



## FICHA IDENTIFICATIVA

### DATOS DE LA ASIGNATURA

**Código:** 43298

**Nombre:** Relatividad General

**Ciclo:** Máster Universitario Oficial

**Créditos ECTS:** 6

**Curso académico:** 2026-27

### TITULACIONES

Titulación	Centro	Curso	Periodo
2150 - Máster Universitario en Física Avanzada	Facultat de Física	1	Primer cuatrimestre

### MATERIAS

Titulación	Materia	Carácter
2150 - Máster Universitario en Física Avanzada	Astrofísica avanzada	OPTATIVA

### COORDINACIÓN

SANCHIS GUAL NICOLAS

CERDA DURAN PABLO

## RESUMEN

Fundamentos de la Relatividad. Observadores en un campo gravitatorio. Formulación de las leyes físicas en un espacio curvo. Tensor de energía. Hidrodinámica relativista. Ecuaciones de Maxwell. Ecuaciones de Einstein. Linealización. Isometrías y campos de Killing. Simetría esférica. Soluciones exactas. Geometría de Schwarzschild: extensiones y generalizaciones. Colapso gravitatorio esférico. Formación de agujeros negros: propiedades características. Formalismo evolutivo de la relatividad. Formulación 3 + 1 de las ecuaciones fundamentales. Agujeros negros más allá de la relatividad general y teorías modificadas de la gravedad. Radiación gravitacional.

## CONOCIMIENTOS PREVIOS

### RELACIÓN CON OTRAS ASIGNATURAS DE LA MISMA TITULACIÓN

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

### OTROS TIPOS DE REQUISITOS



Haber cursado la asignatura "Relatividad y Cosmología" del grado de Física, u otra con contenidos similares.

## COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE

### 2150 - Máster Universitario en Física Avanzada

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

Comprender de una forma sistemática el campo de estudio de la Física y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo.

Comprender los aspectos formales y el aparato matemático de la relatividad general, y desarrollar la capacidad de intuición espaciotemporal en cuatro dimensiones.

Concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica.

Elaborar una memoria clara y concisa de los resultados de su trabajo y de las conclusiones obtenidas en el área de la Física.

Evaluar la validez de un modelo o teoría propuesto por otros miembros de la comunidad científica.

Exponer y defender públicamente el desarrollo, resultados y conclusiones de su trabajo en el área de la Física.

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.

Que los/las estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

Que los/las estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

Realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el área de la Física.

Saber modelizar matemáticamente los problemas físicos sencillos nuevos, conectados con problemas conocidos. Ser capaz de expresar en términos matemáticos nuevas ideas.

Ser capaces de obtener y de seleccionar la información y las fuentes relevantes para la resolución de problemas, elaboración de estrategias y asesoramiento a clientes.

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS



## 1. Introducción a la relatividad general

Introducción. Relatividad especial. Principio de equivalencia. Variedades curvadas. Observadores en un espacio-tiempo curvado. Tensor energía-momento. Ecuaciones de Einstein. Formalismo del tetrada de Cartan.

## 2. Agujeros negros

Isometrías y campos de Killing. Métricas de Schwarzschild y Kerr. Otras métricas.

## 3. Formalismo evolutivo de las ecuaciones de Einstein

Formalismo evolutivo. Formulación 3+1. Formulaciones de las ecuaciones de Einstein: ADM, BSSN y FCF. Masa, energía y momento angular. Otras formulaciones: formulación característica y formulación armónica. Ejemplos de relatividad numérica: punctures y excision. Colapso crítico de Choptuik.

## 4. Agujeros negros más allá de la relatividad general y teorías modificadas de la gravedad

Simplicidad de las soluciones de agujeros negros en la relatividad general y teoremas del no-hair. Teorías modificadas de la gravedad. Implicaciones astrofísicas de la física más allá del modelo estándar. Restricciones observacionales sobre la física fundamental: observaciones de ondas gravitacionales y electromagnéticas. Extensión de la formulación 3+1 en teorías más allá de la relatividad general.

## 5. Radiación gravitatoria

Ecuaciones de Einstein linealizadas. Soluciones en el vacío. Generación de ondas gravitacionales. Fuentes de radiación gravitacional. Detección de ondas gravitacionales.

### VOLUMEN DE TRABAJO (HORAS)

#### ACTIVIDADES PRESENCIALES

Actividad	Horas
Teoría	39,50
Seminario	2,50
Otras actividades	4,00
<b>Total horas</b>	<b>46,00</b>

#### ACTIVIDADES NO PRESENCIALES



Actividad	Horas
Asistencia a otras actividades	4,00
Elaboración de trabajos individuales o en grupo	15,00
Estudio y trabajo autónomo	0,00
Preparación de clases	35,00
Preparación de actividades de evaluación	15,00
Resolución de casos prácticos	35,00
<b>Total horas</b>	<b>104,00</b>

## METODOLOGÍA DOCENTE

MD1 - Clases teóricas lección magistral participativa.

MD5 - Seminarios.

MD6 - Visita a instalaciones científicas externas y empresas

MD8 - Conferencias de expertos.

## EVALUACIÓN

1) Calificación del examen escrito sobre los contenidos de la asignatura y las prácticas (50%).

2) Asistencia a las clases presenciales y realización de las prácticas en horas no presenciales (50%).

Para obtener una evaluación global positiva (mayor o igual que 5 sobre 10) se requiere que cada una de las calificaciones anteriores sea mayor o igual que 3 sobre 10.

Este sistema de evaluación se aplicará tanto a la primera como a la segunda convocatoria.

## BIBLIOGRAFÍA

Referencias Básicas:

N. Straumann, General Relativity and Relativistic Astrophysics, Springer-Verlag, Berlin (1984)

R. d'Inverno, Introducing Einstein's Relativity, Clarendon Press, Oxford (1998)

R. M. Wald, General Relativity, The University of Chicago Press, Chicago (1984)



M. Alcubierre, Introduction to 3+1 Numerical Relativity, Oxford University Press (2008).

T. W. Baumgarte and S. L. Shapiro, Numerical Relativity. Solving Einstein's Equations on the Computer, Cambridge Univ. Press (2010)

Referencias Complementarias:

W. Rindler, Relativity, Special, General, and Cosmological, Oxford University Press, 2a ed. (2006)

E.ourgoulhon, 3+1 Formalism in General Relativity, Springer-Verlag, Berlin (2012)

S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, Wiley, New York (1972)

H. Stephani, General Relativity, Cambridge University Press, Cambridge (1982)

F. de Felice, C. J. S. Clarke, Relativity on Curved Manifolds, Cambridge U.P., Cambridge (1990)

L. P. Hughston, K. P. Tod, An Introduction to General Relativity, Cambridge U. P. (1990)

J. Plebanski, A. Krasinski, An Introduction to General Relativity and Cosmology, Cambridge U. P. (2006)

H. Stephani, D. Kramer, M. MacCallum, C. Hoenselaers and E. Herlt, Exact Solutions to Einstein's Field Equations, Second edition, Cambridge Univ. Press (2003)

L. P. Eisenhart, Riemannian Geometry, Princeton U.P., Princeton (1949)

Y. Choquet Bruhat, General Relativity and the Einstein Equations, Oxford University Press (2008).

J. A. Font, Numerical hydrodynamics and magneto-hydrodynamics in general relativity, Living Reviews in Relativity, 7 (2008) [<http://www.livingreviews.org/lrr-2008-7>]

L. Smarr and J.W. York, Jr., Kinematical conditions in the construction of spacetime., Phys. Rev. D. 17, 2529-2551 (1978).

J.W. York, Jr. The initial value problem and dynamics, en "Sources of Gravitational Radiation" edited by L. Smarr, Cambridge Univ. Press: Cambridge (1979) pp. 175-201.

J. Winicour, Characteristic evolution and matching, Living Reviews in Relativity, 3 (2009)[<http://www.livingreviews.org/lrr-2009-3>]

New frontiers in Numerical Relativity, M. Campanelli and L. Rezzolla Eds., Classical and Quantum Gravity,



24 12 (2007)

C. Heinicke and F. Hehl, Schwarzschild and Kerr solutions of Einstein's field equation: An Introduction, International Journal of Modern Physics D, Vol. 24, No 2 1530006 (2015)

J. D. Norton, General covariance and the foundations of general relativity: eighth decades of dispute, Rep. Prog. Phys. 56, 791-858(1993)

L. Landau and E. M. Lifshitz, The Classical Theory of Fields, (Elsevier, Amsterdam, Fourth ed., 1975. Reprinted (2007).