

Introducción a la Teoría Cuántica de Campos

Código: 42863
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
4313861 Física de Altas Energías, Astrofísica y Cosmología/High Energy Physics, Astrophysics and Cosmology	OT	0	1

Contacto

Nombre: Antonio Miguel Pineda Ruiz

Correo electrónico: antoniomiguel.pineda@uab.cat

Equipo docente

Antonio Miguel Pineda Ruiz

Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: inglés (eng)

Prerequisitos

Se recomienda haber atendido con aprovechamiento la asignatura de Introducción a la Física del Cosmos, y estar familiarizado con teoría clásica de campos y relatividad especial.

Objetivos y contextualización

El objetivo principal de este curso es aprender los conceptos básicos y las técnicas necesarias para poder entender la teoría cuántica de campos. Se pondrá especial énfasis en la física de las partículas elementales, y, en particular, en la electrodinámica cuántica.

Competencias

- Aplicar los principios fundamentales a áreas particulares como la física de partículas, la astrofísica de estrellas, planetas y galaxias, la cosmología o la física más allá del Modelo Estándar.
- Formular y abordar problemas físicos, tanto si son abiertos como si están mejor definidos, identificando los principios más relevantes y usando aproximaciones, si procede, para llegar a una solución que se ha de presentar explicitando las suposiciones y las aproximaciones.
- Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
- Razonar críticamente, tener capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico y elaborar argumentos lógicos.
- Usar las matemáticas para describir el mundo físico, seleccionar las ecuaciones apropiadas, construir modelos adecuados, interpretar resultados matemáticos y comparar críticamente con experimentación y observación.

Resultados de aprendizaje

1. Analizar el concepto de renormalización y aplicarlo a procesos electromagnéticos.
2. Aplicar el llenguatge dels diagrames de Feynman a la teoria quàntica de camps.
3. Aplicar la teoría cuántica de campos a procesos electromagnéticos.

4. Calcular secciones eficaces de procesos electromagnéticos.
5. Comprender las bases de la teoría cuántica de campos.

Contenido

1. Introducción

- (a) Espacio de fock. Estados asintóticos
- (b) Grupo Poincare y grupo Lorentz
- (c) Álgebra de Lie asociada
- (d) Representación irreducible de una partícula. Método de Wigner. Grupo pequeño. quiralidad, helicidad. Caso masivo y sin masa
- (e) Unidades naturales

2. Interacción

- (a) Sección eficaz y matriz S
- (b) Desintegraciones y matriz S
- (c) Imagen de interacción y matriz S
- (d) Motivación para campos causales (libres)
- (e) Simetría de Poincaré y matriz S
- (f) Teorema de Wick

3. Campos para partículas con espín

- (a) SL (2, C) y representaciones irreducibles no unitarias del grupo Lorentz
- (b) Campo de Dirac: construcción. Propagador, simetrías, spin: helicidad y quiralidad. Teorema de espín-estadística
- (c) Campo para una partícula masiva de espín 1: campo de Proca
- (d) Campo para una partícula de espín 1 sin masa: campo electromagnético

4. Electrodinámica cuántica (QED)

- (a) Cuantización de QED
- (b) Matriz S a O (e^2).
 - Procesos elementales de QED a nivel de árbol: dispersión de Compton, $e + e^- \rightarrow e + e^-$, $e + e^- \rightarrow \mu + \mu^-$, ...
 - Diagramas de Feynman y técnicas computacionales: trazas, espín, ...
- (c) Reglas generalizadas de Feynman
- (d) Acerca de la invariancia de gauge. Ejemplos de identidad de Ward
- (e) Límite no relativista de QED

(f) Bremsstrahlung suave (*)

5. Más allá del nivel del árbol. Introducción

(a) Infinitos y regularización dimensional

(b) Polarización al vacío

(c) Renormalización de la carga eléctrica

(d) Teorema óptico.

(e) Relaciones de dispersión

(f) Estados ligados en la teoría del campo cuántico: átomos hidrógenoides (*)

(g) Renormalización de QED (*)

6. Más allá de la teoría de perturbaciones (*)

(a) Formalismo LSZ y simetría de cruce (ejemplos)

Metodología

Habrá clases magistrales donde se explicará la teoría con detalle.

Habrá clases magistrales donde se discutirá una selección de la lista de ejercicios.

El estudiante debe estudiar por su cuenta la teoría explicada en clase para profundizar y asentar los contenidos. Además el estudiante debe realizar en casa la lista de ejercicios con anterioridad a las clases de problemas.

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Teoría i problemas	45	1,8	1, 2, 3, 4, 5
Tipo: Autónomas			
Estudio, ejercicios	84	3,36	1, 2, 3, 4, 5

Evaluación

Examen: 50%

Entrega de ejercicios: 40%

Participación en clase y presentación oral de algunos ejercicios: 10%

Examen de recuperación: 50%. Condición necesaria: tener una nota igual o superior a 3.5 en la nota final anterior.

Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Entrega de ejercicios	30%	15	0,6	1, 2, 3, 4, 5
Examen	50%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5
Participación en clase y presentaciones orales	20%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5

Bibliografía

- A. Cornellà and J.I. Latorre, Teoria clàssica de camps
- D. Lurie, Particles and Fields
- S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields
- L.H. Ryder, Quantum Field Theory
- F.J. Yndurain, Elements of grup theory. <https://arxiv.org/pdf/0710.0468>
- C. Itzykson and J. Zuber, Quantum Field Theory
- B. Hatfield, Quantum Field Theory of Point Particles and Strings
- S. Pokorsky, Gauge Field Theories
- M. Peskin and D. Schroeder, An introduction to Quantum Field Theory
- J.F. Donoghue, E. Golowich, B.R. Holstein, Dynamics of the Standard Model

Software

Programas de cálculo general como Mathematica