

# **Facultad de Ciencias**

## **Grado en Física**

**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA :**

**Relatividad General**  
**(2022 - 2023)**

## 1. Datos descriptivos de la asignatura

Asignatura: <b>Relatividad General</b>	Código: <b>279194103</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Centro: <b>Facultad de Ciencias</b></li><li>- Lugar de impartición: <b>Facultad de Ciencias</b></li><li>- Titulación: <b>Grado en Física</b></li><li>- Plan de Estudios: <b>2009 (Publicado en 2009-11-25)</b></li><li>- Rama de conocimiento: <b>Ciencias</b></li><li>- Itinerario / Intensificación:</li><li>- Departamento/s: <b>Astrofísica</b></li><li>- Área/s de conocimiento: <b>Astronomía y Astrofísica</b></li><li>- Curso: <b>4</b></li><li>- Carácter: <b>Obligatorio</b></li><li>- Duración: <b>Primer cuatrimestre</b></li><li>- Créditos ECTS: <b>6,0</b></li><li>- Modalidad de impartición: <b>Presencial</b></li><li>- Horario: <b>Enlace al horario</b></li><li>- Dirección web de la asignatura: <b><a href="http://www.campusvirtual.ull.es">http://www.campusvirtual.ull.es</a></b></li><li>- Idioma: <b>Castellano</b></li></ul>	

## 2. Requisitos para cursar la asignatura

Los alumnos que no superen el 50% de los créditos del módulo de Formación Básica deberán matricularse, en el curso siguiente, de los créditos no superados y sólo podrán matricularse del número de créditos apropiado de este módulo hasta llegar al máximo de 60 créditos

## 3. Profesorado que imparte la asignatura

Profesor/a Coordinador/a: <b>FERNANDO JAVIER PEREZ HERNANDEZ</b>
- Grupo:
<b>General</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre: <b>FERNANDO JAVIER</b></li><li>- Apellido: <b>PEREZ HERNANDEZ</b></li><li>- Departamento: <b>Astrofísica</b></li><li>- Área de conocimiento: <b>Astronomía y Astrofísica</b></li></ul>

<b>Contacto</b> - Teléfono 1: <b>922 318 127</b> - Teléfono 2: - Correo electrónico: <b>fphdez@ull.es</b> - Correo alternativo: <b>fph@iac.es</b> - Web: <b>http://www.campusvirtual.ull.es</b>						
<b>Tutorías primer cuatrimestre:</b>						
Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Lunes	14:00	15:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Martes	14:00	15:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Lunes	10:30	11:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Martes	10:30	11:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Miércoles	10:30	11:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Jueves	10:30	11:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Viernes	10:00	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Observaciones:						
<b>Tutorías segundo cuatrimestre:</b>						
Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho

Todo el cuatrimestre		Lunes	14:00	15:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Martes	14:00	15:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Lunes	10:30	11:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Martes	10:30	11:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Miércoles	10:30	11:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Jueves	10:30	11:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Todo el cuatrimestre		Viernes	10:00	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	3
Observaciones:						

#### 4. Contextualización de la asignatura en el plan de estudio

Bloque formativo al que pertenece la asignatura: **Física Obligatoria**  
Perfil profesional:

#### 5. Competencias

##### Competencias Generales

**CG2** - Adquirir una sólida base teórica, matemática y numérica, que permita la aplicación de la Física a la solución de problemas complejos mediante modelos sencillos

**CG3** - Desarrollar una clara percepción de situaciones aparentemente diferentes pero que muestran evidentes analogías

físicas, lo que permite la aplicación de soluciones conocidas a nuevos problemas. Para ello es importante que el alumnado, además de dominar las teorías físicas, adquiera un buen conocimiento y dominio de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados.

**CG4** - Desarrollar la habilidad de identificar los elementos esenciales de un proceso o una situación compleja que le permita construir un modelo simplificado que describa, con la aproximación necesaria, el objeto de estudio y permita realizar predicciones sobre su evolución futura. Así mismo, debe ser capaz de comprobar la validez del modelo introduciendo las modificaciones necesarias cuando se observen discrepancias entre las predicciones y las observaciones y/o los resultados experimentales.

**CG6** - Saber organizar y planificar el tiempo de estudio y de trabajo, tanto individual como en grupo; ello les llevará a aprender a trabajar en equipo y a apreciar el valor añadido que esto supone.

**CG7** - Ser capaz de participar en debates científicos y de comunicar tanto de forma oral como escrita a un público especializado o no cuestiones relacionadas con la Ciencia y la Física. También será capaz de utilizar en forma hablada y escrita otro idioma, relevante en la Física y la Ciencia en general, como es el inglés.

**CG8** - Poseer la base necesaria para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía, tanto desde la formación científica, (realizando un master y/o doctorado), como desde la actividad profesional.

#### Competencias Básicas

**CB2** - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

**CB3** - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética

**CB4** - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado

**CB5** - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

#### Competencias Específicas

**CE1** - Conocer y comprender los esquemas conceptuales básicos de la Física y de las ciencias experimentales.

**CE3** - Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes, localizando en su estructura lógica y matemática, su soporte experimental y el fenómeno físico que puede ser descrito a través de ellas.

**CE11** - Adquirir destreza en la modelización matemática de fenómenos físicos.

**CE14** - Analizar, sintetizar, evaluar y describir información y datos científicos

**CE19** - Desarrollar la "intuición" física.

**CE23** - Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, así como de desarrollar una clara percepción de las situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías, permitiendo el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.

**CE24** - Afrontar problemas y generar nuevas ideas que puedan solucionarlos

**CE26** - Dominar la expresión oral y escrita en lengua española, y también en lengua inglesa, dirigida tanto a un público especializado como al público en general.

**CE28** - Adquirir hábitos de comportamiento ético en laboratorios científicos y en aulas universitarias.

**CE29** - Organizar y planificar el tiempo de estudio y trabajo, tanto individual como en grupo.

**CE30** - Saber discutir conceptos, problemas y experimentos defendiendo con solidez y rigor científico sus argumentos.

**CE31** - Saber escuchar y valorar los argumentos de otros compañeros.

**CE33** - Ser capaz de identificar lo esencial de un proceso / situación y establecer un modelo de trabajo del mismo.

## 6. Contenidos de la asignatura

### Contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

- Profesor/a: Fernando Javier Pérez Hernández.

- Temas (epígrafes):

0.- Introducción

1. Relatividad especial: cinemática (Transformaciones de Lorentz, dilatación del tiempo, intervalo, conos de luz)
2. Relatividad especial: dinámica (Cuadrivectores, efecto Doppler, ecuación del movimiento y leyes de conservación)
3. Tensores en coordenadas curvilíneas (Vectores y 1-formas, álgebra y cálculo tensorial, variedades de Riemann)
4. El principio de equivalencia (Espacios localmente planos, desplazamiento gravitatorio y cosmológico de frecuencias, trayectorias, ondas gravitacionales)
5. Pruebas de la relatividad general (Métrica de un campo estático, avance del perihelio, deflexión de la luz, lentes gravitatorias, otros ejemplos astrofísicos)
6. Ecuación de Einstein en el vacío (Desviación geodésica, tensor de curvatura, ecuación de Einstein en el vacío, Métrica de Schwarzschild)
7. Agujeros negros (Coordenadas de Kruskal-Szekers, Horizonte de sucesos, singularidades físicas, observaciones, rotación)
8. Fuentes del campo gravitatorio (Tensor energía-impulso, ecuaciones de Einstein, ecuación de Oppenheimer-Volkov, modelos cosmológicos)

### Actividades a desarrollar en otro idioma

## 7. Metodología y volumen de trabajo del estudiante

### Descripción

En las clases teóricas se explicarán las ideas fundamentales de cada tema, incluyendo ejemplos cuando proceda. Se suministrará material con demostraciones detalladas y material complementario para profundizar en el tema. Después de cada tema se harán ejercicios prácticos y se distribuirán algunos adicionales para realizar por parte del alumno.

La asignatura utilizará el aula virtual como medio para suministrar el material del curso y facilitar la comunicación con el alumno. No se usará en las evaluaciones. No está previsto grabar ni autorizar a grabar las clases.

### Actividades formativas en créditos ECTS, su metodología de enseñanza-aprendizaje y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante

Actividades formativas	Horas presenciales	Horas de trabajo autónomo	Total horas	Relación con competencias
Clases teóricas	26,00	0,00	26,0	[CE33], [CE23], [CE11], [CE3], [CE1], [CB3], [CB2], [CG4], [CG3], [CG2]

Clases prácticas (aula / sala de demostraciones / prácticas laboratorio)	15,00	0,00	15,0	[CE31], [CE30], [CE29], [CE28], [CE26], [CE24], [CE19], [CE14], [CB5], [CB4], [CG8], [CG7], [CG6]
Realización de seminarios u otras actividades complementarias	15,00	0,00	15,0	[CE28], [CE24], [CE23], [CE14], [CE11], [CB5], [CB4], [CG7], [CG6], [CG4], [CG3], [CG2]
Realización de exámenes	4,00	0,00	4,0	[CE26], [CE24], [CE23], [CE19], [CE14], [CE11], [CE3], [CE1], [CG8], [CG7], [CG6], [CG4], [CG3], [CG2]
Estudio y trabajo autónomo en todas las actividades	0,00	90,00	90,0	[CE33], [CE31], [CE30], [CE29], [CB5], [CB4], [CB3], [CB2], [CG6]
Total horas	60,00	90,00	150,00	
		Total ECTS	6,00	

## 8. Bibliografía / Recursos

### Bibliografía Básica

- 1.- Shurz B. "A first course in General Relativity" Cambridge Univ. Press 2009. ISBN 978-0-521-88705-2
- 2.- Hartle J.B.. "GRAVITY: An Introduction to Einstein's General Relativity" Adinson Wesley , 2003. ISBN 0-8053-8662-9

### Bibliografía Complementaria

- 1.- Misner C.W., Thorne K.S., Wheeler J.A., "Gravitation" W.H. Freeman and Company, 1973 ISBN 0-7167-0334-3
- 2.- Weinberg, S. "Gravitation and cosmology, principles and applications of the general theory of relativity", John Wiley & Sons Inc., 1972 ISBN 0-471-92567-5
- 3.- Rindler, "Essential Relativity. special, general and cosmological", Springer-Verlag, 1977
- 4.- Hobson M. P., Efstathiou G.P., Lasenby, A. N., "General Relativity: An Introduction for Physicists" Cambridge University Press, 2006

5.- Crowell B., "General Relativity", www.lightandmatter.com, 2009

6. Ryder, L., "Introduction to General Relativity", Cambridge University Press, 2009, ISBN-13 978-0-511-58004-8 (eBook)  
ISBN-13 978-0-521-84563-2 (Hardback)

#### Otros Recursos

Apuntes de clase.

### 9. Sistema de evaluación y calificación

#### Descripción

La evaluación de la asignatura se hace atendiendo a la calificación obtenida en el examen final (que es obligatorio) a realizar en la fecha indicada en el calendario de exámenes oficial y la evaluación a lo largo del curso que consistirá de tres pruebas con igual ponderación. La calificación obtenida de forma ponderada entre los dos tipos de evaluaciones se obtiene aplicando la siguiente fórmula que viene indicada en la Memoria del Grado de Física de la ULL:

Suponiendo  $c$  la calificación de la evaluación durante el curso (en escala de 0-10) y  $z$  la del examen final (en escala 0-10), la calificación total será:

$$p = z + 0.4 c (1 - z/10)$$

Para aplicar la fórmula anterior se requiere que en el examen global se supere 1/3 de la calificación máxima ( $z > 10/3$ ) y que se apruebe la evaluación durante el curso ( $c > 5$ ).

En caso de resultar  $c < 5$  la calificación final será igual a  $z$ .

Se entenderá que un alumno se presenta a la primera convocatoria si se ha presentado al examen final.

En la segunda convocatoria se aplicará la misma fórmula que en la primera.

#### Estrategia Evaluativa

Tipo de prueba	Competencias	Criterios	Ponderación
Pruebas objetivas	[CE33], [CE31], [CE30], [CE29], [CE28], [CE26], [CE24], [CE23], [CE19], [CE14], [CE11], [CE3], [CE1], [CB5], [CB4], [CB3], [CB2], [CG8], [CG7], [CG6], [CG4], [CG3], [CG2]	Corrección y precisión en las respuestas. Capacidad de análisis. Rigurosidad en los razonamientos. Discusión e interpretación de los resultados.	50,00 %

Trabajos y proyectos	[CE33], [CE31], [CE30], [CE29], [CE28], [CE26], [CE24], [CE23], [CE19], [CE14], [CE11], [CE3], [CE1], [CB5], [CB4], [CB3], [CB2], [CG8], [CG7], [CG6], [CG4], [CG3], [CG2]	Se valorará la correcta ejecución del trabajo, el desarrollo y la presentación.	10,00 %
Pruebas de ejecuciones de tareas reales y/o simuladas	[CE33], [CE31], [CE30], [CE29], [CE28], [CE26], [CE24], [CE23], [CE19], [CE14], [CE11], [CE3], [CE1], [CB5], [CB4], [CB3], [CB2], [CG8], [CG7], [CG6], [CG4], [CG3], [CG2]	Corrección y precisión en las respuestas. Capacidad de análisis. Rigurosidad en los razonamientos. Discusión e interpretación de los resultados.	40,00 %

## 10. Resultados de Aprendizaje

- Conocer los fundamentos físicos y las herramientas matemáticas de la teoría relativista del campo gravitatorio.
- Conocer los campos de aplicación de la relatividad general y adquirir la capacidad de usarla en distintos problemas de la física mediante la introducción de modelos sencillos.
- Discutir conceptos, problemas y experimentos en los que esté presente la relatividad general, defendiendo con solidez y rigor científico sus argumentos.
- Adquirir la metodología y madurez necesaria para poder afrontar en estudios de máster conocimientos más avanzados de la física contemporánea, particularmente de física teórica y astrofísica.

## 11. Cronograma / calendario de la asignatura

### Descripción

\* La distribución de los temas por semana es orientativo, puede sufrir cambios según las necesidades de organización docente. La distribución de horas por semana también puede sufrir algún cambio pues ocasionalmente podrá usarse alguna hora fuera del horario habitual, tal y como está contemplado en el horario del curso 22/23 dentro del grado de física. Estas horas adicionales figuran en el cronograma en la semana 15.

Primer cuatrimestre

Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 1:	0-1	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	3.00	5.00	8.00
Semana 2:	1	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00
Semana 3:	2	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	3.00	5.00	8.00
Semana 4:	2-3 Primera prueba de la evaluación continua	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00
Semana 5:	3	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00
Semana 6:	3-4	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	3.00	5.00	8.00
Semana 7:	4	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00
Semana 8:	4-5 Segunda prueba de la evaluación continua	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00
Semana 9:	5	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00
Semana 10:	5-6	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00
Semana 11:	6	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	2.00	5.00	7.00
Semana 12:	6-7 Tercera prueba de la evaluación continua	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00
Semana 13:	7	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00
Semana 14:	7-8	Clases magistrales (50%), problemas profesor (25%), problemas y cuestionarios alumnos (25%)	4.00	5.00	9.00

Semana 15:	Abarca las semanas 15 y 16.  Examen final (z).	Evaluación y trabajo autónomo del alumno para la preparación de la evaluación...	9.00	20.00	29.00
Total			60.00	90.00	150.00