



Asignatura: Teoría Cuántica de Campos Avanzada  
Código: 32558  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física Teórica  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 6

## ASIGNATURA / COURSE TITLE

Teoría Cuántica de Campos Avanzada / [Advanced Quantum Field Theory](#)

### 1. Código / Course number

32558

### 2. Materia / Content area

Física Teórica / [Theoretical Physics](#)

### 3. Tipo / Course type

Formación optativa / [Optional subject](#)

Se trata de un curso optativo orientado a la especialidad de “Partículas Elementales y Cosmología” / [It is an elective course specifically designed for the branch on “Elementary Particles and Cosmology”](#)

### 4. Nivel / Course level

Máster / [Master \(second cycle\)](#)

### 5. Curso / Year

1º / 1<sup>st</sup>

### 6. Trimestre / Trimester

2º trimestre / [2<sup>nd</sup> Trimester](#)

### 7. Idioma / Language

Español. Se emplea también Inglés en material docente / [In addition to Spanish, English is also extensively used in teaching material](#)



Asignatura: Teoría Cuántica de Campos Avanzada  
Código: 32558  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física Teórica  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 6

## 8. Número de créditos / Credit allotment

6 créditos ECTS / 6 ECTS credits

## 9. Requisitos previos / Prerequisites

Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado la asignatura 'Teoría Cuántica de Campos'.

## 10. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / Minimum attendance requirement

La asistencia es obligatoria / Attendance is mandatory

## 11. Datos del equipo docente / Faculty data

Docente(s) / Lecturer(s): Margarita García Pérez  
Departamento de / Department of: Instituto de Física Teórica  
Facultad / Faculty:  
Despacho / Office: 207  
Teléfono / Phone: 91 299 98 47  
Correo electrónico/Email: margarita.garcia@uam.es  
Página web/Website:  
Horario de atención al alumnado/Office hours:

## 12. Objetivos del curso / Course objectives

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE:

Conocer la formulación de la Teoría Cuántica de Campos como integral de camino. Manejar la renormalización y su aplicación a las teorías gauge.

Estos resultados de aprendizaje contribuyen a la adquisición de las siguientes competencias del curso:

### COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES:

CG3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de



Asignatura: Teoría Cuántica de Campos Avanzada  
Código: 32558  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física Teórica  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 6

datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

CG2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

CG1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

CB6 - 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.

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

#### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:

CE6 - La adquisición de conocimientos avanzados, tanto desde el punto de vista teórico (nuevos conceptos y teorías, desarrollos formales, herramientas matemáticas avanzadas, etc.) como experimental (resultados experimentales que han conducido a nuevas teorías, técnicas experimentales avanzadas, etc.), en la física de partículas, astrofísica y cosmología.

CE7 - La adquisición de conocimientos en la vanguardia de la investigación en las áreas de física de partículas, astrofísica y cosmología: teorías y experimentos actualmente en desarrollo, problemas abiertos de las teorías consolidadas, y nuevas áreas de investigación resultantes de la interconexión de diferentes disciplinas.



Asignatura: Teoría Cuántica de Campos Avanzada  
 Código: 32558  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Física Teórica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 Nº de créditos: 6

CE8 - La capacidad para realizar un análisis crítico de una teoría o experimento reciente o de vanguardia en las áreas de física de partículas, astrofísica y cosmología, basándose en la consistencia lógica del desarrollo formal, la rigurosidad de las técnicas (matemáticas o experimentales) empleadas, y la consistencia con los conocimientos previos. Asimismo, la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas (tanto teóricas como experimentales) para abordar los problemas abiertos de las teorías consolidadas en la física de partículas, astrofísica y cosmología.

CE9 - La capacidad de comunicar los conocimientos avanzados en la física de partículas, astrofísica y cosmología: descripción del fenómeno tanto desde un punto de vista teórico (conceptos, desarrollos formales, técnicas matemáticas) como experimental (resultados obtenidos de las observaciones, técnicas utilizadas) y su comprensión en el contexto de las teorías ya consolidadas.

CE10 - La capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y el uso de las técnicas matemáticas que constituyen la mejor aproximación para así llegar a la solución.

### 13. Contenidos del programa / **Course contents**

La formulación de integral de caminos en Teoría Cuántica de Campos. Deducción de las reglas de Feynman mediante la integral de camino. Renormalización. El grupo de renormalización. Teorías efectivas. Introducción a la simetría gauge abeliana y no-abeliana. El ansatz de Faddeev-Popov y los fantasmas. Electrodinámica cuántica a un lazo. Cálculo de la función beta a un lazo en QED. Reglas de Feynman para teorías gauge no-abelianas. La función beta en QCD, libertad asintótica. La ruptura espontánea de simetrías globales, el teorema de Goldstone. Ruptura espontánea de simetrías gauge, el mecanismo de Higgs.

#### 1. La cuantización de integral de caminos para campos escalares.

- Derivación de la integral de caminos para un número finito de grados de libertad bosónicos.
- Funciones de Green y funcional generatriz.
- Campo escalar libre, el propagador de Feynman.



Asignatura: Teoría Cuántica de Campos Avanzada  
Código: 32558  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física Teórica  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 6

## 2. Teorías de Campos en interacción.

- Deducción de las reglas de Feynman a partir de la integral de camino.
- Funciones de Green conexas.
- La acción efectiva, diagramas 1PI.
- La representación de Khällen-Lehmann del propagador.
- La fórmula de reducción LSZ para las amplitudes de matriz S.

## 3. La integral de camino para los fermiones.

- Variables de Grassmann.
- Integral de caminos y reglas de Feynman.

## 4. Renormalización.

- Divergencias en diagramas de Feynman.
- Contaje de potencias.  
Teorías renormalizables y no-renormalizables.
- Ejemplos básicos en teorías escalares.
- Renormalización en teoría de perturbaciones.
- Regularización dimensional.

## 5. El grupo de renormalización.

- Teorías efectivas. La acción efectiva Wilsoniana.
- Renormalización revisitada.
- Las ecuaciones del grupo de renormalización. Acoplos efectivos.

## 6. Campos gauge.

- Introducción a las teorías gauge abelianas, simetría gauge.
- Teorías gauge no-abelianas, la acción de Yang-Mills.
- La integral de caminos en teorías gauge abelianas. El ansatz de Faddeev-Popov.
- Teorías gauge no-abelianas. Faddeev-Popov y los fantasmas.
- Formalismo hamiltoniano, invariancia gauge y la ley de Gauss.

## 7. Electrodinámica cuántica.

- Las reglas de Feynman en QED.
- Procesos elementales en QED.



Asignatura: Teoría Cuántica de Campos Avanzada  
Código: 32558  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física Teórica  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 6

- QED a un lazo:
  - i. La polarización del vacío.
  - ii. La auto-energía del electrón.
  - iii. La corrección al vértice.
- Las ecuaciones del grupo de renormalización en QED. Cálculo de la función beta.

#### 8. Teorías gauge no-abelianas.

- Las reglas de Feynman.
- Renormalización:
  - i. El método del campo de fondo.
  - ii. La función beta en QCD.
  - iii. Libertad asintótica.

#### 9. Ruptura espontánea de simetría.

- Simetrías globales y el teorema de Goldstone.
- Los piones y la ruptura de la simetría quiral.
- Teorías gauge y el mecanismo de Higgs.

## 14. Referencias de consulta / Course bibliography

A. Zee, Quantum Field Theory in a Nutshell, Princeton University Press.  
M. Srednicki, Quantum Field Theory, Cambridge University Press.  
S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields, Vol. I y II, Cambridge University Press.  
T. Banks, Modern Quantum Field Theory, A Concise Introduction, Cambridge University Press.  
M. Peskin and D. Schroeder. An introduction to Quantum Field Theory, Addison Wesley.  
A. Duncan, The Conceptual Framework of Quantum Field Theory, Oxford University Press.

## 2. Métodos docentes / Teaching methodology

Lecciones magistrales y trabajo tutelado.  
Repaso nuevos conceptos, ampliación bibliográfica.



Asignatura: Teoría Cuántica de Campos Avanzada  
 Código: 32558  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Física Teórica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 Nº de créditos: 6

### 3. Tiempo de trabajo del estudiante / Student workload

		Nº de horas	Porcentaje
Presencial	Clases teóricas	32 h	44.00%
	Clases prácticas	10 h	
	Tutorías programadas a lo largo del semestre	20 h	
	Realización del examen final	4 h (%)	
No presencial	Trabajo personal y otras actividades	84 h (%)	56.00%
<b>Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 6 ECTS</b>		<b>150 h</b>	<b>100.00%</b>

### 4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / Evaluation procedures and weight of components in the final grade

Evaluación continua: Resolución de hojas de ejercicios que se distribuirán periódicamente a lo largo del curso - 70 %

Pruebas orales (en clase, o bien examen oral en caso de asistencia por debajo de un cierto umbral) - 30%

Dichos criterios se aplican tanto a la convocatoria ordinaria como a la extraordinaria.

### 5. Cronograma\* / Course calendar

Semana Week	Contenido Contents	Horas presenciales Contact hours	Horas no presenciales Independent study time



Asignatura: Teoría Cuántica de Campos Avanzada

Código: 32558

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Máster en Física Teórica

Nivel: Máster

Tipo: Optativa

Nº de créditos: 6

Semana Week	Contenido Contents	Horas presenciales Contact hours	Horas no presenciales Independent study time
1	Introducción + Tema 1	3h. Cada hora corresponde aproximadamente a uno de los puntos del tema, desarrollados en la sección de contenidos	Repaso TCC I
2 + 3	Tema 2	7h. "	Repaso nuevos conceptos, ampliación bibliográfica. Bloque de problemas 1 Reglas de Feynman
4	Tema 3	2h. "	Repaso nuevos conceptos, ampliación bibliográfica. Bloque de problemas 1 Reglas de Feynman
5 + 6	Tema 4	6h. "	Repaso nuevos conceptos, ampliación bibliográfica. Bloque de problemas II Renormalización
7	Tema 5	3h. "	Repaso nuevos conceptos, ampliación bibliográfica. Bloque de problemas II Renormalización
8+9	Tema 6	6h. "	Repaso nuevos conceptos, ampliación bibliográfica. Bloque de problemas III Simetrías gauge
10+11	Tema 7	7h. "	Repaso nuevos conceptos, ampliación bibliográfica. Bloque de problemas III Simetrías gauge
12-13	Tema 8	4h. "	Repaso nuevos conceptos, ampliación bibliográfica. Bloque de problemas IV Cálculos en QED a un lazo
13-14	Tema 9	4h. "	Repaso nuevos conceptos, ampliación bibliográfica. Bloque de problemas IV Cálculos en QED a un lazo





Asignatura: Teoría Cuántica de Campos Avanzada

Código: 32558

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Máster en Física Teórica

Nivel: Máster

Tipo: Optativa

Nº de créditos: 6