a la nota de la instancia de evaluación, por lo tanto si obtiene en todas ellas notas mayores a 60 puntos se le dará por aprobada la materia, obteniendo como nota final de aprobación el promedio de las tres. Cuando el alumno obtenga menos de 60 puntos en la instancia de aprobación directa o en las correspondientes instancias de recuperación, se le dará por cursada la materia si el promedio de las tres es de 60 puntos o más, caso contrario, con promedio menor a 60 puntos, habrá desaprobado.

El examen final será escrito. Versará sobre el total de la asignatura, y se le solicitará al alumno la respuesta de cuestiones teórico-prácticas que evidencien su entendimiento conceptual de los temas desarrollados. El examen final se tomará en las fechas programadas a tal efecto, y será del tipo teórico-práctico. Podrá complementarse con una prueba oral.

ARTICULACIÓN DE FÍSICA ELECTRÓNICA EN EL DISEÑO CURRICULAR

De acuerdo a la estructura del diseño curricular, se promueve la articulación de esta asignatura de segundo nivel con asignaturas a nivel horizontal, del mismo nivel y a nivel vertical (con asignaturas de niveles inferiores y superiores).

Existen vinculaciones con asignaturas de niveles inferiores. Dentro de ellas podemos contabilizar materias del primer nivel; es el caso de Sistemas de Representación, Análisis Matemático I, Álgebra y Geometría Analítica, las cuales dan inicio a una adecuada formación del alumno en matemáticas, las cuales le brinda al alumno un adecuado lenguaje matemático para expresarse. También existe articulación con Física I de este primer nivel, donde se estudia la mecánica newtoniana clásica.

Respecto a vinculaciones con materias inferiores de 2do nivel destacamos a Física II, que permite al alumno afrontar y comprender los fenómenos electrostáticos y

También dentro de las materias de segundo nivel vinculaciones con asignaturas de niveles inferiores. Finalmente existe vinculación con la materia Introducción al Análisis de Señales y Sistemas del Área Electrónica, que enseña al alumno los sistemas de números complejos, de gran utilidad a la hora de expresar conceptos físicos.

Encontramos vinculaciones de Física II con materias del nivel superior, Instalaciones Eléctricas y Luminotecnia, donde se consideran lámparas con y sin electrodos; se aplican en lámparas con electrodos de baja presión (tubos fluorescentes) y de alta presión, (HID), lámparas sin electrodos de baja presión en varias configuraciones y lámparas de alta presión sin electrodos.

Con el nivel vertical superior de 5to año, Física III se vincula con asignaturas específicas que tratan temas referentes a las protecciones eléctricas los cuales involucran en estos dispositivos fenómenos de descarga en gases, arco eléctrico y transferencia de material entre electrodos. Reviste igual vinculación con la materia de 5 nivel, Accionamientos y Controles Eléctricos, que involucra el mismo tipo de elementos. , al brindar esta asignatura los fundamentos físicos básicos para desarrollar luego su propia temática que resulta central en la carrera, tales como Generación, Transmisión y Distribución de la energía, siendo FII tanto

correlativa para cursarla y rendirla. como para Energia Eléctrica, Dispositivos Electrónicos y Electrónica Aplicada I del tercer nivel, Electrónica Aplicada II del cuarto nivel, Tecnología Electrónica y Electrónica de Potencia del quinto nivel. Hay relación en forma directa con los contenidos desarrollados en varias de las materias optativas del sexto nivel que harán uso los conocimientos adquiridos en Física Electrónica; Optoelectrónica de Comunicaciones, Física Óptica para Comunicaciones, Fundamentos de Antenas y Diseño de Antenas.