

1961  
F-9 29

TEORIA CUANTICA DE CAMPOS

2° Cuatrimestre 1961

Profesor Dr. Carlos Bollini

I) Procedimientos canónicos clásicos.

Coordenadas de un campo. Lagrangiano. Principio variacional. Ecuaciones de movimiento. Ecuaciones canónicas. Tensores canónicos y leyes de conservación. Tensor de Energía-Impulso. Cuadrivector de Energía-Impulso. Tensor de impulso angular. Relación con la simetría del tensor de Energía-Impulso. Tensor del impulso angular de spin. Vector de impulso orbital y de spin.

Campos complejos. Invariancia de medida. Cuadrivector densidad de corriente. Conservación de la carga.

Paréntesis de Poisson. Paréntesis en los que intervienen variables canónicas. Relaciones con las ecuaciones canónicas.

II) Cuantificación de campos libres.

Procedimiento de cuantificación. Representación de Schrödinger. Representación de Heisenberg. Relaciones de conmutación. Evolución temporal de los operadores del campo. Transformación unitaria que liga ambas representaciones. Ecuación de Schrödinger para el vector de estado. La función de evolución. Relaciones de conmutación de los operadores de Heisenberg. Función de evolución de la ecuación de Klein-Gordon. Función invariante de Pauli-Jordán. Propiedades e implicaciones físicas de las mismas.

Cuantificación del campo escalar o pseudoescalar real.

Relaciones de conmutación. Hamiltoniano total. Diagonalización del mismo. Autovalores. Operador del número de partículas. Operadores de creación y de destrucción. Autofunciones y autovalores del operador del número de partículas. Autofunción del vacío. Operador de impulso total del campo. Autovalores y autofunciones. La partícula sin spin como cuanto del campo escalar. Estadística de Bose-Einstein.

Cuantificación del campo escalar o pseudoescalar complejo.

Lagrangiano e impulsos canónicos. Hamiltoniano y operador de impulso. Autovalores y autofunciones. Operadores de creación, destrucción y número de partículas. Cuadrivector densidad de corriente. Carga total. Autovalores y autofunciones. Operadores de partículas de cargas positivas y negativas. Operador de campo en función de los operadores de creación y destrucción. Conjugación de carga. Las partículas cargadas como cuantos del campo complejo.

Cuantificación del campo vectorial.

Lagrangiano. Ecuación de Proca. Condición de Lorentz. Impulsos canónicos. Eliminación de las cuartas componentes. Impulso total. Diagonalización. Operador de spin. Autovalores. La partícula de spin uno como cuanto del campo vectorial.

Quantificación del campo electromagnético.

Lagrangiano que da las ecuaciones de Maxwell. Dificultades del procedimiento canónico. Lagrangiano de Fermi. Ecuaciones de movimiento e impulsos canónicos. Relaciones de conmutación. Condición de Lorentz. Incompatibilidad con las relaciones de conmutación. Condiciones subsidiarias sobre el vector de estado. Fotones longitudinales y escalares. Dificultades con el vector de estado que satisface la condición subsidiaria. Métrica indefinida. Procedimiento de Gupta para la cuantificación del campo electromagnético. Vectores de estado que satisfacen la condición de Gupta. Norma de los mismo. Relación de los posibles vectores de estado con las transformaciones de medida. Cumplimiento de las ecuaciones de Maxwell.

Quantificación del campo spinorial.

Forma covariante de la ecuación de Dirac. Spinor adjunto. Lagrangiano e impulso canónico. Hamiltoniano. Desarrollo del operador de campo en función de las soluciones en ondas planas de la ecuación de Dirac. Energía e impulso total. Imposibilidad de imponer las reglas de cuantificación usuales por el principio de exclusión de Pauli. Operador del número de partículas. Operadores de creación y destrucción. Anticonmutación de los mismos. Antipartículas. Energía e impulso. Cuadri-vector de corriente. Autovalores de la carga total. Negatones y positones. Autovalores del spin. El spinor de campo en función de los operadores de creación y destrucción. Función de evolución de la ecuación de Dirac. Relaciones de anticonmutación dependientes del tiempo. Negatones y positones como cuantos del campo de Dirac. Estadística de Fermi-Dirac.

III) Quantificación de campos en interacción.

Introducción de la interacción. Lagrangiano de la interacción y ecuaciones de movimiento. Tensor de energía-impulso. Conservación. Intercambio de energía entre los campos. Tipo de interacción. Acoplamiento directo y derivado. Acoplamiento escalar, pseudoescalar, vectorial, etc. Constante de acoplamiento.

Quantificación. Relaciones de conmutación y ecuaciones de movimiento en la representación de Schrödinger y en la de Heisenberg.

Representación de Interacción. Transformación unitaria que la relaciona con la de Schrödinger. Ecuaciones de movimiento. Relaciones de conmutación.

Método de solución. Operador de evolución. Ecuación que satisface. Solución perturbativa. Ordenador cronológico de Dyson. Pasaje del ordenamiento cronológico al normal. Funciones de propagación. Propagador del electrón y el fotón. Transformadas de Fourier de los mismo. Diagramas de Feynmann. Correspondencia con los términos del ordenamiento normal. Espacio de los impulsos. Líneas externas e internas.

Divergencias. Grado de divergencia de las integrales asociadas a los diagramas. Fluctuaciones de vacío. Diagramas de energía propia del electrón. Renormalización de masa. Parte finita. Propagador modificado. Diagramas de energía propia del fotón. Tensor de polarización del vacío. Condición de invariancia de medida. Renormalización de carga. Parte finita.

3.

Propagador modificado del fotón. Diagramas de vértice. Renormalización. Parte finita de vértice. Funciones de propagación, y vértice, verdaderas. Constantes de renormalización. Matriz S. Probabilidad por unidad de Tiempo. Sección eficaz de un proceso. Conservación de energía e impulso entre estados inicial y final.

Efecto Compton. Cálculos en segundo orden. Correcciones radiativas de cuarto orden. Dispersión de Möller. Dispersión de Bhabha. Producción de pares. Radiación de frenamiento. Momento magnético anómalo y corrimiento de Lamb. Comparación de resultados experimentales con los teóricos.

Bibliografía: G. Wentzel: Quantum Theory of Fields.

W. Heitler: Quantum Theory of Radiation.

J. M. Jauch, - F. Rohrlich: The Theory of Photons & Electrons.

Schweber-Bethe- de Hoffmann: Fields & Mesons.