

FISICA TEORICA II (Mecánica Cuántica)

1er. cuatrimestre 1968

Introducción

1.- Teoría cuántica y naturaleza ondulatoria de la materia. Complementaridad. Las antiguas reglas de cuantificación de Bohr. La función de onda y su interpretación probabilística. Interferencia de probabilidades.

2.- Paquetes de ondas y movimiento de una partícula libre
El principio de superposición. Paquetes de ondas y relaciones de incerteza. El movimiento de un paquete de ondas. En ensanchamiento de los paquetes.

3.- La ecuación de ondas o de Evolución

Introducción. Justificación de la ecuación de ondas.

4.- La función de onda y la ecuación de Schrödinger

La interpretación de la función de onda y la conservación de la probabilidad. Corriente de probabilidad. Valores medios de variables dinámicas. Teorema de Ehrenfert. Operadores. Estados estacionarios. La ecuación de Schrödinger. Solución general de la ecuación de evolución. Inversión del tiempo.

5.- El oscilador armonico lineal

Planteo matemático. Autovalores y autofunciones. Paridad. Propiedades de las autofunciones. Polinomios de Hermite. Ortogonalidad y normalización de las autofunciones. El movimiento de paquetes. Matriz de la coordenada. Límite clásico.

6.- Potenciales simples.

Partícula libre. Espectro continuo. Función delta y sus propiedades. Normalización de las funciones de onda de la partícula libre. Ondas planas. Condiciones periódicas de contorno y densidad de estados. Potencial escalón. Coeficientes de reflexión y transmisión. La barrera rectangular. Método matricial. Estudios y aplicación de las propiedades de simetría o invariancia del sistema. Potencial periódico. Bandas de energía. Teorema de Bloch-Floquet. El pozo rectangular. Estados ligados. Estados del continuo. Reflexión y transmisión. Resonancia. Reflexión y transmisión de un paquete. Condiciones de causalidad (Teorema de Wigner) Interpretación física del fenómeno de resonancia.

7.- La aproximación WKB. El método de WKB. Condiciones de aplicabilidad de la aproximación WKB. Las fórmulas de conexión. Aplicaciones. Determinación de estados ligados. Transmisión por una barrera. Barrera Coulombiana. Pozo de barreras. Resonancias. Decaimiento exponencial de un nivel metaestable.

///

8.- Los principios de la Mecánica Ondulatoria.

Representación coordenadas y representación impulso. Operadores hermitianos. Autofunciones y autovalores. Superposición de autoestados. El espectro continuo. Mediciones simultáneas y operadores que conmutan. Las relaciones de incerteza de Heisenberg. La ecuación de un movimiento. Operador Hamiltoniano. Función de Green. Variación en el tiempo de los valores medios de los observables. Constantes del movimiento. Algebra de conmutadores. Teorema del virial.

9.- Fuerzas centrales e impulso angular

Impulso angular orbital. Relaciones de conmutación entre sus componentes. Conexión con las rotaciones. Energía cinética e impulso angular. Reducción del problema de fuerzas centrales. El problema de autovalores para L^2 y para L_z . Autovalores y autofunciones de L^2 . Polinomios de Legendre. Harmónicos Esféricos. Propiedades.

10.- El átomo de hidrógeno y otros potenciales simples.-

Condiciones de contorno para la ecuación radial. El caso del potencial Coulombiano. Autovalores. Fórmula de Balmer. Autofunciones. Degeneración de los niveles. Polinomios de Laguerre.

11.- Partícula libre y pozo cuadrado en tres dimensiones.

Partícula libre en tres dimensiones. Ondas planas, Ondas esféricas. Funciones de Bessel. Hankel y Numann. Expansión de una onda plana Harmónicos esféricos. El pozo cuadrado. Aplicación al caso del deuterón.

12.- Colisiones

Introducción. Concepto de sección eficaz. Descripción clásica. Parámetro de impacto. Dispersión de un paquete de ondas por una potencial. Forma asintótica de las autofunciones. Amplitud de dispersión. Sección eficaz. Funciones de Green. Ecuación integral de la dispersión. Aproximación de Born. Condiciones de validez. Análisis por ondas parciales Desfasajes. Resonancia. Comportamiento del desfasaje cerca de una resonancia. Ancho de la resonancia y vida media del estado metaestable. Dispersión y causalidad. El teorema de Wigner. Relación entre desfasajes y estados ligados. Teorema de Levinson. Comportamiento de los desfasajes en los límites de baja y alta energía. (1)

13.- El spin

El impulso angular intrínseco. Experimento de Stern y Gerlach. Momento magnético intrínseco del electrón. Hipótesis de Uhlenbeck y Goudsmit. Experimentos de polarización. El spin como una variable dinámica. Forma matricial de la teoría

del spin. Espinores. Rotaciones. Operadores vectoriales. Los operadores de spin. Determinación explícita de las matrices de Pauli. Spin y reflexiones. La ecuación de movimiento de un electrón con spin. Acoplamiento spin-órbita. El impulso angular intrínseco.

Probabilidades y mediciones. Compatibilidad de observables. Matriz densidad y sus propiedades. Vector de polarización. Ecuación de movimiento para el vector de polarización. Precisión de un campo magnético. Polarización y dispersión. Matriz de dispersión.

14.- Espacios vectoriales lineales en Mecánica Cuántica

Espacios vectoriales abstractos. Vectores y operadores. Independencia lineal. Bases. Producto escalar. Ortogonalidad. Norma. Operadores lineales. Operadores de proyección. Representaciones. Matrices. Operadores Hermitianos. Inversa de un operador. Operadores unitarios. Cambios de base. Transformaciones unitarias. Espacio dual. Notación de Dirac. El problema de autovalores para los operadores. Existencia. Propiedad extremal. La ecuación secular. Completitud. Sistemas completos de operadores que conmutan. Representación espectral de un operador. El espectro continuo y problemas relacionados. Formulación de la Mecánica Cuántica en el espacio vectorial abstracto. Vectores de Estado. Observables. Sistema completo de observables. Aplicación a la Mecánica ondulatoria en una dimensión. Obtención de la representación Coordenadas. Interpretación de la función de onda. Representación de los operadores. + Representación impulso. Obtención de la ecuación Schrödinger. Representación energía.

15.- Mecánica Cuántica

La ecuación de movimiento. El operador de evolución. El Hamiltoniano. Evolución de los valores medios de los observables. Constantes del movimiento. Los postulados de cuantificación. Principio de correspondencia. Paréntesis de Poisson y conmutadores. Obtención de la mecánica ondulatoria. Transformaciones canónicas. Transformaciones Unitarias. Cuantificación canónica. Constantes de movimiento y propiedades de invariancia. Conservación del impulso. La descripción de Heisenbert y su relación con la de Schrödinger. Ecuaciones de Hamilton en la Mecánica Cuántica. Aplicación al oscilador armónico. Operadores de subida y de bajada. Integración de las ecuaciones del movimiento en la descripción de Heisenberg. Matrices de los operadores de subida y bajada.

La relatividad euclídea y sus implicaciones. Transformaciones unitarias y antiunitarias. Rotaciones e impulso angular. Reglas de conmutación, autovalores y autovectores. Elementos de matriz. Restricción sobre los posibles valores que puede tener el impulso angular de un sistema. Conservación del impulso angular. Simetría por reflexiones. Principio de Euclideo extendido de relatividad. Interacciones débiles y paridad. Reflexiones espaciales y conjugación de carga.

(+) en la descripción

Concepto de paridad. Conservación de la paridad.

16.- Teoría de Perturbaciones para estados ligados
Método de Rayleigh-Schrödinger. Ecuaciones lineales inhomogéneas. Solución de las ecuaciones del cálculo de perturbaciones. Correcciones de 1º y 2º orden a la energía. Aplicaciones: Teoría de perturbaciones para niveles degenerados. Ecuación secular.

Métodos variacionales. Generalización del teorema variacional. Teorema de Feynman.(2)

17.- Aplicaciones a estados ligados de sistemas de un y dos partículas.

Interacción spin órbita. Autofunciones del impulso angular total. Estructura fina. Efecto Zeeman. Sistemas de dos partículas distinguibles. Reducción del problema de dos partículas. Movimiento relativo. Movimiento del centro de la masa. Aplicaciones. Adición de impulsos angulares. Coeficientes de Clebsch-Gordan. Reglas de recurrencia. Reglas de selección. (3)

18.- Partículas idénticas

La indistinguibilidad de las partículas idénticas. El espacio de los estados para un sistema de partículas idénticas. Permutaciones. El grupo simétrico. Representaciones simétrica y antisimétrica. Relación con el spin. Principio de exclusión. Sistema de dos electrones. Integrales de intercambio. El átomo de Helio. Estados triplete y singlete. Degeneración de intercambio. Estado fundamental. Estados excitados. Orthohelio y parahelio. La repulsión Coulombiana.

El principio de exclusión y la estadística. Aproximación de partícula independiente. (4)

19.- Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo.

La ecuación del movimiento. El método de variación de las constantes. El método perturbativo. La aproximación de primer orden. El átomo en el campo de radiación. La amplitud de transición. Absorción. Sección eficaz de absorción. La aproximación dipolar. Absorción por un oscilador lineal. El perfil de línea. Factores que afectan el ancho de línea. El efecto fotoeléctrico(5)(La descripción de interacciones. Ecuación de evolución. El operador de evolución. Ecuación integral para el operador de evolución en la representación de interacciones. Solución iterativa y serie perturbativa. Producto ordenado temporalmente.

20.- Perturbaciones constantes y probabilidades de transición por unidad de tiempo.

(+) Efecto Stark lineal

Perturbaciones constantes. Integración de las ecuaciones aproximadas. Transiciones a un continuo de estados finales. La regla de oro. Decaimiento exponencial. La emisión de radiación. El principio de balance detallado. Emisión espontánea, emisión estimulada y absorción. Transiciones dipolares. Tema sobre los estados de polarización de la radiación. Reglas de selección por transiciones dipolares en átomos hidrogenoides. Intensidad de la radiación.

---0---

NOTA:

- (1) Expansión de la función de Green en armónicos esféricos. Ecuación integral para la función radial y para los desfases. Estudio de la dispersión en casos sencillos: esfera rígida y cáscara esférica.-
- (2) Aplicaciones: Molécula de hidrógeno ionizado y molécula de hidrógeno. Enlace iónico y covalente.-
- (3) Momento magnético de un nucleón en una capa j . Estructura hiperfina en átomos, con un electrón.-
- (4) Aplicaciones a la espectroscopía atómica y nuclear: esquemas de acoplamiento L-S y j-j. Configuraciones y términos espectrales. Notación espectroscópica. Efecto de las capas llenas. Estudio del caso de dos partículas fuera de capas llenas.-
- (5) Conversión interna; transiciones 0-0.-