

**Mecánica Cuántica Avanzada**

Código: 100178  
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2500097 Física	OT	4	2

## Contacto

Nombre: Antonio Miguel Pineda Ruiz

Correo electrónico: antoniomiguel.pineda@uab.cat

## Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: inglés (eng)

Algún grupo íntegramente en inglés: Sí

Algún grupo íntegramente en catalán: No

Algún grupo íntegramente en español: No

## Prerequisitos

Se recomienda haber atendido con aprovechamiento las asignaturas de Mecánica Cuántica y Mecánica Teórica.

## Objetivos y contextualización

Introducir los conceptos más básicos (conceptuales y matemáticos) de la teoría cuántica de campos. Se pone especial énfasis en la conexión con la mecánica cuántica no relativista, así como con la teoría clásica de campos. Además, el estudiante deberá adquirir la capacidad de aplicar con agilidad las herramientas de cálculo a diferentes tipos de problemas.

## Competencias

- Actuar en el ámbito de conocimiento propio valorando el impacto social, económico y medioambiental.
- Aplicar los principios fundamentales al estudio cualitativo y cuantitativo de las diferentes áreas particulares de la física.
- Comunicar eficazmente información compleja de forma clara y concisa, ya sea oralmente, por escrito o mediante TIC, y en presencia de público, tanto a audiencias especializadas como generales.
- Conocer las bases de algunos temas avanzados, incluyendo desarrollos actuales en la frontera de la Física, sobre los que poder formarse posteriormente con mayor profundidad.
- Formular y abordar problemas físicos identificando los principios más relevantes y usando aproximaciones, si fuera necesario, para llegar a una solución que debe ser presentada explicitando hipótesis y aproximaciones.
- Introducir cambios en los métodos y los procesos del ámbito de conocimiento para dar respuestas innovadoras a las necesidades y demandas de la sociedad.
- Planear y realizar, usando los métodos apropiados, un estudio o investigación teórico e interpretar y presentar los resultados.
- Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
- Realizar trabajos académicos de forma independiente usando bibliografía, especialmente en inglés, bases de datos y colaborando con otros profesionales.
- Trabajar autónomamente, usar la propia iniciativa, ser capaz de organizarse para alcanzar unos resultados, planear y ejecutar un proyecto.

- Trabajar en grupo, asumiendo responsabilidades compartidas e interaccionando profesional y constructivamente con otros con absoluto respeto a sus derechos.
- Usar las matemáticas para describir el mundo físico, seleccionando las herramientas apropiadas, construyendo modelos adecuados, interpretando resultados y comparando críticamente con la experimentación y la observación.

## Resultados de aprendizaje

1. Analizar las consecuencias de la ecuación de Dirac en el límite no relativista.
2. Analizar los límites de alta y baja energía de procesos electromagnéticos sencillos.
3. Aplicar la invariancia gauge para la determinación del lagrangiano de la electrodinámica cuántica.
4. Calcular secciones eficaces de procesos electromagnéticos sencillos.
5. Comunicar eficazmente información compleja de forma clara y concisa, ya sea oralmente, por escrito o mediante TIC, y en presencia de público, tanto a audiencias especializadas como generales.
6. Establecer las bases para la formulación completa de la teoría cuántica de campos y sus aplicaciones.
7. Establecer las consecuencias fenomenológicas de las ecuaciones de onda relativistas.
8. Estructurar y desarrollar, a partir de un estado inicial y final concretos, la estrategia y el cálculo de la sección eficaz de un proceso electromagnético.
9. Estudiar colisiones con partículas idénticas.
10. Explicar el codi deontològic, explícit o implícit, de l'àmbit de coneixement propi.
11. Identificar situaciones que necesitan un cambio o mejora.
12. Obtener amplitudes de transición de procesos electromagnéticos utilizando las reglas de Feynman.
13. Obtener las representaciones irreducibles del grupo de Poincare y aplicarlas a los estados de una partícula.
14. Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
15. Realizar trabajos académicos de forma independiente usando bibliografía, especialmente en inglés, bases de datos y colaborando con otros profesionales.
16. Trabajar autónomamente, usar la propia iniciativa, ser capaz de organizarse para alcanzar unos resultados, planear y ejecutar un proyecto.
17. Trabajar en grupo, asumiendo responsabilidades compartidas e interaccionando profesional y constructivamente con otros con absoluto respeto a sus derechos.
18. Utilizar correctamente la integración de espacio-fase.
19. Utilizar el teorema de Noether en teorías cuánticas de campos

## Contenido

1. Motivación general.
2. Introducción (campos clásicos)
  - (a) Motivación para campos: problemas de muchos cuerpos. un ejer
  - (b) Elementos de la teoría de campos clásica:
    - Cálculo funcional (recordatorio)
    - El formalismo lagrangiano y hamiltoniano. Ecuaciones de Euler-Lagrange
    - Teorema de Noether (más adelante (5.d))
  - (c) Unidades naturales
3. Teoría cuántica no relativista del campo. campos libres
  - (a) Bosones. Espacio Fock. Operador número (interpretación de partícula)
  - (b) Fermiones. Espacio Fock. Operador número (interpretación de partícula)
4. Grupo de Poincare
  - (a) Grupo de Poincaré y grupo de Lorentz.
  - (b) Álgebra de Lie asociada.
  - (b) Representación irreducible de una partícula. Método de Wigner. Límites no relativista y relativista.
  - (d) Simetrías discretas: C, P, T

5. Interacción (caso escalar).
- (a) Campo real de Klein-Gordon. Propagador y causalidad.
  - (b) Simetrías continuas. Teorema de Noether: cargas y corrientes aso

(c) Sección eficaz y matriz S

(d) Imagen de interacción y matriz S

(e) Motivación para campos casuales (libres)

(f) Campo complejo de Klein-Gordon. Simetría de carga. Antipartícula

(g) Teorema de Wick

(h) Cálculos a nivel árbol para la teoría  $\lambda\phi^4$  y  $\lambda\phi^3$

(i) Reglas de Feynman generalizadas

6. Electrodinámica cuántica (QED) escalar/no-relativística.

(a) Campo de una partícula de espín 1 sin masa: campo electromagnético

(b) Cuantización de QED escalar

(c) Cuantización de QED no relativista

(d) Procesos elementales de QED escalar a  $O(e^2)$  (diagramas de

Feynman a nivel de árbol). Por ejemplo:  $\pi + K^- \rightarrow \pi + K^-$ ,

$\pi + \pi^+ \rightarrow \pi + \pi^+$ ,  $\pi + \pi^- \rightarrow \pi + \pi^-$ ,  $K + K^- \rightarrow \pi + \pi^-$ , y la dispersión

escalar de Compton  $\pi - \gamma \rightarrow \pi - \gamma$ .

(e) Acerca de la invariancia de Gauge. Identidades de Ward.

(f) Mecánica cuántica no relativista a partir de la teoría cuántica de campos

(h) Interacción con un campo clásico

(g) Desintegraciones. Transiciones radiativas del hidrógeno

## Metodología

Habrán clases magistrales donde se explicará la teoría con detalle.

Habrán 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			
clases de problemas	16	0,64	2, 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 16, 18
clases de teoría	33	1,32	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 16, 17, 18
Tipo: Autónomas			
Discusiones, trabajo en grupo	22	0,88	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 12, 14, 16, 17, 18
Estudio de los fundamentos teóricos	42	1,68	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 12, 14, 16, 17, 18
Resolución de problemas en grupo o de forma autónoma	30	1,2	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 12, 14, 16, 17, 18

## Evaluación

Examen 1º parcial: 45% de la nota.

Examen 2º parcial: 50% de la nota.

Entrega selectiva de problemas: 5% de la nota.

Para poder participar en el examen de recuperación necesario haber sido evaluado previamente los dos parciales.

Examen de recuperación de los dos parciales: 95% de la nota. No hay nota mínima para poder optar a la recuperación.

## Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Entregas	5%	1	0,04	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 18
Examen 1	45%	2	0,08	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 19, 11, 12, 13, 14, 16, 18
Examen 2	50%	2	0,08	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 19, 12, 13, 14, 16, 18
Examen de recuperación	95%	2	0,08	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 16, 18

## 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
- S. Pokorsky, Gauge Field Theories
- B. Hatfield, Quantum Field Theory of Point Particles and Strings

- 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