23-24

GRADO EN FÍSICA
CUARTO CURSO

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

RELATIVIDAD GENERAL

CÓDIGO 61044135

UNED

23-24

RELATIVIDAD GENERAL

CÓDIGO 61044135

ÍNDICE

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

Nombre de la asignatura	RELATIVIDAD GENERAL
Código	61044135
Curso académico	2023/2024
Departamento	FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUÍDOS
Título en que se imparte	GRADO EN FÍSICA
Curso	CUARTO CURSO
Periodo	SEMESTRE 2
Tipo	OPTATIVAS
Nº ETCS	5
Horas	125.0
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Esta asignatura se encuentra englobada en la materia del Grado, "Mecánica y Ondas" que está compuesta por seis asignaturas: cuatro obligatorias y dos optativas. La ubicación temporal de las mismas es la siguiente:
- Mecánica (6 ECTS), obligatoria, 2º curso, 1er semestre.
- Vibraciones y ondas (6 ECTS), obligatoria, 2º curso, 2º semestre.
- Mecánica teórica (6 ECTS), obligatoria, 3º curso, 1º semestre.
- Física de fluidos (5 ECTS), obligatoria, 4º curso, 2º semestre.
- Sistemas dinámicos (5 ECTS), optativa, 4º curso, 2º semestre.
- Relatividad general (5 ECTS), optativa, 4º curso, 2º semestre.

La Relatividad General formulada por Einstein, junto con la Mecánica Cuántica, es uno de los pilares básicos de la Física actual. Es una teoría física del espacio-tiempo, y también una teoría de la gravedad. En su versión especial, la Relatividad elimina los conceptos del espacio y el tiempo absoluto, por no ser observables, y en su versión general el espacio-tiempo deja de ser un ámbito inmutable donde ocurre la física, y se dota de un carácter dinámico, pasando a ser una parte más de la física. Introduciendo el concepto de campo en la interacción gravitatoria, que se define como instantánea y a distancia en su versión newtoniana, lo revolucionario de la Relatividad General es la identificación del campo gravitatorio con la métrica del espacio-tiempo, que describe sus propiedades geométricas.
La Relatividad General es una materia compleja y difícil y en general se oferta en los cursos de especialización del master. La inclusión de la Relatividad General en el plan de estudios del Grado en Física de la UNED, como asignatura optativa, está en la misma línea docente que la tendencia actual en esta materia, con una metodología basada más en el contenido físico, que en la fundamentación matemática, y por tanto, más apropiada al currículum del Grado. En este sentido, el diseño docente pretende como objetivo capacitar al estudiante para:
- entender el formalismo teórico de la teoría de la Relatividad General de Einstein, así como su contrastación experimental,
- comprender los principios de la Relatividad General y la física en un espacio-tiempo con curvatura,
- aprender las herramientas matemáticas de análisis que le permita calcular los efectos relativistas generales,

- obtener una formación inicial que le permita afrontar estudios avanzados en relatividad general.

La versión actual de la metodología docente se ve inspirada por toda la serie de descubrimientos y proyectos científicos en cosmología y astrofísica de los últimos años. Muy en particular, la reciente detección por primera vez de las llamadas ondas gravitacionales ha dado una confirmación más de la Relatividad General, y ha abierto la investigación a una extraordinaria forma de ver el Universo. La divulgación de estos logros científicos tan actuales está generando un interés mayor en estudiar y conocer los fundamentos de la Relatividad General.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Para un adecuado seguimiento de la asignatura, es necesario que el estudiante tenga los conocimientos previos que se dan en las asignaturas de Fundamentos de Física (I, II y III), Métodos Matemáticos (I,II,III y IV) y Mecánica Teórica del Grado. Y para poder comprender la conexión que existe entre Relatividad General y otras ramas de la Física resulta aconsejable también haber cursado las asignaturas de Electromagnetismo, Termodinámica y Física Cuántica.

Desde el punto de vista de la formulación matemática de la Relatividad General, es imprescindible un conocimiento de la Geometría Diferencial y el Análisis Tensorial, que se dan en la asignatura de Métodos Matemáticos IV. También es recomendable haber tenido un contacto previo con las ecuaciones en derivadas parciales y sus métodos de resolución elementales (separación de variables). El estudiante también deberá estar familiarizado con las ideas básicas de los métodos de análisis por aproximación de soluciones.

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, diríjanse al equipo docente en la Sede Central, por correo, teléfono o e-mail de la forma que se indica a continuación.

Postales:

Álvaro Perea
UNED
Facultad de Ciencias
Departamento de Física Matemática y Fluidos

Apdo. 60141
28080 Madrid
Presenciales:
D. Alvaro Perea
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 recomienda que la cita presencial se solicite por anticipado enviando un correo electrónico al equipo docente para su confirmación.

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.

TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

•**Tutorías de centro o presenciales**: se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.

•**Tutorías campus/intercampus**: se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 61044135

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Competencias generales:

CG01 Capacidad de análisis y síntesis
CG03 Comunicación oral y escrita en la lengua nativa
CG04 Conocimiento de inglés científico en el ámbito de estudio
CG09 Razonamiento crítico
CG10 Aprendizaje autónomo

Competencias específicas:

CE01 Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes: su estructura lógica y matemática, su soporte experimental y los fenómenos que describen; en especial, tener un buen conocimiento de los fundamentos de la física moderna

CE03 Tener una idea de cómo surgieron las ideas y los descubrimientos físicos más importantes, cómo han evolucionado y cómo han influido en el pensamiento y en el entorno natural y social de las personas

CE04 Ser capaz de identificar las analogías en la formulación matemática de problemas físicamente diferentes, permitiendo así el uso de soluciones conocidas en nuevos problemas

CE05 Ser capaz de entender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados, y de realizar cálculos de forma independiente, incluyendo cálculos numéricos que requieran el uso de un ordenador y el desarrollo de programas de

software
CE09 Adquirir una comprensión de la naturaleza y de los modos de la investigación física y de cómo ésta es aplicable a muchos campos no pertenecientes a la física, tanto para la comprensión de los fenómenos como para el diseño de experimentos para poner a prueba las soluciones o las mejoras propuestas.
CE10 Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía sobre física y demás literatura técnica, así como cualesquiera otras fuentes de información relevantes para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Bloque 1. Fundamentos matemáticos
1.1 Comprender conceptualmente la física prerrelativista y la física relativista en el marco común del espacio-tiempo.
1.2 Comprender los principios de equivalencia y covariancia de la teoría relativista.
1.3 Dominar la descripción geométrica del espacio-tiempo y comprender el significado matemático y físico de la curvatura.
1.4 Tener habilidad para analizar la Física básica de un espacio curvado, mediante el análisis tensorial y la geometría diferencial.

Bloque 2. Teoría de la Relatividad General y su comprobación experimental
2.1 Saber plantear las ecuaciones del campo gravitacional de Einstein y resolverlas en algunos casos sencillos.
2.2 Saber interpretar las soluciones a las ecuaciones de campo, desde el punto de vista físico y geométrico.
2.3 Conocer las distintas comprobaciones experimentales de la Relatividad General, en sus aspectos teórico y aplicado.
2.4 Saber aplicar el límite newtoniano a las ecuaciones de campo, cuando la gravedad es débil, entendiendo su ámbito de aplicación y sus excepciones.

Bloque 3. Cosmología y aspectos avanzados de la teoría
3.1 Saber describir el Universo y su evolución aplicando los postulados de la Relatividad General.
3.2 Conocer las características básicas generales del modelo cosmológico estándar, y saber obtener las conclusiones que se deducen de su aplicación.
3.3 Conocer la importancia del estudio de las ondas gravitacionales, y saber obtener las ecuaciones que las rigen en una teoría linealizada de la gravedad.
3.4 Conocer la relevancia de las singularidades del espacio-tiempo y comprender los métodos matemáticos estándar para su análisis utilizados en la asignatura.

CONTENIDOS

Bloque I. Fundamentos matemáticos

Tema 1. Introducción. Principios generales.

Principios de la Relatividad General. Principio de Equivalencia. Principio de Covariancia.

Tema 2. Métrica y espacio-tiempo.

Leyes de conservación. Curvatura del espacio-tiempo.

Bloque II. Teoría de la Relatividad General y su comprobación experimental

Tema 3. Ecuaciones de campo de la Relatividad General.

Ecuaciones de campo. Solución de Schwarzschild.

Tema 4. Tests clásicos de la Relatividad General.

Trayectorias en Schwarzschild. Pruebas experimentales clásicas.

Bloque III. Cosmología y aspectos avanzados de la teoría.

Tema 5. El Universo y su evolución

El Universo. Metrica FRW. Modelo cosmológico estándar.

Tema 6. Introducción a aspectos avanzados

Radiación gravitatoria. Estructura causal y singularidades.

METODOLOGÍA

De manera general, la docencia se impartirá a través de un curso virtual dentro de la plataforma educativa de la UNED, complementado con la asistencia personalizada del equipo docente y la tutorización presencial y telemática en los Centros Asociados.

Curso virtual

Dentro del curso virtual el alumnado dispondrá 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 el material necesario para el estudio.
5. Ejemplos de exámenes, donde se orienta sobre las pruebas escritas y se muestran ejemplos de exámenes de cursos anteriores.

•Actividades y trabajos:

1. Pruebas de evaluación a distancia en línea.
2. Elaboración de trabajos individuales o en equipo.

•Comunicación:

1. Correo, para comunicaciones individuales.
2. Foros de Debate, donde se intercambian conocimientos y se resuelven dudas de tipo académico general.
3. Grupos de trabajo, para intercambiar información dentro de los grupos.

En el Curso Virtual se establece un calendario de estudio de la asignatura, junto con el conjunto de actividades de aprendizaje recomendadas, con una estimación del tiempo que se debe dedicar a cada tema. El estudiante abordará de forma autónoma el estudio de los contenidos del libro de texto base. 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 introducirán ejercicios de autocomprobación mediante los cuales los estudiantes puedan comprobar su grado de asimilación de los contenidos.

El curso consta de cinco ECTS, equivalentes a 125 horas de trabajo. Para la realización de todas las actividades que constituyen el estudio de la asignatura, el estudiante deberá organizar y distribuir su tiempo de forma personal y autónoma, adecuada a sus necesidades. Es recomendable que del tiempo total necesario para la asignatura se dedique, al menos el 70 %, al estudio de los contenidos del programa y de ejercicios y problemas (con una proporción del 50 % teoria-problemas) reservando el resto para la lectura de las instrucciones y guía didáctica, actividades complementarias, asistencia a tutorías, y pruebas de evaluación continua.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	3
Duración del examen	120 (minutos)

Material permitido en el examen

Ninguno.

Criterios de evaluación

El examen se corrige de modo global, y atendiendo más al uso mostrado de conceptos y procedimientos que a los detalles del cálculo. Lea bien cada enunciado y asegúrese de que proporciona una respuesta concisa y acorde a cada una de las preguntas planteadas. Sea también claro en los procedimientos y sólo si tiene tiempo y lo considera necesario añada comentarios o aclaraciones.

% del examen sobre la nota final	100
Nota del examen para aprobar sin PEC	5
Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	10

Nota mínima en el examen para sumar la PEC	0
Comentarios y observaciones	

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC?	Si

Descripción

Conjunto de problemas de ampliación de los temas del curso virtual. Para su resolución puede utilizarse cualquier tipo libro de texto y el material del curso virtual. Cada PEC tiene una calificación global de 1 punto. Hay tres PECs a lo largo del curso.

Criterios de evaluación

Cada PEC se corrige de modo global, y atendiendo más al uso mostrado de conceptos y procedimientos que a los detalles del cálculo. Lea bien cada enunciado y asegúrese de que proporciona una respuesta concisa y acorde a cada una de las preguntas planteadas. Sea también claro en los procedimientos y sólo si lo considera necesario añada comentarios o aclaraciones.

Trabajo exclusivamente individual

En caso de duda en este sentido, el equipo docente se pondrá en contacto con el estudiante para tratar de confirmar su autoría mediante una prueba sencilla de conocimiento sobre la resolución de la PEC. Si no superara esta prueba, la PEC quedaría anulada y se tendría en cuenta de forma negativa para la calificación final de la asignatura.

Ponderación de la PEC en la nota final	3 puntos
Fecha aproximada de entrega	PEC1 - 31/03/2024 ; PEC2 - 30/04/2024; PEC3 - 25/05/2024
Comentarios y observaciones	

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?	No
Descripción	
Criterios de evaluación	
Ponderación en la nota final	0
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

Existen **dos modalidades de Evaluación** ofertadas en esta asignatura, pudiendo acogerse cada estudiante a la que más le interese. En el modelo de **Evaluación Continua**, el 70% de la calificación final corresponde a la Prueba Presencial, y el 30% restante al combinado de las calificaciones de las tres Pruebas de Evaluación Continua (PEC). Para ello es condición indispensable la resolución y presentación de la totalidad de las PEC, en el tiempo y forma establecidos en el curso virtual. Esta modalidad conlleva entonces la reducción de contenido en un 30% de la Prueba Presencial, que se reflejaría en la realización por parte del estudiante del 70% de los problemas y cuestiones propuestos en el enunciado del examen. En el modelo de **Evaluación Final**, la calificación final corresponde exclusivamente a la Prueba Presencial completa, sin posibilidad de reducción de contenido.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9780521829519
Título:GENERAL RELATIVITY: AN INTRODUCTION FOR PHYSICISTS. Cambridge University Press 2006
Autor/es:Hobson, M. P. ; Lasenby, A.N. ; Efstathiou, G.P. ;
Editorial:: CAMBRIDGE UNIVERSITTY PRESS

Como complemento al texto básico (que dejará de serlo y pasará a ser bibliografía complementaria el curso siguiente), a partir de este curso 2023/24 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, **Relatividad General** (Edición Febrero 2024)

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

Introducción. Recordatorio de Relatividad Especial y Geometría diferencial

Relatividad Especial avanzada

Cálculo variacional

Análisis tensorial

Geometría diferencial

Formulación Lagrangiana. Teoría de campos

Bloque I. Fundamentos matemáticos de la Relatividad General

Introducción. Principios generales

Métrica y espacio-tiempo

Bloque II. Teoría de la Relatividad General y su comprobación experimental

Ecuaciones de campo

Comprobaciones clásicas

Bloque III. Cosmología y aspectos avanzados de la teoría

El Universo y su evolución

Introducción a aspectos avanzados de la teoría

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 de Relatividad Especial y Geometría diferencial , que puede ser útil a modo de *curso 0* de preparación previa a los contenidos de la asignatura.

Nota final: Se recomienda el libro de Hobson para una primera lectura de los contenidos, junto con el libro electrónico del curso virtual, y el libro de Wald para estudiar y comprender los aspectos más matemáticos de la teoria de la relatividad general.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780226870335
Título:GENERAL RELATIVITY1ST
Autor/es:Robert M. Wald ;
Editorial:CHICAGO UNIVERSITY PRESS

Libros de texto:

R. C. Tolman, “Relativity, Thermodynamics and Cosmology”, Oxford, 1934.

R. d’Inverno, “Introducing Einstein’s Relativity”, Oxford University Press, 1992.

B. Schutz, “A first course in General Relativity”, Cambrigde University Press, 2009.

F. de Felice y C.J.S. Clarke, “Relativity on curved manifolds”, Cambrigde University Press, 1990.

A.P. Lightman y otros, “Problem book in Relativity and Gravitation”, Princeton University Press, 1975.

Libros de divulgación:

A. Einstein, “The meaning of relativity”. Hay versión en castellano, “El significado de la Relatividad”, Espasa, 2005.

K. S. Thorne “Black holes and time warps”, Norton Company, . Hay versión en castellano, “Agujeros negros y tiempo curvo”, Drakontos, Ed. Critica, 1995.

S. Hawking, “A brief history of time“. Hay versión en castellano, “Historia del tiempo: Del big bang a los agujeros negros”, Ed. Grijalbo, 1988

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

•GUÍA DICÁCTICA

Para cada tema incluye una introducción, un esquema guión, los objetivos de aprendizaje, bibliografía complementaria, enlaces a páginas web y ejercicios de autoevaluación.

•CURSO VIRTUAL

El seguimiento de la asignatura se realizará a través de un Curso Virtual. En el Curso Virtual podrá encontrar información actualizada sobre el curso y diversos materiales complementarios para la preparación de la misma. Dispondrá además de diferentes herramientas de comunicación con los docentes, tanto profesores tutores de los Centros Asociados, como profesores de la Sede Central, y con los demás alumnos del curso. El correo electrónico y los foros de discusión le permitirán formular preguntas, leer las dudas y debatirlas con otros compañeros, y comentar las respuestas del profesor a las cuestiones planteadas.

•TUTORÍA

Los profesores tutores de los Centros Asociados prestan a los alumnos una ayuda directa y periódica para preparar el programa de la asignatura. Es muy conveniente que al comienzo del curso el alumno se ponga en contacto con el Centro Asociado al que está adscrito para recibir la información y las orientaciones pertinentes.

•BIBLIOTECA CENTRAL Y DE LOS CENTROS ASOCIADOS

Con su carnet de estudiante, el alumno tendrá acceso a las distintas bibliotecas especializadas de los Centros Asociados y a la de la Sede Central, donde podrá consultar o retirar como préstamo la bibliografía básica propuesta por el Equipo Docente y, al menos, parte de la bibliografía recomendada. Además, a través de la biblioteca de la Sede Central tendrá acceso a catálogos, revistas científicas, libros electrónicos.

TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

•**Tutorías de centro o presenciales**: se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.

•**Tutorías campus/intercampus**: se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 61044135

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.