

Física General IV

Programa 2011

Profesor: Dr. Sergio J. Sciutto

Unidad 1. Teoría especial de la relatividad.

Definición de evento. Coordenadas espacio-temporales. Marcos de referencia. La relatividad de Galileo, relaciones de transformación. Experimento de Michelson y Morley. Interpretación de su resultado. Postulados de Einstein. Concepto de simultaneidad. Consecuencias inmediatas de los postulados de Einstein: contracción de Lorentz, dilatación del tiempo. Sincronía de relojes distantes. Las transformaciones de Lorentz. Justificación. Propiedades. Teorema de adición de velocidades. Concepto de espacio-tiempo. Intervalo. Invarianza del intervalo ante transformaciones de Lorentz. Cono de luz. Tiempo propio. Dinámica relativista. Masa y cantidad de movimiento relativistas. Teorema impulso-energía relativista. La energía relativista. Equivalencia entre masa y energía. Transformación del impulso.

Unidad 2. El origen de la Mecánica Cuántica.

Radiación térmica. Magnitudes utilizadas para describirla: radiancia, radiancia espectral, intensidad y densidad volumétrica de energía radiante. Relaciones entre magnitudes. Ley de Lambert. Ley de Stefan. Emisividad de una sustancia. Igualdad entre emisividad y absorptividad. Emisor ideal. Distribución espectral de la energía radiada por un emisor ideal. Propiedades generales. Ley de Wien. Ley del desplazamiento de Wien. Cálculo teórico de la distribución espectral de la energía radiada. Conteo del número de modos de vibración. La teoría clásica: fórmula de Rayleigh-Jeans. La teoría de Planck. Cuantificación de la energía de los modos de vibración. Constante de Planck. Distribución de Planck. Efecto fotoeléctrico. Descripción fenomenológica. Teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico. Fotón. Función trabajo. Efecto Compton. Descripción fenomenológica. Ecuación de Compton. Longitud de onda de Compton. El modelo atómico de Böhr. Postulados. Cuantificación del impulso angular. Niveles de energía. Transiciones entre niveles y espectros atómicos de emisión. Constante de Rydberg. Consideraciones sobre la estructura fina del espectro de emisión de átomos hidrogenoides. Reglas de cuantización de Wilson-Sommerfeld. Constante de estructura fina.

Unidad 3. Mecánica ondulatoria.

El postulado de De Broglie. Experiencia de Davisson y Germer. Dualidad partícula-onda. Principio de complementariedad de Böhr. La función de onda de la partícula libre. Interpretación probabilística de la función de onda. Paquetes de onda, velocidades de fase y de grupo. El principio de incertidumbre de Heisenberg. La ecuación de Schrödinger. Justificación en el caso de la partícula libre. Valores de espectación de observables. Valor de espectación del impulso. Operadores cuánticos. Reglas de cuantificación. Teorema de Ehrenfest. La ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Autovalores y autofunciones.

Unidad 4. La ecuación de Schrödinger en sistemas simples.

La Partícula libre. Ondas planas. Evolución en el tiempo de un paquete de ondas. La partícula uniformemente acelerada. Potenciales constantes a trozos. Barreras de potencial finitas o infinitas. Propiedades de las soluciones de la ecuación de Schrödinger. Coeficiente de reflexión. Longitud de penetración. Efecto tunel. El potencial de pozo cuadrado. Propiedades de las soluciones de la ecuación de Schrödinger. Estados ligados. Niveles de energía. El pozo cuadrado infinito. Propiedades del estado fundamental. Energía del punto cero. Paridad de funciones de onda. El oscilador armónico simple. Descripción general de las soluciones de la ecuación de Schrödinger. Niveles de energía. Comparación con el oscilador clásico.

Unidad 5. Fuerzas centrales y átomos con un electrón.

La ecuación de Schrödinger en el caso de potenciales esféricamente simétricos. Separación de variables. Descripción general de las soluciones. Armónicos esféricos. Funciones radiales. Números cuánticos principal, orbital y acimutal o magnético. Análisis de las soluciones. Niveles de energía. Valor de espectación del radio atómico. Radio de Böhr. Impulso angular. Definición y representación en términos de operadores. Autovalores y autofunciones. Conmutadores de operadores. Valores medios y fluctuaciones de observables, análisis de los casos en que el sistema se encuentra o no en un autoestado del correspondiente operador. Enunciado riguroso del principio de incertidumbre de Heisenberg.

Unidad 6. Momento magnético y spin.

Momento dipolar magnético orbital. Magnetón de Böhr. Factor giromagnético. Frecuencia de Larmor. Experimento de Stern y Gerlach. Spin. Definición. Propiedades básicas. Interacción spin-órbita. Energía de interacción spin-órbita. Impulso angular total. Suma de momentos angulares. Propiedades básicas del impulso suma. Números cuánticos asociados a los autoestados del átomo hidrogenoide. Átomos en campos magnéticos externos. El efecto Zeeman.

Unidad 7. Átomos multielectrónicos.

La función de onda de un conjunto de partículas idénticas. Funciones de onda simétricas y antisimétricas. Determinantes de Slater. El principio de exclusión de Pauli. Fermiones y Bosones. Determinación numérica de autoestados en átomos multielectrónicos. Descripción del método de Hartree. Número atómico efectivo. El estado fundamental de átomos multielectrónicos y su correspondencia con la tabla periódica de los elementos. Bloques de la tabla periódica. Potencial de ionización.

Unidad 8. Elementos de estadística cuántica.

Introducción. Microestados y macroestados. Entropía estadística. Distribución de Boltzmann. Función de partición. Valores medios y fluctuaciones. Energía interna, calor específico y otros observables a partir de la función de partición. El gas ideal cuántico. Distribución de velocidades. Energías de estados cuánticos y sus temperaturas características. El calor específico de sólidos cristalinos. Teoría de Debye. Consideraciones generales sobre sistemas cuánticos de partículas idénticas: Las distribuciones de Fermi-Dirac y de Bose-Einstein.

Unidad 9. El núcleo atómico.

Conceptos generales sobre el núcleo atómico. Dimensiones nucleares. Fuerzas nucleares, características básicas. Masa y carga nuclear. Densidad de carga nuclear. El neutrón. Isótopos. Abundancia de isótopos estables. Masa atómica. Unidades. Energía de enlace. Fórmula semi-empírica de la masa. Interpretación física de los diferentes términos. La energía de enlace como función del número másico. Números mágicos. Línea de estabilidad. Líneas isóbaras e isótonas. Decaimiento nuclear. Ley de decaimiento exponencial. Probabilidad por unidad de tiempo, vida media y semivida. Unidades de radioactividad. Tipos de decaimiento nuclear: Alfa, beta negativo y positivo, captura electrónica, fisión. Decaimiento gama. Relación entre energía de ligadura y tipo de decaimiento predominante. El decaimiento beta negativo. Distribución de energía del electrón emergente. Descubrimiento del neutrino y de las interacciones débiles. Familias de elementos radioactivos. Reacciones nucleares. Conceptos generales. Q de una reacción. Fisión inducida. Curvas típicas de fragmentación. Energía liberada. Reacciones en cadena. Criticalidad. Concepto de generador energético termonuclear. Fusión nuclear. Características generales de los procesos de fusión nuclear. Balance energético. Fusión nuclear en el medio intraestelar. Balance energético en las estrellas. El origen de los elementos.

Unidad 10. Elementos de Física de altas energías.

El descubrimiento de los rayos cósmicos. Espectro energético y composición de rayos cósmicos. Lluvias de partículas iniciadas por rayos cósmicos. Los rayos cósmicos y el descubrimiento de nuevas partículas: Positrones, muones, piones. El pión y la teoría de Yukawa de las interacciones nucleares. Aceleradores de partículas y la multiplicación de nuevos descubrimientos. Clasificación de partículas, necesidad de introducción de nuevos números cuánticos (extrañeza, etc.). El modelo de quarks y su confirmación experimental. Descubrimiento del leptón tau. Familias de leptones. Evidencia experimental sobre el número de familias. El descubrimiento de las oscilaciones de neutrinos. Los constituyentes fundamentales de la materia según el modelo estándar actual. Perspectivas para el futuro cercano.

Bibliografía recomendada.

- R. Eisberg, R. Resnick, *Física Cuántica*, Ed. Limusa, México (2008).
- R. Eisberg, *Fundamentos de Física Moderna*, Ed. Limusa, México (1978).
- R. A. Serway, J. W. Jewet, *Física II* (tercera edición), Thomson, México (2004).
- F. W. Sears, *Fundamentos de Física. III, Óptica*, Ed. Aguilar, Madrid (1975).
- M. Alonso, E. J. Finn, *Física*, Ed. Addison-Esley Iberoamericana.
- L. Landau, E. Lifshitz, *Mecánica Cuántica (teoría no-relativista)*, Ed. Reverté, Madrid (1978).
- Para actualizaciones en Física de altas energías ver el portal del *Particle Data Group*: pdg.lbl.gov.