

## Proyecto docente de la asignatura

Se debe indicar de forma fiel cómo va a ser desarrollada la docencia. Esta guía debe ser elaborada teniendo en cuenta a todos los profesores de la asignatura. Conocidos los espacios y profesorado disponible, se debe buscar la máxima presencialidad posible del estudiante siempre respetando las capacidades de los espacios asignados por el centro y justificando cualquier adaptación que se realice respecto a la memoria de verificación. Si la docencia de alguna asignatura fuese en parte online, deben respetarse los horarios tanto de clase como de tutorías). La planificación académica podrá sufrir modificaciones de acuerdo con la actualización de las condiciones sanitarias.

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	2021-2022
Créditos ECTS	3 ECTS		
Lengua en que se imparte	Castellano ( <i>English friendly</i> )		
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 Partículas, junto con las asignaturas de Teoría Cuántica de Campos, Física de Partículas, y Topología y Física. 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, Física Atómica, Óptica Cuántica y, eventualmente, Física Cuántica a Temperatura Finita.



La asignatura se imparte entre el primer y segundo cuatrimestres, 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 dará una introducción a los métodos de renormalización y se profundizará en las técnicas de cálculo de la Matriz de *Scattering*, aplicándose dichos métodos a la fenomenología de *Quantum Electrodynamics (QED)*. 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

---

- Haber cursado la asignatura de Teoría Cuántica de Campos o, en su defecto, contar con los conocimientos básicos de dicha asignatura.
- Conocimientos necesarios: Simetrías del Espacio-Tiempo y Simetrías Discretas, Diagramas de Feynman, Propagadores, Teoría de Perturbaciones.
- Conocimientos recomendables: Álgebras de Lie, Formalismo de *Path Integral* en Mecánica Cuántica.

## 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 en QED escalar.
- Ser capaz de calcular, regularizar y renormalizar los observables físicos involucrados en procesos de QED fundamental y Óptica Cuántica.
- 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

---

- 1. QED fundamental
  - Introducción: Reglas de Feynman
  - Procesos de scattering entre partículas cargadas
  - Procesos de scattering de luz por partículas subatómicas.
- 2. Óptica Cuántica y Física Atómica
  - *Minimal coupling* vs. desarrollo multipolar.
  - *Spontaneous emission* y Lamb shift. Renormalización *à la* Bethe.
  - Fuerzas de van der Waals.
- 3. Teorías Gauge: Teorías de Yang-Mills.
  - Introducción a la Teoría de Fibrados.
  - Cargas y transformaciones gauge.

- 4. Ruptura espontánea de Simetría.
  - Simetrías discretas
  - $U(1)$  en teorías globales.
  - $U(1)$  en teorías gauge: QED escalar
  - Mecanismo de Higgs en QED escalar a temperatura finita.
  - Formación de defectos topológicos.
- 5. Introducción al formalismo de *Path integral*.

## 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 Material docente

---

*Esta sección será utilizada por la Biblioteca para etiquetar la bibliografía recomendada de la asignatura (curso) en la plataforma Leganto, integrada en el catálogo Almena y a la que tendrán acceso todos los profesores y estudiantes. Es fundamental que las referencias suministradas este curso estén actualizadas y sean completas. Los profesores tendrán acceso, en breve, a la plataforma Leganto para actualizar su bibliografía recomienda ("Listas de Lecturas") de forma que en futuras guías solamente tendrán que poner el enlace permanente a Leganto, el cual también se puede poner en el Campus Virtual.*

### 6.1 Bibliografía básica

---

Se entregará una bibliografía completa al inicio de las clases.

### Textos fundamentales para toda la asignatura:

- M. Peskin and D. Schröeder, *An Introduction to Quantum Field Theory*, Westview Press, Chicago (1995).
- C. Itzykson and J.B. Zuber, *Quantum Field Theory*, McGraw-Hill Inc. (1980). J. J. Sakurai, *Advanced Quantum Mechanics*, Addison-Wesley, Boston (1994).
- J. J. Sakurai, *Advanced Quantum Mechanics*, Addison-Wesley, Boston (1994).

### **6.2 Bibliografía complementaria**

---

- S. Weinberg, *The Quantum Theory of Fields*, Vols. 1 and 2.
- L. Ryder, *Quantum Field Theory*.
- Pierre Ramond, *Field Theory : A Modern Primer* (Frontiers in Physics Series, Vol .74).

### **6.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

---

### **7. Temporalización**

---

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERÍODO DE DESARROLLO
1	0.7	5 horas (aproximadamente)
2	0.7	5 horas (aproximadamente)
3	0.7	5 horas (aproximadamente)
4	0.7	5 horas (aproximadamente)
5	0.3	2 horas (aproximadamente)

**8. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura**

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas	22	Estudio y trabajo autónomo individual	45
Total presencial	<b>22</b>	Total no presencial	<b>45</b>

**9. 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.	30%	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.	70%	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 dos problemas prácticos relacionados con la asignatura que les serán entregados a los alumnos al menos una semana antes de la fecha de la convocatoria extraordinaria. Los alumnos deberán entregar con anterioridad a dicha fecha la resolución



a los problemas por escrito, y exponerla 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%. Nota: Si la evaluación hubiese de tener lugar de manera telemática, la resolución escrita de los problemas pasaría a constituir el 100% de la nota en convocatoria extraordinaria.

- 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.

## 10. Consideraciones finales

Los contenidos de los apartados **2 y 3** estarán sujetos a variación, pudiendo ser modificados a fin de adaptarlos a los contenidos de los proyectos del grupo de Física Teórica de la Uva. Asimismo, podrían añadirse al apartado **1** aquellos contenidos pertenecientes al curso de Teoría Cuántica de Campos que no hubiesen sido cubiertos por falta de tiempo.