

TEORIA CUANTICA DE CAMPOS

1. Simetrías en Mecánica Cuántica

Invariancia por traslaciones

Invariancia por rotaciones. Spin

Forma covariante de las ecuaciones dinámicas

2. Relatividad Especial y Grupo de Lorentz

El grupo de Lorentz:  $L_{\pm}^{\uparrow\downarrow}$

Covariancia Lorentz de las ecuaciones dinámicas

Representaciones espinoriales del grupo de Lorentz

3. La ecuación de Klein - Gordon I

Covariancia

Soluciones de energía positiva y energía negativa

Densidad de probabilidad

Paradoja de Klein

4. La ecuación de Klein-Gordon II

Partícula de Klein - Gordon en campo electromagnético externo

Densidad de carga

Atomo  $\pi$ -mésico

5. La ecuación de Dirac I

Covariancia

Matrices de Dirac

Representaciones de Dirac y de Majorana

Covariantes bilineales

6. La ecuación de Dirac II

Soluciones de energía positiva y soluciones de energía negativa

Propiedades de los espinores de Dirac

Polarización

7. La ecuación de Dirac III

Densidad de probabilidad

Paquetes de ondas

Zitterbewegung

Límite no relativista: ecuación de Pauli

8. Mecánica Cuántica y el principio cuántico de acción I

Imagen de Schrödinger e imagen de Heisenberg

La función de transformación o función de Green

La fórmula de Feynman de Integrales de caminos

9. Mecánica Cuántica y el Principio de Acción Cuántica II

Principio de acción de Schwinger

Función de transformación para un oscilador armónico

10. Teoría de N cuerpos como una teoría de campos (I)

Teoría clásica de campos

Ecuaciones de Euler Lagrange para sistemas continuos

La ecuación de Schrödinger como una ecuación de campos clásica

11. Teoría de N cuerpos como una teoría de campos II

Sistema cuántico de  $\infty$  grados de libertad: el campo de Schrödinger cuántico

Relaciones de conmutación

Operadores de creación y aniquilación

Ecuación de Schrödinger para N cuerpos

Bose-Einstein vs. Fermi-Dirac

12. Teoría de Scattering y el formalismo LSZ (I)

Scattering no relativista por un potencial

Estados asintóticos in y out

La condición asintótica

Fórmula de reducción de LEHMANN -SYMANZIK-ZIMMERMAN

13. Teoría de Scattering y el formalismo LSZ (II)

Equivalencia de LSZ y Lippman-Schwinger

Teoría de perturbaciones en Scattering potencial

14. Campos cuánticos relativistas. Propiedades generales

Invariancia de Poincaré

Teorema de Noether

Tensor-energía impulso y Tensor momento angular

Covariancia de los campos cuánticos bajo transformaciones de Poincaré

15. El campo de Klein-Gordon libre (I)

Lagrangiano de Klein-Gordon y ecuación de movimiento

Relaciones de conmutación a tiempo iguales (2<sup>a</sup> cuantificación)

Operadores de creación y aniquilación

Energía del vacío y ordenación normal

16. El campo de Klein-Gordon libre (II)

Funciones de Wightman

El propagador de Feynman

El campo de Klein-Gordon cargado

Conservación de carga

Operador corriente de carga

17. El campo de Dirac libre (I)

Lagrangiana y Hamiltoniano en forma canónica

Segunda cuantificación

Operadores de creación y aniquilación

Ordenación normal

Operador carga

18. El campo de Dirac libre (II)

Conjugación de carga

Las funciones de Wightman

El propagador de Feynman

19. Teoría de campos en interacción y estados asintóticos

Ejemplo de dos campos escalares en interacción

Función de Wightman y representación de Lehmann-Källén

Condición asintótica

## Ejemplos sencillos de procesos de dispersión relativista

### 20. Scattering para un potencial de Coulomb

Fórmula de Mott

Límites no relativista y ultrarelativista

### 21. Dispersión electrón-protón (I)

Cálculo de la matriz de transición

Sección eficaz en función de las variables de Mandelstam

Forma más general del factor de forma electromagnético del protón

### 22. Dispersión electrón-protón

Tensor hadrónico: Factores de forma de Sachs

Fórmula de Rosenbluth

### 23. Métodos funcionales

Funcional del vacío  $Z(J)$

$Z(J)$  como función generatriz de las funciones de Green de la teoría

Teorema de Wick

Representación en integral de camino

Postulado Euclídeo

$Z(J)$  en  $g\phi^4$

### 24. El campo electromagnético cuantizado

Lagrangiana

Ecuaciones de Maxwell

Invariancia Gauge

Gauge de Coulomb y cuantificación

Covariancia Lorentz (módulo una transformación de Gauge) del potencial vector

Polarización

25. El campo electromagnético cuantizado (II)

Funcional del vacío para el campo electromagnético

Covariancia de  $Z(J)$

Invariancia Gauge del funcional  $Z(J)$

26. Electrodinámica cuántica. Consideraciones generales

Lagrangiano de interacción.

Relaciones de cuantificación

Hamiltoniano de interacción

Campos in y out

Condiciones asintóticas

Fórmula de reducción LSZ: dispersión fotón-electrón

27. Electrodinámica cuántica: Teoría de perturbaciones (I)

Funcional del vacío del campo de Dirac libre

Funcional del vacío de la electrodinámica cuántica

Ecuación de Gell-Mann-Low

Estructura de  $Z(J, \eta, \bar{\eta})$  en teoría de perturbaciones

28. Electrodinámica cuántica: Teoría de perturbaciones (II)

Función de Green para dispersión Compton hasta  $O(e^2)$

Diagramas de Feynman y reglas de Feynman

Diagramas completamente desconexos

29. Procesos al orden más bajo en QED(I)

Dispersión Compton

Amplitud de dispersión y secciones eficaces

30. Procesos al orden más bajo en QED(II)

Dispersión electrón-electrón

Amplitudes de dispersión y secciones eficaces

31. El propagador del electrón (I)

Corrección de 2<sup>o</sup> orden al propagador  
Autoenergía del electrón  
Divergencias ultravioletas  
Regularización dimensional

32. El propagador del electrón (II)

Representación de Lehmann-Källén del propagador completo  
El propagador renormalizado

33. El propagador del fotón

Tensor de polarización del vacío  
Regularización de  $\Pi^{(2)}$   
Sustracción en  $k^2 = 0$   
Definición de  $Z_3$

34. La función vértice

La función vértice en orden  $\alpha$   
Identidad de Ward  
Método de regularización dimensional y parte finita de  $\Gamma$

35. Momento magnético anómalo del electrón

36. El problema infrarrojo

Dispersión de Coulomb al orden  $O(\alpha)$   
Límite no relativista  
Bremsstrahlung de fotones blandos  
Catástrofe infrarroja

37. Renormalización de QED (I)

Diagramas propios e impropios  
Ecuación de Schwinger-Dyson para la autoenergía del electrón  
y la polarización del vacío  
El Kernel electrón-positrón

### 38. Renormalización de QED (II)

Desarrollo en diagramas esqueleto

Propagadores, vértices y carga renormalizados

Amplitudes físicas: Funciones de Green truncadas

Grado nominal de divergencia

### 39. Renormalización de QED (III)

Teorema de Weinberg

Ecuación integral para el vértice renormalizado

Condición de normalización

$\int_r^{\text{ren}}$  finito a todos los órdenes de teoría de perturbaciones

Identidad de Ward-Takahashi

### 40. Renormalización de QED (IV)

Divergencias solapantes

Funciones auxiliares  $m$  y  $T$

El propagador  $D_F$

Los kernels  $K_{\gamma e}$ ,  $K_{ee}$ ,  $K_{\gamma\gamma}$  y  $K_{e\gamma}$

Ecuaciones integrales para  $m$  y  $T$

### 41. Invariancia Gauge de QED

Invariancia Gauge de las amplitudes de dispersión

### 42. Simetrías en teoría de campos (I)

Grupos continuos de simetría

Simetría SU(2)

Realización à la Wigner - Weyl de una simetría

### 43. Simetrías en teoría de campos (II)

Realización à la Nambu-Goldstone de una simetría

Bosones de Goldstone

Invariancia bajo simetrías locales

Electrodinámica

44. Simetrías en teoría de campos (III)

Teorías de Gauge no abelianas

Derivada covariante

Mecanismo de Higgs

45. Teoría de campos de Yang-Mills: Cuantificación (I)

Ecuaciones del movimiento

Variables canónicas conjugadas

Hamiltoniano del campo de Yang-Mills

46. Teoría de campos de Yang-Mills: Cuantificación (II)

El funcional  $Z(J)$  para el campo de Yang-Mills

47. Teoría de campos de Yang-Mills. Cuantificación (III)

Fantasmas de Fadeev-Popov

Reglas de Feynman para el campo de Yang-Mills

48. Modelos Gauge de las interacciones débiles: Leptones (I)

Leptones

Neutrinos

Lagrangiano fenomenológico

Universalidad  $\mu$ - $e$

Desintegración  $\mu$

Bosones intermedios

Isospin débil

49. Modelos Gauge de las interacciones débiles: Leptones (II)

Modelo de Weinberg-Salam:  $SU(2) \times U(1)$

Generación de masas por el mecanismo de Higgs

50. Modelos Gauge de las interacciones débiles :Leptones (III)

Fenomenología de modelos de Weinberg-Salam

Corrientes neutras

---



Professor: J.A. BRIFOLS

curs : 85/86

Vist i plau,

Signat:

*J. A. Brifols*

Cap de Departament

Data:

*J. A. Brifols* 4-2-86