17-18

GRADO EN FÍSICA
CUARTO CURSO

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



RELATIVIDAD GENERAL

CÓDIGO 61044135

UNED

17-18

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

Nombre de la asignatura	RELATIVIDAD GENERAL
Código	61044135
Curso académico	2017/2018
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

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. Al introducir el concepto de campo en la interacción gravitatoria, 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, o en los cursos superiores de la licenciatura. 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 curvado,
- aprender herramientas matemáticas de análisis que le permita calcular los efectos relativistas generales,
- obtener una formación que le permita afrontar estudios avanzados en relatividad general.
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 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 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 que los estudiantes de Grado muestren un interés mayor en estudiar Relatividad General que anteriormente.

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 Tutor en su Centro Asociado; o bien, a cualquiera de los Profesores en la Sede Central, por correo, teléfono o e-mail de la forma que se indica a continuación.

Postales:

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

Apdo. 60141
28080 Madrid
Presenciales:
Facultad de Ciencias, Senda del Rey, n.º 9. 28040 Madrid
D. Alvaro Perea
Despacho 220. Tel.: 91 398 66 51. Correo electrónico: aperea@dfmf.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 miercoles de 10 a 14 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 hora 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.

TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

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 una lengua extranjera
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

En el **Bloque 1** de los Contenidos,
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 de un espacio curvado, mediante el análisis tensorial y la geometría diferencial.

En el **Bloque 2** de los Contenidos,
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 numérico.
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.
2.5 Conocer la importancia del estudio de las ondas gravitacionales, y saber obtener las ecuaciones que las rigen en una teoría linealizada de la gravedad.

En el **Bloque 3** de los Contenidos,
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 relevancia de algunos aspectos avanzados de la teoría y comprender sus fundamentos básicos con los métodos matemáticos estándar utilizados en la asignatura.

CONTENIDOS

Bloque I. Fundamentos matemáticos

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

Bloque III. Cosmología y aspectos avanzados de la teoría.

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	4
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?

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 - 06/03/2018 ; PEC2 - 06/04/2018 ; PEC3 - 06/05/2018
Comentarios y observaciones	

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?	
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 prestablecidos. 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):9780226870335
Título:GENERAL RELATIVITY (1ST)
Autor/es:Robert M. Wald ;
Editorial:CHICAGO UNIVERSITY PRESS

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

Se recomienda el libro de Hobson para una primera lectura comprensiva de los contenidos, junto con los apuntes 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

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.

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.