25-26

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

FÍSICA EN ESPACIO-TIEMPO CURVOS

CÓDIGO 21580177

25-26

FÍSICA EN ESPACIO-TIEMPO CURVOS

CÓDIGO 21580177

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	FÍSICA EN ESPACIO-TIEMPO CURVOS
Código	21580177
Curso académico	2025/2026
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA AVANZADA
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Como continuación de la asignatura Teoría de Campos, los contenidos abordados en esta asignatura son

•Observadores, observables y procesos de medida, en Relatividad General, y en Mecánica Cuántica

•Teoría de campos en espacio-tiempo curvos

•Introducción a la gravedad cuántica

Empezando por esta última parte, las dos lineas fundamentales actuales para combinar la gravitación con la teoría cuántica de campos son la teoría de cuerdas y la gravedad cuántica de bucles. La teoría de cuerdas trata de la descripción de las partículas elementales, incluida el gravitón, como excitaciones cuánticas en el espacio-tiempo de un sistema de cuerdas y branas que existen en un espacio de mayor dimensión. La gravedad cuántica de bucles describe la estructura misma del espacio-tiempo en términos de unos bucles cuantizados. En la escala de energías mucho menores que la energía de Planck, ambas teorías se reducen a la teoría cuántica de campos en espacio-tiempo curvos, con una métrica que satisface las ecuaciones de Einstein a la que se añaden unas correcciones cuánticas dependientes de la curvatura.

Esta teoría cuántica ha sido capaz de mostrar cómo la gravitación y la teoría cuántica están fuertemente interconectadas al dar por ejemplo una descripción consistente de la entropía y las leyes termodinámicas de los agujeros negros, o definiendo el campo de inflación responsable de la expansión inicial del universo, cuyas trazas han dado lugar a la inhomogeneidad y anisotropia del fondo de microondas, o a la estructura a gran escala del universo que observamos actualmente.

Así mismo, para entender los principios de la teoría cuántica de campos en espacio-tiempo curvos y sus aplicaciones, es recomendable tener una base sólida en los fundamentos de los procesos de medida y observación en la Relatividad General, complementada con la formación previa en los procesos de medida cuánticos no relativistas. Permite comprender entre otros dos efectos relativistas de importancia fundamental, como son la radiación de Hawking y la radiación de Unruh.

En resumen, los objetivos de la asignatura son consolidar los conocimientos adquiridos en la

Teoria de Campos, y profundizar en su conocimiento con su aplicación en los espacio-tiempo curvos, con una introducción general a las teorías que tratan de formular la gravedad cuántica.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Recomendaciones
Haber cursado la asignatura de Teoria de Campos del Máster, y tener conocimiento previo general de Mecánica Cuántica y Relatividad General.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	ALVARO GUILLERMO PEREA COVARRUBIAS (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	aperea@ccia.uned.es
Teléfono	91398-7141
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUIDOS

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Para consultas sobre esta asignatura, diríjase por correo, teléfono o e-mail de la forma que se indica a continuación.
Postales:
Dr. Álvaro Perea
UNED
Facultad de Ciencias
Departamento de Física Matemática y Fluidos
Apdo. 60141
28080 Madrid
Correo electrónico: aperea@ccia.uned.es
El horario habitual de permanencia de los Profesores de esta asignatura en la Universidad, es de 9 a 17 horas, de lunes a viernes.
CURSO VIRTUAL:
A través del CURSO VIRTUAL de la asignatura se mantendrá información actualizada sobre esta asignatura. En los Foros correspondientes se publicarán las noticias de interés y se resolverán las dudas. **Se recomienda** el uso de esta vía de contacto con el equipo docente.

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

COMPETENCIAS

CM1 Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.

CM2 Adquirir los conocimientos necesarios en Física Avanzada para incorporarse a un grupo de investigación o a empresas.

CM3 Adquirir la capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en la física teórica, computacional o de fluidos, 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.

CM4 Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.

CM5 Analizar problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

CONOCIMIENTOS O CONTENIDOS

CN1 Comprender conceptos avanzados de Física y demostrar, en un contexto de investigación científica altamente especializada, una relación detallada y fundamentada entre los aspectos teóricos y prácticos y la metodología empleada en este campo.

CN2 Conocer y comprender los elementos más relevantes de la física teórica, computacional y de fluidos actual. Profundizar en la comprensión de las teorías que se encuentran en la frontera de estos temas, incluyendo su estructura matemática, su confrontación con resultados experimentales, y la descripción de los fenómenos físicos que dichas teorías explican.

HABILIDADES O DESTREZAS

H2 Comunicar con claridad y rigor los resultados de un trabajo de investigación de forma oral o escrita.

H3 Utilizar bibliografía y fuentes de información especializada, propias del ámbito de conocimiento de la física, manejando las principales bases de datos de recursos científicos Habilidades o destrezas.

COMPETENCIAS

CM1 Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.

CM2 Adquirir los conocimientos necesarios en Física Avanzada para incorporarse a un grupo de investigación o a empresas.

CM3 Adquirir la capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en la física teórica, computacional o de fluidos, 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.
CM4 Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.
CM5 Analizar problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia.
CM6 Analizar críticamente resultados experimentales, analíticos y numéricos en el campo de la física avanzada Competencias

CONTENIDOS

Bloque I. Observables y observadores

•Medidas relativistas y cuántico-relativistas.
•Dinámica del observador. Medidas locales y no locales.
•Decoherencia gravitacional.
•Cuantización y emergencia del tiempo

Bloque II. Teorias de campo en espacio-tiempo curvos

•Cuantización de campos en espacio-tiempo curvos.
•Formalismo de la acción efectiva para el estudio de campos en espacio-tiempo curvos
•Aplicaciones

Bloque III. Introducción a la cuantización de la gravedad

•Cuantización del espacio-tiempo. Teoría cuántica de bucles
•Formulación efectiva del campo gravitatorio. Teoría de cuerdas
•Límite no relativista. Teoría de Newton-Cartan

METODOLOGÍA

De manera general, la docencia se impartirá a través de un curso virtual dentro de la plataforma de la UNED.
Curso virtual
Dentro del curso virtual podrá disponer de:

1. Guía del curso, donde se establecen los objetivos concretos y los puntos de interés.
2. Programa, donde se especifica la división del contenido por capítulos.
3. Procedimiento, donde se sugieren al alumno las tareas que debe realizar.
4. Recursos, donde se proporciona información sobre el material necesario para el estudio.

•Actividades y trabajos:

1. Realización de problemas y el proyecto propuestos por el equipo docente

•Comunicación:

1. Correo, para comunicaciones individuales.
2. Foros de Debate, donde se intercambian conocimientos y se resuelven dudas de tipo académico general.

Aunque cada estudiante debe marcar su ritmo de estudio, para una programación de estudio adecuada se ha elaborado un esquema orientativo para 16 semanas, con una dedicación media de 5 horas a la semana, que equivale a los 6 créditos ECTS de la asignatura. Según los contenidos, podemos dividir el trabajo en una parte teórica para la comprensión de la fundamentación y una parte práctica para la adquisición de las competencias en resolución y comprensión de los problemas y el proyecto propuestos. Estos porcentajes varían por bloques y temas, aunque la asignatura en promedio requiere un 40-45% del tiempo para la parte teórica, y un 55-60% del tiempo para la parte práctica.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen: No hay prueba presencial

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad: No

Descripción

Desarrollo del trabajo personal (resolución de problemas y un proyecto) elegido dentro del listado proporcionado por el equipo docente. El trabajo personal tendrá estos contenidos mínimos:

Circunscripción del trabajo a realizar en relación a los contenidos abordados en el temario/ la asignatura

Búsqueda bibliográfica

Desarrollo propiamente dicho del trabajo

Conclusiones personales en las que se valorará especialmente que el estudiante, en función del grado de conocimiento adquirido, proponga lineas de estudio posteriores.

El trabajo personal supone un máximo de 10 puntos.

Criterios de evaluación

Se valorará:

Capacidad de relacionar el trabajo a realizar con los contenidos de la asignatura

La realización de una correcta busqueda bibliográfica dentro del contexto actual de la materia abordada.

Capacidad de desarrollar el trabajo mostrando un uso correcto de conceptos y procedimientos así como la claridad en el cálculo.

El grado de conocimiento adquirido y la relevancia de la propuesta de nuevos estudios de ampliación.

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final	El trabajo tiene una puntuación máxima de 10 puntos.
Fecha aproximada de entrega	30/05/2026;
Comentarios y observaciones	

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC?	No
Descripción	
Criterios de evaluación	
Ponderación de la PEC en la nota final	
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?	No
Descripción	
Criterios de evaluación	
Ponderación en la nota final	
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

Suma de las puntuaciones obtenidas en la resolución de las tareas del trabajo personal.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

No existe un único libro de texto que englobe todos los contenidos de la asignatura. El equipo docente publica en su lugar en el curso virtual el material necesario para el correcto seguimiento de la asignatura en formato de libro electrónico.

•A. PEREA, **Física en espacio-tiempo curvos** (Edición Febrero 2025)

Dicho material está basado en la bibliografía seleccionada como complementaria, y en articulos de investigación sobre la materia. En particular, de acuerdo con el siguiente ***índice:***

Recordatorio

Relatividad Especial. Relatividad General

Teoría de la medida: caso clásico y caso cuántico

Teoría cuántica del campo escalar. Teoría del campo conforme. Acción efectiva

Bloque I. Observadores y observables

Medidas relativistas. Medidas cuánticas relativistas. Sistemas de referencia cuánticos

El principio de incertidumbre en presencia de la gravedad

Colapso espontáneo de la función de onda

Teoría cuántica en ausencia de tiempo

Bloque II. Teoría cuántica de campos en espacio-tiempo curvos

Cuantización en espacio-tiempo curvos

Acción efectiva

Aplicaciones

Bloque III. Introducción a la gravedad cuántica

Teoría de Newton-Cartan

Gravedad cuántica de bucles

Teoría de cuerdas

Nota adicional: De forma previa al comienzo del curso, puede solicitarse al equipo docente (mediante un correo electrónico) resumen de la parte introductoria de este libro electrónico (Recordatorio), que puede ser útil a modo de *curso 0* de preparación previa a los contenidos de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Bibliografia complementaria Se recomienda la consulta de tres libros

•de Felice F., Bini D. Classical Measurements in Curved Space-Times

•Leonard Parker, David Toms, Quantum Field Theory in Curved Spacetime Quantized Fields and Gravity

•C. Kiefer, Quantum gravity

teniendo en cuenta esta distribución

Bloque 1. Observadores y mediciones fisicas en espacio-tiempo curvos

de Felice: caps 3 a 9

Bloque 2. Teoria de campos en espacio-tiempo curvos

Parker: caps 2,4 y 5

Bloque 3. Introducción a la cuantización de la gravedad

Kiefer: caps 1 a 4, y cap 9

Junto a esta bibliografía complementaria, como bibliografia de referencia sobre los contenidos básicos o previos de la asignatura se recomienda la consulta, cuando sea necesario, de:

•Éric Gourgoulhon, Special Relativity in General Frames

•Y. Choquet-Bruhat, General Relativity and Einstein's Equations

•R. Feynman, Feynman Lectures On Gravitation

•Szabo Richard, An Introduction to String Theory and D-brane Dynamics With Problems and Solution

Se añade además una bibliografia de ampliación para profundizar en los contenidos abordados en la asignatura, entre otros:

•T. Thiemann, Modern canonical quantum general relativity
•K. Becker et al, String Theory and M-Theory A Modern Introduction
•D. Baumann, Inflation and String Theory

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Software computacional:
Se recomienda el uso de software de cálculo simbólico para facilitar el manejo de las fórmulas matemáticas complejas, generalmente de carácter algebraico. En esta asignatura se recomienda en particular el uso de:
•Cadabra. https://cadabra.science/
•SageMath/SageManifolds: https://sagemanifolds.obspm.fr/
y si fuera necesario de forma puntual el uso de otros paquetes más específicos para aplicaciones concretas, de los que se informaría en el curso virtual. Tanto Cadabra como SageManifolds permiten su uso en nube, por lo que no resulta necesario que se instalen y ejecuten en el propio ordenador del usuario.
Videos:
Se recomiendan las clases y seminarios grabados en el Perimeter Institute disponibles en su archivo público https://pirsa.org/:
•Relativistic Quantum Information - 2012
•Introduction to the Bosonic String
y en la red
•Introduction to Loop Quantum Gravity - Carlo Rovelli,

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.