

**Proyecto docente de la asignatura**

Asignatura	<b>Teoría Cuántica de Campos Avanzada</b>		
Materia	Teoría cuántica de campos		
Módulo	<b>Física Matemática</b>		
Titulación	<b>Máster en Física</b>		
Plan	617	Código	54436
Periodo de impartición	Primer cuatrimestre	Tipo/Carácter	Optativa
Nivel/Ciclo	Máster	Curso	2019-2020
Créditos ECTS	3 ECTS		
Lengua en que se imparte	Castellano		
Profesor/es responsable/s	Manuel Donaire del Yerro		
Departamento(s)	Física Teórica, Atómica y Óptica		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	<a href="mailto:manuel.donaire@uva.es">manuel.donaire@uva.es</a>		

**1. Situación / Sentido de la Asignatura****1.1 Contextualización**

La asignatura *Teoría Cuántica de Campos Avanzada* es una de las optativas del módulo específico de la Mención Física Matemática en la Titulación de Máster en Física. Esta asignatura forma parte del área de Simetrías, Campos y Partícula, junto con las asignaturas de Teoría Cuántica de Campos y Física de Partículas. Sus competencias específicas y contenidos incluyen aspectos fundamentales de la Teoría Cuántica de Campos (QFT), tanto matemáticos como físicos, así como aplicaciones básicas de QFT a Física de Altas Energías y Física Cuántica a Temperatura Finita.

La asignatura se imparte en el primer cuatrimestre, tras la adquisición de las competencias básicas en el área de Simetrías, Campos y Partícula en la asignatura de Teoría Cuántica de Campos.

## 1.2 Relación con otras materias

---

La asignatura de *Teoría Cuántica de Campos Avanzada* supone una continuación de la asignatura de Teoría Cuántica de Campos cursada por el alumno del Máster al inicio del primer cuatrimestre. Por un lado, el contenido de la asignatura incluye una introducción a las llamadas *Teorías de Campo Gauge o Teorías de Yang-Mills* y los mecanismos de Ruptura Espontánea de Simetría, tanto a cero-temperatura como a temperatura finita. Es en estos apartados donde también guarda relación con la asignatura de Topología y Física. Por otra parte, se profundiza en los métodos de renormalización y en las técnicas de cálculo de la Matriz de *Scattering*, y se aplican dichos métodos a la fenomenología de *Quantum Electrodynamics (QED)* y procesos básicos de *Electroweak Theory (EW)*. Es en estos últimos apartados donde guarda relación con la asignatura de Física de Partículas a cursar en el segundo cuatrimestre.

Asimismo, la asignatura de *Teoría de Campos Avanzada* está relacionada con las asignaturas de Grupos y Álgebras de Lie, Geometría Diferencial, y Análisis Funcional en Mecánica Cuántica, cursadas durante el primer cuatrimestre.

## 1.3 Prerrequisitos

---

- Conocimientos básicos sobre Teoría Cuántica de Campos, Simetrías del Espacio-Tiempo y Simetrías Discretas (imprescindibles).
- Conocimientos sobre Métodos de Renormalización en QFT, Álgebras de Lie y Análisis Funcional en Mecánica Cuántica (recomendables).

## 2. Competencias

---

### 2.1 Generales

---

- Comprensión de las bases científicas de la computación.
- Capacidad de diseño e integración de sistemas de instrumentación en el ámbito científico y tecnológico.
- Capacidad para establecer órdenes de magnitud y para elegir el sistema de medida más adecuado en cada caso.
- Capacidad para extraer información relevante de grandes conjuntos de datos experimentales utilizando tratamientos estadísticos adecuados.



- Capacidad para establecer algoritmos para abordar problemas con soluciones múltiples.
- Capacidad para optimizar recursos.
- Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.
- Conocimiento de los fundamentos físicos avanzados en los diferentes estados de la materia.
- Conocimiento de los enfoques de interpretación de resultados físicos de sistemas complejos.
- Conocimiento de las bases teóricas de estudio de la física.
- Conocimiento de los sistemas físicos en la frontera del conocimiento.
- Manejo preciso de la capacidad abstractiva matemática.
- Conocimiento de sistemas físicos avanzados, tanto clásicos como cuánticos, basados en la no linealidad.
- Interpretación de las bases fundamentales de la Física Teórica.

## 2.2 Específicas

---

Las competencias específicas de la asignatura son:

- Desarrollo de la capacidad de abstracción necesaria para identificar las simetrías de una teoría de campos, sus representaciones y sus generadores.
- Aplicación de la intuición necesaria para dar una interpretación física a las simetrías matemáticas de los campos cuánticos, así como a las cantidades integrales asociadas a las mismas.
- Aplicación de la deducción a la interpretación física de la representación diagramática de la expansión perturbativa de diversos observables físicos.
- Aplicación de técnicas de cálculo integral, variacional y funcional a la derivación de ecuaciones de campo, y a la regularización y renormalización de los parámetros de una teoría de campos.



### 3. Objetivos

- Reconocer las propiedades de simetría básicas de las Teorías de Campo Gauge, así como las estructuras topológicas subyacentes.
- Interpretar apropiadamente los diagramas de Feynman en formalismo Hamiltoniano y Lagrangiano.
- Interpretar apropiadamente el contenido físico de las Teorías de Campo Efectivas en términos de la integración de grados de libertad y de la renormalización de sus parámetros.
- Ser capaz de calcular los observables de una teoría gauge.
- Reconocer la relevancia del Mecanismo de Higgs y de la Ruptura Espontánea de Simetría en el *Standard Model*.
- Ser capaz de calcular, regularizar y renormalizar los elementos de la *Matriz de Scattering* y otras cantidades físicas relacionadas con la fenomenología de partículas subatómicas.
- Formular las ecuaciones beta de renormalización, y comprender el fenómeno de libertad asintótica en *Quantum Chromodynamics*.
- Comprender las propiedades más relevantes de las teorías de Electrodinámica Cuántica (QED) y la Teoría Electrodébil (EW).
- Comprender los mecanismos de formación de defectos topológicos en transiciones de fase a temperatura finita, así como ser capaz de deducir sus propiedades a partir de las simetrías de la Teoría de Campos subyacente.

### 4. Contenidos

- Teoría de Campos Gauge: Teorías de Yang-Mills.
  - Introducción a la Teoría de Fibrados.
  - Cargas y transformaciones gauge.
  - Fantasmas, Simetría BRST y *Wilson loops*.



- Electrodinámica Cuántica (QED)
  - Cálculos perturbativos: Diagramas de Feynman en formalismos Hamiltoniano y Lagrangiano.
  - Renormalización de la teoría: ecuaciones beta, polarización del vacío, momento magnético del electrón.
- Simetrías en el Modelo Standard.
  - Teorema CPT.
  - Ruptura de simetrías discretas y continuas en QFT. Teorema de Goldstone.
  - Mecanismo de Higgs en Superconductividad y en el Standard Model.
  - Violación de CP en EW a través del *beta-decay* de un neutrón polarizado.
  - Confinamiento y libertad asintótica en QCD.
- Formación de defectos topológicos en transiciones de fase térmicas: cuerdas cósmicas y monopolos magnéticos.

##### 5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Se impartirán clases expositivas presenciales utilizando el método de la lección magistral participativa. En ellas se expondrán los fundamentos teóricos y prácticos de cada bloque, fomentando la participación y la reflexión durante las sesiones.
- Se propondrán problemas prácticos para su resolución fuera del aula, ya sean de carácter individual o grupal. En algunas ocasiones, dichos trabajos irán acompañados de una breve exposición pública en el aula. Se informará a los alumnos de aquellos trabajos y/o exposiciones sujetos a evaluación.
- Se realizarán tutorías grupales o individuales para facilitar el trabajo de la asignatura, resolviendo dudas y apoyando y supervisando el desarrollo de los trabajos personales y/o grupales.

##### 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas	24	Estudio y trabajo autónomo individual	45
Total presencial	<b>24</b>	Total no presencial	<b>45</b>

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Evaluación de los contenidos teórico prácticos mediante pruebas escritas y exposiciones periódicas llevadas a cabo durante el curso.	25%	Las exposiciones de dichos trabajos serán breves y se llevarán a cabo en el aula. Dichas exposiciones podrán ser de carácter individual y/o grupal.
Resolución de problemas prácticos relacionados con la asignatura que les serán entregados a los alumnos al finalizar las clases presenciales.	75%	La resolución de dichos problemas se llevará a cabo fuera del aula, y se entregará por escrito en la fecha fijada por la convocatoria. Se entiende que su realización ha de ser individual.

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
  - Para superar la asignatura es necesario obtener una calificación mínima de 5/10 como resultado de la suma ponderada de las calificaciones en las pruebas descritas en la tabla de evaluación.
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - Consistirá en la resolución de un problema práctico relacionado con la asignatura que les será entregado a los alumnos una semana antes de la fecha de la convocatoria extraordinaria. Los alumnos deberán entregar en dicha fecha la resolución del problema por escrito y exponerlo en el aula designado para la convocatoria extraordinaria en la fecha y hora fijadas. Peso de la resolución escrita: 70%; peso de la exposición de la resolución: 30%.
  - Para superar la asignatura es necesario obtener una calificación mínima de 5/10 como resultado de la suma ponderada de las calificaciones en las pruebas escrita y expositiva descritas anteriormente.

## 8. Consideraciones finales

Los contenidos del apartado 4. estarán sujetos a variación, pudiendo ser modificados a fin de adaptarlos a los conocimientos previos de los estudiantes.