



### SÍLABO

CURSO: Introducción a la Física del Estado Sólido

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

<b>CODIGO</b>	: FI904	
<b>CICLO</b>	: 4	
<b>CREDITOS</b>	: 4	
<b>HORAS POR SEMANA</b>	: 5 (Teoría)	
<b>PRERREQUISITOS</b>	: Física III o BFI02, BMA02	
<b>CONDICION</b>	: Obligatorio	
<b>ÁREA ACADÉMICA</b>	: Ciencias Básicas	
<b>PROFESOR</b>	: Johnny Llamoja	<b>E-MAIL</b> : johnnyllacu@hotmail.com

#### II. SUMILLA DEL CURSO

El curso busca proporcionar las herramientas teóricas que permitan entender los principios básicos de la física moderna y de los semiconductores. El curso es teórico, pero para un futuro sería mejor que este curso se realice con experimentos en donde el alumno observe la síntesis de semiconductores y determine sus propiedades eléctricas bajo la aplicación de potenciales y ondas de luz.

#### COMPETENCIAS DEL CURSO

- 1.- Estudia los fenómenos físicos de Radiación de cuerpo negro, efecto fotoeléctrico y Compton
- 2.- Estudia y resuelve la ecuación de Schrodinger para casos muy sencillos
- 3.- Estudia el átomo de hidrógeno y el efecto Zeeman
- 4.- Estudia una introducción de Cristalografía
- 5.- Estudia el fenómeno de electrones en un metal desde el punto de vista de la mecánica clásica y de la mecánica cuántica
- 6.- Estudia la teoría de Bandas
- 7.- Estudia los semiconductores

#### III. UNIDADES DE APRENDIZAJE

##### 1. Física Moderna / 5 horas

- Cuerpo negro. Leyes: Stefan-Boltzmann, Wien. Fórmula de Planck.
- Efecto Fotoeléctrico. Fórmula de Einstein. Corriente de saturación. Gráficas.
- Efecto Compton.

##### 2. Física Moderna / 5 horas

- Hipótesis de de Broglie
- Principio de Incertidumbre
- Nociones de Espectroscopía: que cosa estudia la espectroscopía, definición de espectro continuo y discreto
- Fórmula de Balmer
- Hipótesis de Bohr.
- Cálculo de los radios y energías el electrón en el átomo de Bohr



### 3. Mecánica Cuántica / 5 horas

- operadores y algunos ejemplos
- Noción de Función propia y valor propio de un operador
- Formulación de la Ecuación de Schrödinger.  $|\psi|^2$  Densidad de probabilidad.
- Normalización de una función de onda. Posición más probable. Valor esperado
- Partícula en un potencial escalón en una dimensión, su función de onda y sus energías

### 4. Mecánica Cuántica / 5 horas

- Partícula en un pozo infinito en una dimensión, su función de onda y sus energías.
- Partícula en una caja cúbica tridimensional. Su función de onda y sus energías. Densidad de estados (Número de estados por unidad de energía).
- 1er. Principio de la Mecánica Cuántica o principio de correspondencia entre cantidades observables

### 5. Mecánica Cuántica / 5 horas

- Atomo de Hidrógeno y átomo hidrogenoide
- Función de onda de un electrón en un átomo de hidrogenoide:  $\psi_{nlm} = R_{nl}Y_{lm}$ , como se calcula  $R_{nl}$  y  $Y_{lm}$
- Energía de un electrón en un átomo hidrogenoide

### 6. Mecánica Cuántica / 5 horas

- Función propia y valor propio del operador momento angular  $L$ ,  $L^2$ ,  $L_z$  y  $L_z^2$
- Efecto Zeeman
- Noción de Spin

### 7. Cristalografía / 5 horas

- Red y Base. Celdas y vectores base.
- Redes de Bravais.
- Celda convencional
- Fracción de empaquetamiento. Densidad volumétrica. Densidad planar

### 8. Cristalografía / 5 horas

- Planos y direcciones. Índices de Miller. Distancia entre planos en función de los índices de Miller para redes hexagonal, ortorrómbico, tetragonal y cúbicas
- Red Recíproca. Vectores bases recíprocos
- Ley de Bragg.

### 9. Electrones en Metales / 5 horas

- Explicación de la corriente en un metal con dos modelos:
  - . Modelo de Electrones Libres: hipótesis de Drude, definición de camino libre medio y tiempo de relajación. Velocidad de arrastre. Conductividad eléctrica
  - . Modelo de Electrones casi Libres: hipótesis, definición de Número de estados por unidad de energía por unidad de volumen, Número de estados por unidad de volumen, Energía de Fermi, vector de Onda de Fermi. Función de distribución de Fermi  $F(E)$ . Cálculo de la Energía media de  $N$  electrones a Temperatura cero.

### 10. Física del Estado Sólido / 5 horas

- La ecuación de onda de un sólido cristalino en la Aproximación adiabática
- La ecuación de onda de un sólido cristalino en la Aproximación de electrón casi libre
- Teorema de Bloch
- Modelo de Kronig – Penney

### 11. Teoría de Bandas / 5 horas

- Formación de Bandas de energía mediante la superposición de niveles (solo cualitativamente) para la formación de bandas
- Curva de dispersión  $E$  vs.  $k$ . 1ª. Zona de Brillouin. Esquema de Bandas para conductores, semiconductores y aisladores
- Modelo de electrones fuertemente ligados (Tight Binding). Energía de un electrón en este modelo



### 12. Física de Semiconductores / 5 horas

- Masa Eficaz de los electrones en una red cristalina
- Definición de Lagunas o huecos. Masa eficaz de una laguna
- Definición de un semiconductor
- Semiconductor Intrínseco en el modelo de enlace covalente
- Semiconductor extrínseco en el modelo de enlace covalente tipo p y tipo n.
- Esquema de bandas y ubicación de los niveles de las impurezas donadoras y aceptoras de un semiconductor drogado

### 13. Física de Semiconductores / 5 horas

- Velocidad de Deriva de electrones en un semiconductor para un movimiento estacionario
- Movilidad de un electrón en un semiconductor
- Densidad de corriente para electrones
- Velocidad de Deriva de lagunas en un semiconductor para un movimiento estacionario
- Movilidad de una laguna en un semiconductor
- Densidad de corriente para lagunas
- Conductividad de electrones para un semiconductor tipo n y Conductividad de lagunas para un semiconductor tipo p. conductividad total

### 14. Física de Semiconductores / 10 horas

#### Transporte de carga debido a un gradiente de concentración de cargas

- Difusividad y densidad de corriente para electrones
- Difusividad y densidad de corriente para lagunas
- Densidad de corriente con campo eléctrico externo y con gradiente de concentración

#### Estadística de portadores de carga en semiconductores en el equilibrio estadístico

- Densidad de electrones y lagunas libres
- Densidad de estados en la banda de valencia y de conducción
- Aproximación de la función de Fermi para energías mayores y menores que la energía de Fermi
- Densidad de electrones y lagunas libres en los semiconductores
- Energía de Fermi y concentración de electrones en semiconductores intrínsecos
- Energía de Fermi y concentración de electrones en semiconductores extrínsecos tipo n a diferentes temperaturas
- Energía de Fermi y concentración de lagunas en semiconductores extrínsecos tipo p a diferentes temperaturas
- Ley de acción de masas
- Ley de la neutralidad eléctrica

## IV. METODOLOGÍA

El curso se desarrolla en sesiones de teoría y sesiones de seminarios con resolución de problemas. En las sesiones de teoría, el docente presenta los conceptos, teoremas y aplicaciones. En las sesiones prácticas, se resuelven diversos problemas y se analiza su solución. En todas las sesiones se promueve la participación activa del alumno.

## V. FÓRMULA DE EVALUACIÓN

Cálculo del Promedio Final:  $PF = (1 EP + 1 EF + 1 PCA) / 3$

EP: Examen Parcial EF: Examen Final PCA: Promedio de prácticas calificadas

## VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso, Finn, Volumen III, 1ª. Edición, Editorial Addison – Wesley Iberoamericana, Inc, 1987
2. Eisberg, Resnick, Física Cuántica, 3a. Edición, Editorial Limusa Wiley, 2002
3. Kittel, Física del Estado Sólido, 2ª. Edición, Editorial Reverté
4. Humberto Asmat, Física del Estado Sólido, 1ª. Edición, Editorial Limusa Wiley