



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 / 1st

6. Trimestre / Trimester

2º trimestre / [2nd 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.



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% |
| Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 6 ECTS | | 150 h | 100.00% |

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