



Proyecto docente de la asignatura

Se debe indicar de forma fiel como va a ser desarrollada la docencia en la Nueva Normalidad. Esta guía debe ser elaborada teniendo en cuenta 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 todas las adaptaciones que se realicen 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).

Asignatura	Teoría Cuántica de Campos		
Materia	Teoría cuántica de campos		
Módulo	Física Matemática		
Titulación	Máster en Física		
Plan	617	Código	54431
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...)	manuel.donaire@uva.es		

1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

La asignatura *Teoría Cuántica de Campos* 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 Avanzada, 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 en el primer cuatrimestre, tras la adquisición de las competencias básicas en el área de Simetrías, Campos y Partículas en el Grado de C.C. Físicas

1.2 Relación con otras materias

La asignatura de *Teoría Cuántica de Campos* supone una continuación de la asignatura de Simetrías, Campos y Partículas cursada en el Grado de C.C. Físicas. Por un lado, el contenido de la asignatura incluye una introducción a conceptos fundamentales en Teoría Clásica de Campos, tales como simetrías espacio-temporales, simetrías asociadas a grupos de Lie, corrientes conservadas, condiciones de contorno, etc.. Es en estos apartados donde también guarda relación con la asignatura de Grupos y Álgebras de Lie. Por otra parte, se profundiza en la cuantización de campos escalares, vectoriales y fermiónicos, así como en las técnicas de cálculo de la Matriz de *Scattering*. En primera instancia, ello se aplica al cómputo de observables en el ámbito de *Quantum Electrodynamics (QED)* y Física Atómica.

Asimismo, la asignatura de *Teoría Cuántica de Campos* 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 Simetrías, Campos y Partículas del Grado de C.C. Físicas de la UVa o, en su defecto, asignaturas análogas del plan de estudios de dicho Grado en cualquier otra universidad.**
- Conocimientos necesarios: Simetrías del Espacio-Tiempo, Simetrías Discretas, ecuaciones de Euler-Lagrange de campos continuos, Electrodinámica clásica, y Mecánica Cuántica Avanzada.
- Conocimientos recomendables: Álgebras de Lie, *Scattering* cuántico.

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 de los parámetros de una teoría de campos.

3. Objetivos

- Reconocer las propiedades de simetría básicas de las Teorías de Campo que definen la naturaleza de los mismos, así como las cantidades físicas conservadas asociadas a dichas simetrías.
- 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 regularización de sus parámetros.
- Ser capaz de calcular los observables de una teoría cuántica.
- Ser capaz de calcular los elementos de la *Matriz de Scattering* y otras cantidades físicas relacionadas con la fenomenología de partículas subatómicas.
- Ser capaz de formular matemáticamente las condiciones iniciales de un sistema cuántico.

4. Contenidos

- 1. Introducción.
 - Simetrías del Espacio-tiempo, simetrías discretas, y simetrías internas.
 - Teorema de Noether, corrientes conservadas y generadores de simetría.
 - Campos escalares, vectoriales, tensoriales, y espinoriales.
 - Momento angular: Spin y momento angular orbital del campo electromagnético.
- 2. Cuantización del campo escalar libre.
 - Límite no relativista: mecánica cuántica
 - Campo escalar complejo: Cargas, partículas y antipartículas.
 - *Normal order, time order.*
 - Propagadores: propagador de Feynman.

- 3. Teoría escalar con interacción: $\lambda\Phi^4$
 - Representaciones de Schödinger, Heisenberg e Interacción.
 - Desarrollo perturbativo del propagador de evolución temporal asintótico: Matriz de Scattering y Funciones de Correlación a n puntos.
 - Diagramas de Feynman en formalismo Lagrangiano
 - Reglas de Feynman en espacio de momentos.
 - Variables de Mandelstan, scattering a *tree-level*.
 - Cálculo de potenciales efectivos: Teoría de Yukawa para la interacción nuclear efectiva.
- 4. Formalismo Hamiltoniano.
 - Teoría perturbativa tiempo-dependiente.
 - Diagramas de Feynman en formalismo Hamiltoniano.
 - Cálculo de procesos de emisión espontánea en diversos regímenes temporales: adiabático, *sudden-excitation*, *driven* a través de campos externos.
- 5. Electrodinámica Cuántica (QED):
 - Cuantización del campo electromagnético libre.
 - Elección del gauge y eliminación de estados espúreos: Formalismo de Faddeev-Popov y cálculo del propagador de Feynman
 - QED escalar: Superconductividad. Reglas de Feynman y cálculo de observables de interés físico (eg., potencial Coulombiano).
- 6. Cuantización de campos de Fermi.
 - Álgebras de Clifford y propiedades de simetría de la ecuación de Dirac.
 - Espinores en 2 y 3 dimensiones espaciales. Representaciones de Weyl, Dirac y Majorana. Helicidad y spin.
 - Introducción a QED con campos de Dirac. Reglas de Feynman.

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), ...)



Se adoptarán en función de las condicionantes coyunturales –véase adenda.

7. Temporalización

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERÍODO DE DESARROLLO
1,2	0.8	6 horas (aproximadamente)
3	1.0	7 horas (aproximadamente)
4	0.4	3 horas (aproximadamente)
5	0.4	3 horas (aproximadamente)
6	0.4	3 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	22	Total no presencial	45

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 bloques temáticos **1 y 2** estarán sujetos a variación, pudiendo ser modificados a fin de adaptarlos a los conocimientos previos de los estudiantes. En caso de no cubrirse todos los contenidos del curso por falta de tiempo para ello (especialmente los correspondientes al bloque **6**), estos podrían añadirse al temario del curso de Teoría de Campos Avanzada.

