23-24

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA AVANZADA

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

EFECTOS RELATIVISTAS EN ESPACIO-TIEMPO CURVOS

CÓDIGO 21580071

UNED

23-24

EFECTOS RELATIVISTAS EN ESPACIO-TIEMPO CURVOS

CÓDIGO 21580071

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	EFECTOS RELATIVISTAS EN ESPACIO-TIEMPO CURVOS
Código	21580071
Curso académico	2023/2024
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA AVANZADA
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150.0
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 breve introducción 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. Se aconseja a los alumnos que realicen sus consultas durante el horario designado (los lunes de 16 a 20 horas), cuando podrán contactar fácilmente con los profesores. Si desean hacer una consulta en el despacho y no pueden en este horario, llamen por teléfono para concertar una cita en otro momento.
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 encarecidamente** el uso de esta vía para cualquier contacto con el equipo docente.

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

COMPETENCIAS

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 GENERALES

CG1 - 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.

CG3 - Comunicar con claridad y rigor los resultados de un trabajo de investigación de forma oral o escrita.

CG4 - Utilizar bibliografía y fuentes de información especializada, propias del ámbito de conocimiento de la física, manejando las principales bases de datos de recursos científicos.

CG5 - Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.

CG7 - Adquirir los conocimientos necesarios en Física Avanzada para incorporarse a un grupo de investigación o a empresas.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CE1 - 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.

CE2 - 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.

CE5 - Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.

CE11 - Analizar problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia.

CE12 - Analizar críticamente resultados experimentales, analíticos y numéricos en el campo de la física avanzada.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Conocer y saber aplicar las técnicas y métodos de la Relatividad General para el estudio de efectos relativistas destacados en espacio-tiempo curvos.
- Saber aplicar las técnicas matemáticas más apropiadas en cada caso para la descripción de los fenómenos cuánticos en espacio-tiempo curvos.
- Conocer la importancia que tiene el estudio de la gravedad newtoniana, la Relatividad General y la Teoría Cuántica de Campos, y sus consecuencias, para la formulación de una teoría cuántica de la gravedad.

CONTENIDOS

Tema 0. Recordatorio Relatividad General, Mecánica Cuántica, Teoria de Campos

Relatividad General: El espacio-tiempo y su descripción matemática. Simetrías y leyes de conservación. Ecuaciones de Einstein. Soluciones exactas.
Mecánica Cuántica: Observables cuánticos. Medición en Mecánica Cuántica y en Teoría de Campos.
Teoría de campos: Principio de Acción. Formalismo de cuantización para campos libres. Integración sobre caminos: Reglas de Feynman. Acción efectiva. Renormalización. Equivalencia Fermi-Bose: bosonización. Invariancia de escala e invariancia conforme en la teoria de campos.

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

Descomposición espacio-temporal mediante proyectores ortogonales. Cinemática del observador y su función mundo. Medidas locales. Medidas no locales. Aplicaciones y efectos relativistas en espacio-tiempo relevantes.

Bloque 2. Teoria de campos en espacio-tiempo curvos

Observables cuánticos y la medición cuántica en presencia de campos gravitatorios. Formulación covariante de la medición cuántica. Cuantización en espacio-tiempo curvos. Acción efectiva. Creación de partículas. Fluctuaciones cuánticas del vacío. Efecto Unruh. Efecto Hawking.

Bloque 3. Introducción a la cuantización de la gravedad

Aproximación no relativista a la gravedad cuántica: Geometria de Newton-Cartan.
Cuantización del espacio-tiempo: Gravedad cuántica de Bucles

Gravedad cuántica como una teoría efectiva de campo: Teoria de Cuerdas
Principio Holográfico. Correspondencia AdS-CFT.

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. Pruebas de evaluación continua.
2. Trabajos a título personal a modo de proyectos.

•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 sistemas mecánicos. Estos porcentajes varían por bloques y temas, aunque la asignatura en promedio requiere un 60-65% del tiempo para la parte teórica, y un 35-40% del tiempo para la parte práctica.

El estudiante abordará de forma autónoma el estudio de los contenidos de la bibliografía recomendada. Con cada tema se introducirá en el Curso un material complementario consistente fundamentalmente en aplicaciones prácticas de las ideas teóricas, señalando en detalle cuáles son las ideas básicas que intervienen en cada resultado. Asimismo en el Curso Virtual se podrán introducir ejercicios de autoevaluación mediante los cuales los estudiantes pueden comprobar su grado de asimilación de los contenidos.

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: 30/05/2024;

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

El equipo docente publica en el curso virtual el material completo para el estudio téorico y práctico de los contenidos de la asignatura, en formato de **libro electrónico:**

•A. PEREA, **Efectos relativistas en espacio-tiempo curvos** (Edición Febrero 2024)

y de acuerdo con el siguiente ***índice:***

Recordatorio

Relatividad Especial

Teoría de la medida: caso clásico y caso cuántico

Teoría cuántica del campo escalar

Teoría del campo conforme

Acción efectiva

Relatividad General

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) copia de la parte introductoria de este libro (Recordatorio),

que puede ser útil a modo de *curso 0* de preparación previa a los contenidos de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780199230723
Título:GENERAL RELATIVITY AND THE EINSTEIN EQUATIONSnull
Autor/es:
Editorial:Oxford Science Publications

ISBN(13):9780226870274
Título:QUANTUM FIELD THEORY IN CURVED SPACETIME AND BLACK HOLE THERMODYNAMICSnull
Autor/es:
Editorial:: THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

ISBN(13):9780521266390
Título:RELATIVITY ON CURVED MANIFOLDSnull
Autor/es:
Editorial:CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS..

ISBN(13):9780521461368
Título:EXACT SOLUTIONS OF EINSTEINS FIELD EQUATIONSnull
Autor/es:
Editorial:CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

ISBN(13):9780521860697
Título:STRING THEORY AND M-THEORY A MODERN INTRODUCTIONnull
Autor/es:
Editorial:CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

ISBN(13):9780813340388
Título:FEYNMAN LECTURES ON GRAVITATIONnull
Autor/es:
Editorial:CRC

ISBN(13):9783540219248
Título:GENERAL RELATIVITY WITH APPLICATIONS TO ASTROPHYSICSnull
Autor/es:
Editorial:: SPRINGER

ISBN(13):9783642372759
Título:SPECIAL RELATIVITY IN GENERAL FRAMESnull
Autor/es:
Editorial:: SPRINGER

ISBN(13):9781848166226
Título:AN INTRODUCTION TO STRING THEORY AND D-BRANE DYNAMICS WITH PROBLEMS AND SOLUTIONSnull
Autor/es:
Editorial:IMPERIAL COLLEGE PRESS

ISBN(13):9780521889308
Título:CLASSICAL MEASUREMENTS IN CURVED SPACE-TIMESnull
Autor/es:
Editorial:CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

ISBN(13):9780521877879
Título:QUANTUM FIELD THEORY IN CURVED SPACETIME QUANTIZED FIELDS AND GRAVITY BY LEONARD PARKER, DAVID TOMS (Z-LIB.ORG)null
Autor/es:
Editorial:CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

ISBN(13):9780199212521
Título:QUANTUM GRAVITY - C. KIEFERnull
Autor/es:
Editorial:: OXFORD UNIVERSITY PRESS

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

Tema 1. Observadores y observables

de Felice: caps 3 a 9

Tema 2. Teoria de campos en espacio-tiempo curvos

Parker: caps 2,4 y 5

Tema 3. Introducción a la gravedad cuántica

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 de forma puntual además el uso de otros paquetes más específicos para aplicaciones concretas. 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 http://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.