



**UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR**  
**Vicerrectorado Académico**

1 .Departamento: **FÍSICA**

**2. Asignatura: FÍSICA MODERNA I**

3. Código de la asignatura: **FS3411**

No. de unidades-crédito: 4

No. de horas semanales: Teoría 4 Práctica 2 Laboratorio

4. Fecha de entrada en vigencia de este programa:

5. Requisitos: (*códigos*) *FS-2233*

6. OBJETIVO GENERAL: Conocer y dominar los principales conceptos de la física del siglo XX.

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1.- Estudiar los principios de la relatividad especial

2.- Estudiar los principios de la mecánica cuántica.

3.- Estudiar los principios que explican el comportamiento ondulatorio y las propiedades de la materia a nivel microscópico.

4.- Estudiar la estructura del átomo.

## 8. CONTENIDOS:

### 1. TEORIA ESPECIAL DE RELATIVIDAD

Transformaciones galileanas. Postulados de la teoría especial de relatividad. La relatividad de la simultaneidad. Experimento de Michelson-Morley. Transformaciones de Lorentz y sus consecuencias: contracción de la longitud, dilatación del tiempo (Paradoja de los gemelos). Suma de velocidades. Masa relativista. Momento relativista. Segunda Ley de Newton en forma relativista. Trabajo relativista. Obtención de  $E = mc^2$ . Principio de conservación de energía-masa. La ecuación  $E = ((m_0c^2)^2 + (pc)^2)^{1/2}$ . Efecto Doppler relativista.

### 2. RADIACION TERMICA Y POSTULADO DE PLANCK

Origen de la radiación térmica. Espectro de radiación térmica en función de la frecuencia (o longitud de onda). El concepto de cuerpo negro. Radiancia espectral de un cuerpo negro y de un cuerpo cualquiera. La integral de la Radiancia espectral. Ley de Stefan. Ley de desplazamiento de Wien. Relación entre la densidad de energía dentro de una cavidad y la radiancia espectral. Teoría clásica de la radiación térmica de Raleigh-Jeans : Cálculo del número de ondas estacionarias dentro de una cavidad de cuerpo negro por unidad de volumen por unidad de frecuencia. Utilización del teorema de equipartición de la energía para obtener la radiancia espectral. La catástrofe del ultravioleta. Teoría de Planck de la radiación térmica de cuerpo negro. Introducción a la distribución de Boltzmann y su utilización para obtener la radiancia espectral de un cuerpo negro a partir de la teoría de Planck.

### 3. PROPIEDADES CORPUSCULARES DE LA RADIACION

- a) Efecto fotoeléctrico. Explicación de un montaje experimental de efecto fotoeléctrico y generación de datos experimentales. Explicación de incapacidad de la teoría electromagnética clásica para explicar la evidencia experimental del efecto fotoeléctrico. Teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico. Discusión sobre la naturaleza dual de la luz.
- b) Efecto Compton. Explicación de un montaje experimental de efecto Compton y e interpretación de los espectros obtenidos.
- c) Producción de pares electrón-positrón.
- d) Aniquilación de pares electrón-positrón. Breve mención sobre su utilización en física médica.
- e) Producción de Rayos X . Espectro continuo debido a radiación bremsstrahlung.

### 4. PROPIEDADES ONDULATORIAS DE LAS PARTICULAS

- a) El postulado de De Broglie. Existencia de ondas materiales.
- b) Verificación experimental de la existencia de ondas materiales: descripción del montaje del experimento de Davisson-Germer y obtención de espectros. Difracción de electrones por cristales. Ley de Bragg.
- c) Dualidad onda-partícula. Similitud entre el significado del producto  $E(x,y,z,t) E^*(x,y,z,t)$  para un fotón ( $E$  es el campo eléctrico) y el producto  $\Psi(x,y,z,t) \Psi^*(x,y,z,t)$  para una partícula ( $\Psi$  es la función de onda).
- d) Principio de incertidumbre. Experimento pensado por Bohr. Origen físico del principio de incertidumbre. Diferentes expresiones del principio de incertidumbre, sus interpretaciones físicas y aplicaciones ( $\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$  y  $\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$ ).

### 5. MODELOS ATOMICOS

- a) Modelo de Thomson y predicciones.
- b) Modelo de Rutherford y predicciones. Sección transversal diferencial de Rutherford.
- c) Estabilidad del átomo. Espectros atómicos de emisión y absorción (montajes experimentales, aplicaciones). Las series de Balmer y Paschen del átomo de hidrógeno

- d) El modelo de Bohr. Postulados. Predicciones. Coincidencia del modelo con las series de Balmer y Paschen. Predicción de nuevas series: Lyman, Brackett y Pfund. Corrección de masa finita del núcleo atómico.
- e) Comprobación experimental de la cuantización de la energía de los átomos. El experimento de Franck-Hertz. Montaje experimental, obtención de datos e interpretación.
- f) Principio de correspondencia

## 6. TEORIA DE SCHRÖEDINGER DE LA MECANICA CUANTICA

La ecuación de Schrödinger. Interpretación de Born de la función de onda. La densidad de probabilidad  $\Psi(x,y,z,t) \Psi^*(x,y,z,t)$ . Normalización de la función de onda. Valores esperados. Ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Propiedades requeridas de las funciones de onda. Cuantificación de la energía en la teoría de Schrödinger.

## 7. SOLUCIONES PARTICULARES DE LA ECUACION DE SCHRÖEDINGER EN UNA DIMENSION

a) El potencial constante. Condiciones experimentales para considerar libre a una partícula. Ejemplos aplicados.

b) El potencial escalón.

Caso  $E < V$ : Corriente de probabilidad, su interpretación física y forma de medirla. Coeficiente de reflexión y transmisión. El fenómeno de penetración de ondas en una región prohibida clásicamente. Interpretación física de que la densidad de probabilidad sea distinta de cero y la corriente de probabilidad sea cero en la región clásicamente prohibida.

Caso  $E \geq V$ : Interpretación física de que el coeficiente de reflexión es distinto de cero. Propiedad de reciprocidad del coeficiente de reflexión. Condiciones físicas necesarias para que la reflexión sea apreciable. Ejemplos prácticos como la disminución de la probabilidad de fisión nuclear por alta reflexión neutrónica.

c) El potencial barrera o la barrera de potencial.

Planteamiento de las ecuaciones a resolver. Interpretación física para el caso  $E < V$  (Penetración de la barrera, Efecto tunel). Aplicaciones (Decaimiento alfa).

El caso  $E > V$ . Interpretación física cuando el coeficiente de transmisión es 1. Efecto Ramsauer.

d) El potencial de pozo infinito. Funciones de onda, normalización y correspondientes energías.

Extensión a 3 dimensiones. Interpretación física que incluya mención y/o desarrollo de problemas específicos como el gas de electrones libres, el modelo nuclear y otros.

e) El potencial de pozo finito. Planteamiento de las ecuaciones a resolver. Solución gráfica. Relación entre el número de estados cuánticos de un pozo finito y su profundidad. El deuterio como caso tipo de potencial de pozo finito con un solo estado enlazado. Interpretación física.

## 8. ATOMOS DE UN ELECTRON

a) La ecuación de Schrödinger en 3 dimensiones en coordenadas esféricas. Separación de la ecuación de Schrödinger en 3 ecuaciones diferenciales en función de las coordenadas esféricas  $r$ ,  $\theta$  y  $\phi$  respectivamente, cuando el potencial es central. Solución espacio-temporal (sin resolver explícitamente cada ecuación diferencial). Números cuánticos  $n$ ,  $\ell$  y  $m_\ell$  derivados a partir de la resolución de la ecuación de Schrödinger. La ecuación de Schrödinger como una ecuación de autovalores.

b) Los autovalores de la ecuación de Schrödinger: Energías cuantizadas de los estados enlazados de un átomo hidrogenoide. Funciones de onda de un átomo hidrogenoide asociadas a un valor de energía. Degeneración. Densidad de probabilidad. Densidad de probabilidad radial. Representación gráfica de la densidad de probabilidad radial y angular. Valores esperados.

c) La ecuación de autovalores del momento angular orbital y de la componente  $z$  del momento angular orbital. Cuantización del momento angular orbital y de su componente  $z$  ( $L^2 = \hbar^2 \ell(\ell+1)$  y  $L_z = m_\ell \hbar$ ). Conservación del momento angular orbital en mecánica cuántica. Precesión aleatoria del momento angular orbital alrededor del eje  $z$  a la luz del principio de incertidumbre.

b) Momento dipolar magnético del electrón de un átomo hidrogenoide en función del momento angular orbital. Torque sobre un dipolo magnético debido a su interacción con un campo magnético aplicado. Precesión no aleatoria del momento angular orbital alrededor de la dirección del campo magnético aplicado. Frecuencia de Larmor. Energía magnética y efecto Zeeman.

c) Experimento de Stern-Gerlach. Montaje experimental e interpretación de resultados. El momento angular intrínseco del electrón o spin. Efecto Zeeman para el caso en que el momento angular orbital y el spin están desacoplados.

d) Interacción spin-orbita. Acoplamiento del momento angular orbital y el spin. Momento angular total y su componente  $z$ . Conservación del momento angular total en mecánica cuántica y de su componente  $z$ . Precesión del momento angular total alrededor del eje  $Z$  y precesión del momento angular orbital y del spin alrededor de la dirección del momento angular total. Posibles valores del momento angular total y su componente  $z$  según las reglas de la mecánica cuántica. Rompimiento de un nivel degenerado debido a la interacción spin-orbita. Corrección de la fórmula de energía de Bohr mediante la inclusión de la interacción spin-orbita. Comentarios sobre la inclusión de correcciones relativistas en la fórmula de Bohr. Comentarios sobre la ecuación de Dirac.

e) Tasas de transición y Reglas de selección.

## 9. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS, DIDACTICAS O DE DESARROLLO DE LA ASIGNATURA:

Se recomiendan las siguientes estrategias metodológicas:

1. Clases magistrales
2. Sesiones de Ejercicios y/o Problemas
3. Investigaciones
4. Presentaciones

## 10. ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:

Se recomiendan las siguientes estrategias de evaluación:

1. Pruebas escritas
2. Pruebas verbales
3. Ejercicios, tareas y/o asignaciones para fuera del aula
4. Presentaciones por parte del estudiante
5. Participación activa de los estudiantes en el desarrollo de clases
6. Solución de problemas

## 11. FUENTES DE INFORMACIÓN:

- Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles, R. Eisberg y R. Resnick (Wiley).
- Concepts of Modern Physics, A. Beiser (McGraw Hill)
- Foundation of Modern Physics (P. Tipler).